

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Rožle REPIČ

**VPLIV DOLGOTRAJNEGA NAMAKANJA NA
IZPIRANJE BAKROVIH UČINKOVIN IZ
IMPREGNIRANE SMREKOVINE**

DIPLOMSKI PROJEKT

Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Rožle REPIČ

**VPLIV DOLGOTRAJNEGA NAMAKANJA NA IZPIRANJE
BAKROVIH UČINKOVIN IZ IMPREGNIRANE SMREKOVINE**

DIPLOMSKI PROJEKT
Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja

**INFLUENCE OF LONG TERM SOAKING ON LEACHING OF
COPPER BASED PRESERVATIVES FROM IMPREGNATED
SPRUCE WOOD**

B. SC. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2016

Diplomski projekt je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Tehnologije lesa in vlaknatih kompozitov – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno v Delovni skupini za patologijo in zaščito lesa, Oddelka za lesarstvo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Miho Humarja, za somentorja dr. Nejca Thalerja, za recenzenta pa prof. dr. Franca Pohlevna.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Rožle Repič

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	UDK 630*84
KG	les/zaščita lesa/bakrovi pripravki/izpiranje
AV	REPIČ, Rožle
SA	HUMAR, Miha (mentor)/POHLEVEN, Franc (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2016
IN	VPLIV DOLGOTRAJNEGA NAMAKANJA NA IZPIRANJE BAKROVIH UČINKOVIN IZ IMPREGNIRANE SMREKOVINE
TD	Diplomski projekt (Visokošolski strokovni študij - 1. stopnja)
OP	IX, 32 str., 4 preg., 20 sl., 15 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Les je gospodarsko pomemben material, zaradi česar ga želimo zaščititi pred razkrojem. V ta namen uporabljamo tudi biocidno zaščito, to pomeni, da les impregniramo s kemikalijami, ki so strupene ali odbijajoče za glive in insekte. Baker etanolaminski pripravki so trenutno najpomembnejša skupina biocidnih proizvodov za zaščito lesa v tretjem in četrtem razredu uporabe. Poleg učinkovitosti sredstva proti škodljivcem je izpiranje aktivnih učinkovin najpomembnejši kriterij za izbiro biocidnih proizvodov. Izpiranje aktivnih učinkovin je negativna lastnost, ki zmanjšuje učinkovitost in ima negativen vpliv na okolje. Izpiranja se ne da popolnoma preprečiti, nanj pa lahko do neke mere vplivamo, če poznamo dejavnike od katerih je odvisno. Pripravili smo 900 vzorcev iz treh lesnih vrst, ki smo jih impregnirali s štirimi različnimi postopki. Impregnirane vzorce smo namočili v destilirano vodo in jih izpirali do enajst tednov. Nekatere vzorce smo izpostavili nihanju temperature. Po treh, petih, sedmih, devetih in enajstih tednih smo določili količino preostalega bakra v lesu. Tako smo dobili časovno dinamiko izpiranja. Izkazalo se je, da je izpiranje najintenzivnejše v prvih tednih, kasneje pa se upočasni. Navzem sredstva pri smrekovini se giblje med približno 100 kg/m³ pri namakanju, do približno 600 kg/m³ pri kotelskih postopkih impregnacije. Iz lesa je pa v 11 tednih izpralo 25 % - 40 % bakra, pri smrekovini približno 30 %.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dv1
DC UDC 630*84
CX wood/wood protection/copper based preservatives/leaching
AU REPIČ, Rožle
AA HUMAR, Miha (supervisor)/POHLEVEN, Franc (co-advisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY 2016
TY influence of long term soaking on leaching of copper based preservatives from impregnated spruce wood
DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)
NO IX 32 p., 4 tab., 20 fig., 15 ref.
LA sl
Al sl/en
AB Wood is economically important material, which has to be protected if used in outdoor applications. For this purpose biocidal protection can be used, meaning that wood is impregnated with chemicals that are toxic or repellent to fungi and insects. Copper ethanolamine based preservatives are currently the most important group of preservatives for wood protection in the third and fourth use class. In addition to the effectiveness of the preservative, leaching of preservatives is the most important criterion for the selection of biocidal products. Leaching of active ingredients is a negative phenomenon, which reduces the effectiveness and has a negative impact on the environment as well. Leaching cannot be completely avoided, but it may be influenced to some extent, if we know the factors which affect leaching. We prepared 900 samples from three different wood species, and impregnated by four different procedures. Impregnated samples were soaked in distilled water and leached for eleven weeks. Some samples were also exposed to fluctuations in temperature. After three, five, seven, nine and eleven weeks, the amount of residual copper in the wood was determined. These data enabled calculation of leaching curves. It turns out that leaching is most intense during the first few weeks, but it then slows down. The uptake of preservative was from about 100 kg/m³ when dipping, to about 600 kg/m³ when deeply impregnated. Between 25 % - 40 % of copper compounds were leached out in 11 weeks, about 30 % for spruce.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE	1
2 LITERATURNI PREGLED	2
3 MATERIAL IN METODE	5
3.1 MATERIALI	5
3.1.1 Les	5
3.1.2 Baker – etanolaminski pripravke	6
3.2 METODE	7
3.2.1 Postopek impregnacije	7
3.2.2 Postopek izpiranja	11
3.2.3 Merjenje vsebnosti bakra v vzorcih	13
4 REZULTATI IN RAZPRAVA	15
4.1 MOKRI NAVZEM	15
4.2 NAVZEM BAKRA V LES	17
4.2.1 Navzem bakra v smrekovino	17
4.2.2 Navzem bakra v beljavo borovine	18
4.2.3 Navzem bakra v jedrovino macesnovine	19
4.3. VPLIV ČASA IZPIRANJA NA IZPIRANJE BAKRA	20
4.3.1 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz smrekovine	20
4.3.2 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz beljave borovine	21
4.3.3 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz jedrovine macesnovine	22

4.4. VPLIV KONCENTRACIJE BAKRA V PRIPRAVKU IN POSTOPKA IMPREGNACIJE NA IZPIRANJE BAKRA	25
4.4.1 Izpiranje – smrekovina	25
4.4.2 Izpiranje – beljava borovine	27
4.4.3 Izpiranje – jedrovina macesnovine	28
5 ZAKLJUČEK	29
5.1 SKLEPI	29
6 VIRI	30
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Odpornostni razredi in nekaj domačih lesnih vrst *(Krapež, 2011).....	2
Preglednica 2: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe (SIST EN 335-1/2, 2011).....	3
Preglednica 3: Količina surovin v pripravku z 0,5 % koncentracijo bakra	6
Preglednica 4: Primer načrta impregnacije za smrekovino (<i>Picea abies</i>).....	8

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Uporabljeni vzorci pred impregnacijo.....	5
Slika 2: Priprava biocidnega proizvoda na osnovi bakra	6
Slika 3: Vzorci med postopkom impregnacije	10
Slika 4: Sušenje impregniranih vzorcev	10
Slika 5: Izpiranje vzorcev v destilirani vodi.....	11
Slika 6: Sušenje vzorcev pokončanem izpiranju	12
Slika 7: Naprava za XRF analizo vsebnosti bakra v vzorcih	13
Slika 8: Laboratorijski mlin.....	14
Slika 9: Tablete pripravljene za XRF analizo.....	14
Slika 10: Vpliv lesne vrste, koncentracije biocidnega proizvoda in postopka zaščite na mokri navzem biocidnih proizvodov v les.	16
Slika 11: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v smrekovino	17
Slika 12: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v beljavo borovine.....	18
Slika 13: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v jedrovino macesnovine	19
Slika 14: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje Cu iz smrekovine	20
Slika 15: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje Cu iz beljave borovine.....	21
Slika 16: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje iz lesa jedrovine macesnovine	22
Slika 17: Vpliv časa izpiranja in lesne vrste na izpiranje bakra iz lesa.....	24
Slika 18: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri smrekovini	25

Slika 19: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri beljavi borovine	27
Slika 20: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri jedrovini macesnovine	28

1 UVOD

Z zaščito lesa se ljudje ukvarjamo že tisočletja, in izkazalo se je, da so nekatere prakse učinkovitejše od drugih. Vedno znova pa prihajamo do novih spoznanj o lesu in odkrivamo nove načine zaščite lesa. Vedno večji pomen imata učinkovitost zaščite in varstvo okolja. Pomembno je, da sledimo novim trendom in tehnologijam zaščite, kar pa je tudi eden od namenov te naloge.

Podrobneje si bomo ogledali kako dolgotrajnejša dinamika vpliva na izpiranje bakra iz impregniranega lesa. To je tema, ki ima vedno večji pomen s stališča kakovosti zaščite in okoljevarstva in je po našem mnenju še premalo laboratorijsko podprta.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Aktivne učinkovine biocidnih proizvodov se v vlažnem okolju izpirajo iz lesa. S stališča okoljevarstva to predstavlja problem, saj lahko izprane učinkovine predstavljajo nevarnost za okolje. S stališča zaščite lesa pred škodljivci, pa ima izpiranje negativen vpliv na učinkovitost zaščite in posledično na življenjsko dobo lesa. Podobno kot za ostale učinkovine, to velja tudi za bakrove pripravke.

Uspešnost fiksacije bakra v les lahko določimo z laboratorijskimi in terenskimi poizkusi. V ta namen je bilo razvitih več standardov, katerih postopki so praviloma relativno kratkotrajni v primerjavi s celotno življenjsko dobo lesa. Zato smo se v okviru izdelave naloge odločili, da interval izpiranja podaljšamo.

1.2 CILJI NALOGE

Cilj je določiti izpiranje bakrovih učinkovin iz lesa v daljšem časovnem obdobju. Prav tako smo ugotavljali vpliv postopkov impregnacije na izpiranje in določiti vpliv lesne vrste na izpiranje bakrovih aktivnih učinkovin iz lesa.

2 LITERATURNI PREGLED

Zaradi ugodnih mehanskih lastnosti je les zelo priljubljen material. Vedno več se ga uporablja v gradnji zaradi česar postaja tudi gospodarsko vse pomembnejši.

Les je kot naravni material podvržen naravnemu razkroju s strani gliv, bakterij in insektov. Najbolj neoporna je beljava. Vzrok za slabo odpornost beljave je prisotnost hranljivih snovi in odsotnost sekundarnih metabolitov, ki nastanejo v procesu ojedritve. Les uporabljen na prostem pogosto dosega vlažnosti, ki presegajo 20 %, ki velja za mejno vlažnost za okužbo z glivami (Humar, 2009).

Naravna odpornost je lastnost lesa, ki nam pove, kako dovzeten je les za napad škodljivcev. Trajnost lesa je podatek, ki označuje čas v katerem les ohrani svoje lastnosti. Trajnost je odvisna od odpornosti, načina uporabe ter zaščite (Humar, 2010). V zadnjem obdobju pa se uveljavlja tudi pojem življenjska doba. To je obdobje, v katerem les lahko opravlja svojo nalogo. Življenjska doba je praviloma daljša od trajnosti, kajti les še vedno lahko opravlja svojo funkcijo tudi, ko se na njem že pojavijo prvi znaki trohnobe ali fotodegradacije.

Za lažjo odločitev, kje in kako uporabiti les, les delimo v pet razredov odpornosti glede na njegovo naravno odpornost (Preglednica 1), (Eaton in Hale, 1993; SIST EN 350-2, 1995).

Preglednica 1: Odpornostni razredi in nekaj domačih lesnih vrst *(Krapež, 2011)

Razred odpornosti	Življenjska doba lesa v stiku z zemljo v Sloveniji	Primer drevesne vrste
1	20 let in več	Robinija
2	15- 20 let	Kostanj, hrast, tisa
3	10- 15 let	Macesen, bor, oreh
4	5- 10 let	Smreka, jelka
5	Manj kot 5 let	Javor, bukev, topol

Življenjska doba lesa je povezana tudi z mestom uporabe lesa. Tako lahko delimo mesta uporabe v 5 razredov uporabe (Preglednica 2), (SIST EN 335-1/2, 2011).

Preglednica 2: Razredi izpostavitve glede na mesto uporabe (SIST EN 335-1/2, 2011)

Razred uporabe	Splošne razmere na mestu uporabe	Opis vlažnosti	Lesni škodljivci	Prisotnost termitov
1	Znotraj, pod streho	Suho	Lesni insekti	V primeru, da so na temobmočju termiti, se ta razred označi z 1T
2	Zunaj ali pod streho	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na temobmočju termiti se ta razred označi z 2T
3	3.1 Na prostem, nad zemljo z ustrezno konstrukcijsko zaščito	Občasno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke	V primeru, da so na temobmočju termiti se ta razred označi z 3.1T oz. 3.2T
	3.2 Na prostem, nad zemljo brez konstrukcijske zaščite	Pogosto vlažen		
4	Na prostem, v stiku s tlemi in/ali sladko vodo	Pogosto ali stalno vlažen	Lesni insekti, glive modrivke, plesni, glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe	V primeru, da so na temobmočju termiti se ta razred označi z 4T
5	V stalnem stiku z morsko vodo	Stalno vlažen	Glive razkrojevalke, glive mehke trohnobe, morski lesni škodljivci	A ladijske svedrovke, lesne mokrice
				B ladijske svedrovke, lesne mokrice, na kerozotno olje tolerantne lesne mokrice
				C ladijske svedrovke, lesne mokrice, na kerozotno olje tolerantne lesne mokrice, pholade

Z namenom podaljševanja življenjske dobe lesa, se pogosto poslužujemo zaščitite. Zaščita lesa je širok pojem, ki vključuje tako izbiro lesa, pravilno vgradnjo (konstrukcijska zaščita), površinsko zaščito ter modifikacijo in biocidno zaščito. Les je najbolj kvalitetno zaščiten, če pravilno kombiniramo vse pristope k zaščiti lesa (Pavlič in Mihevc, 2001).

Zaščita se začne z izbiro ustrezne lesne vrste in konstrukcijsko zaščito, katere načela bi morali preventivno upoštevati. Biocidno zaščito uporabimo le, kadar lesa za želeni razred uporabe ne moremo zaščititi na drug, okolju prijaznejši način. Biocidi imajo namreč lahko tudi negativen vpliv na okolje, saj se v določeni meri iz lesa izpirajo.

Konstrukcijska zaščita pomeni, da poskušamo ustrezno izbrano lesno vrsto vgraditi tako, da se les čim manj vlaži, v primeru navlažitve pa da se lahko hitro posuši, oziroma da voda iz lesa lahko čim hitreje odteče. To pomeni, da se pri vgradnji izogibamo pojavu t.i. vodnih pasti. Ta znanja so uporabljali že naši predniki pri gradnji različnih lesenih objektov kot so kozolci, skednji ipd. Tovrstni objekti so lahko stari tudi več stoletij, vendar, če pride do zamakanja, lahko propadejo že v nekaj mesecih (Kitek Kuzman, 2008).

Praviloma se vedno trudimo konstrukcijsko zaščititi les, kadar pa to ni možno ali no dovolj učinkovito, posežemo po zaščitnih sredstvih. Kadar les ščitimo pred abiotskimi dejavniki razkroja (dež, veter, sonce, sneg...) največkrat posegamo po površinskih zaščitnih premazih. Njihov namen je les zaščititi pred škodljivim UV sevanjem, mu povečati vodoodbojnost in vplivati na izgled površine.

Kadar želimo les trajno zaščititi pred biotskimi dejavniki razkroja (glive, insekti, bakterije), posežemo po biocidnih proizvodih. V zadnjih letih so prepovedali zelo veliko aktivnih učinkovin, ki so se uporabljale za zaščito lesa, zato so trenutno v razcvetu baker etanolaminski pripravki, saj odlično nadomeščajo predhodne pripravke s prepovedanimi učinkovinami (Humar, 2009).

Zaradi uvedbe Uredbe (EU) št. 528/2012 o dostopnosti na trgu in uporabi biocidnih proizvodov (Evropski parlament in Svet evropske unije, 2012), je postal baker ena izmed najpomembnejših učinkovin za zaščito lesa v četrtem razredu uporabe. Zaradi nezaželenega vpliva kroma na okolje, se za fiksacijo bakra v les sedaj uporabljajo različni amini, najpogosteje etanolamin (Humar, 2008).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIALI

3.1.1 Les

Za izvedbo eksperimenta smo uporabili pol-radialno orientirane vzorce dimenzij 15 mm × 25 mm × 50 mm, pripravljene v skladu s standardom (SIST ENV 1250-2:2004). Les je bil brez napak s povprečno širino branik približno 5 mm. Pripravili smo po 300 vzorcev za vsako lesno vrsto; 300 vzorcev iz smrekovine (*Picea abies*), 300 vzorcev iz beljave borovine (*Pinus sylvestris*) in 300 iz jedrovine macesnovine (*Larix decidua*) (Slika 1).



Slika 1: Uporabljeni vzorci pred impregnacijo

Smrekovina je najpomembnejša lesna vrsta za konstrukcijske namene v Sloveniji. Beljava borovine ima zelo podobne lastnosti smrekovini, macesnovino smo pa vključili v raziskavo, ker se pogosto uporablja v konstrukcijske in gradbene namene. V višjih razredih uporabe naravna odpornost ne zadošča, zato ga je treba dodatno zaščititi z biocidnimi pripravki.

3.1.2 Baker – etanolaminski pripravek

Za impregnacijo smo uporabili komercialni baker etanolaminski pripravek dveh različnih koncentracij. Pripravek smo zmešali po recepturi (Preglednica 3).

Najprej smo pripravili pripravek z višjo koncentracijo aktivnih učinkovin ($c_{Cu} = 0,5 \%$), nižjo koncentracijo smo dosegli z redčenjem pripravka z destilirano vodo. (Slika 2)

Preglednica 3: Količina surovin v pripravku z 0,5 % koncentracijo bakra

Surovina	potrebna količina [g]
Destilirana voda	1000
Baker	8,70
Etanolamin	28,80
Kvartarna amonijeva spojina	5,00
Borova kislina	28,60
Karboksilna kislina	4,00



Slika 2: Priprava biocidnega proizvoda na osnovi bakra

3.2 METODE

3.2.1 Postopek impregnacije

Pred začetkom in po koncu impregnacije smo vzorcem določili maso ter iz razlike izračunali mokri navzem po formuli (1):

$$\frac{(m_2 - m_1)}{V} = r^{(v)} \quad \dots(1)$$

Pri čemer je:

m_1	-	masa suhih vzorcev pred impregniranjem [g]
m_2	-	masa še mokrih vzorcev takoj po impregnaciji [g]
V	-	volumen vzorca [cm ³]
$r^{(v)}$	-	mokri navzem izražen v [g/cm ³]

Vse tri lesne vrste smo impregnirali z obema koncentracijama bakra v pripravku in s štirimi postopki impregnacije. Tako smo dobili štiriindvajset različnih skupin impregniranih vzorcev. V vsaki izmed skupin je bilo sedem skupin petih vzorcev, katere smo po določenem času selektivno izločali (Preglednica 4).

Preglednica 4: Primer načrta impregnacije za smrekovino (*Picea abies*)

Smreka	0,25%	8 h potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		24 h potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		vakuum + potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		Vakuum + nadtlak + vakuum	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
	0,50%	8h potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		24 h potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		vakuum + potapljanje	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT
		Vakuum + nadtlak + vakuum	Kontrola	3 tedne	5 tednov	7 tednov	9 tednov	11 tednov	11 tednov + ΔT

Za impregnacijo smo stehtane absolutno suhe vzorce postavili v plastične posode, kjer smo s plastično mrežico poskrbeli, da se ne dotikajo med seboj, jih obtežili, da niso splavali, in jih prelili s pripravkom (Slika 3). Nato smo uporabili spodaj opisane postopke impregnacije:

➤ **Potapljanje (8 in 24 h)**

Vzorce smo v impregnacijskem sredstvu namakali 8 oziroma 24 ur pri sobnih pogojih ($T = 25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 100 \pm 5 \text{ kPa}$) (Preglednica 4). Impregnirane vzorce smo po namakanju pobrali iz posode in odvečni pripravek obrisali s papirnato brisačo.

➤ **impregnacija vakuum 30 min + potapljanje 2 h**

Prelite vzorce smo vstavili v vakuumsko-tlačno impregnacijsko komoro. Najprej smo za 30 minut vzpostavili podtlak ($P = 30 \text{ kPa}$, oziroma 70 kPa pod normalnim zračnim tlakom). Nato smo pustili vzorce namočene še dve uri pri normalnih pogojih ($T = 25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 100 \pm 5 \text{ kPa}$). Po končanem postopku smo vzorce izolirali in odvečni pripravek obrisali s papirnato krpo.

➤ **impregnacija podtlak 30 min + nadtlak 2,5 h + podtlak 30 min**

Prelite vzorce smo vstavili v vakuumsko-tlačno impregnacijsko komoro. Najprej smo za 30 minut vzpostavili podtlak ($T = 25 \pm 2$; $P = 30 \text{ kPa}$, oziroma 70 kPa pod normalnim zračnim tlakom), nato smo vzorce za dve uri in pol izpostavili nadtlaku ($T = 25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $P = 1100 \pm 10 \text{ kPa}$), na koncu pa smo ponovno vzpostavili podtlak ($T = 25 \pm 2$; $P = 30 \text{ kPa}$). Po končanem postopku smo vzorce izolirali in odvečni pripravek obrisali s papirnato krpo.



Slika 3: Vzorci med postopkom impregnacije

Po končani impregnaciji smo vzorce zložili na rešetke in jih tri tedne sušili na zraku v laboratorijskih pogojih (Slika 4).



Slika 4: Sušenje impregniranih vzorcev

3.2.2 Postopek izpiranja

Vse vzorce iste lesne vrste, impregnirane z enakim postopkom in pripravkom smo postavili v velike posode in jih prelili z destilirano vodo. Razmerje med vzorci in tekočino je bilo 1 : 20 (volumsko razmerje)(Slika 5).



Slika 5: Izpiranje vzorcev v destilirani vodi

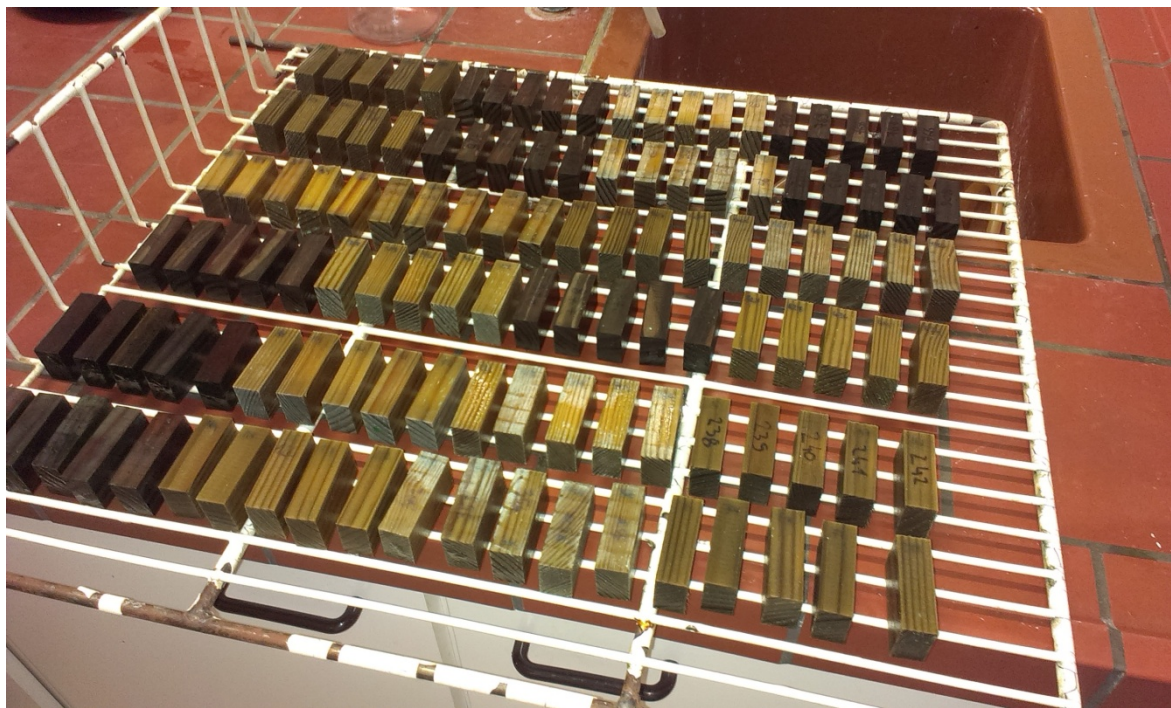
Pred začetkom izpiranja smo kontrolnim vzorcem izmerili koncentracije bakrovih učinkovin v lesu. Kontrolne vzorce smo izločili pri vseh 24 različnih tipih vzorcev, po 5 vsakega tipa, skupaj 120 vzorcev.

V začetnih obdobjih izpiranja (prvih 14 dni) smo vodo menjali po trikrat tedensko, saj je bilo v tem obdobju predvideno najintenzivnejše izpiranje. Kasneje smo vodo menjali dvakrat tedensko.

Po treh tednih izpiranja smo izločili drugo skupino vzorcev in jih primerjali s kontrolno skupino. Nadaljnje vzorce smo izolirali še po 5., 7., 9. in 11. tednih. Tako je celotni postopek izpiranja trajal 11 tednov.

Eno skupino smo v enajstih tednih izpostavili tudi temperaturnim nihanjem. Te vzorce smo vzeli iz vode in jih pri 60 °C segrevali približno 120 min, nato smo jih zamrzovali 24 ur. Po končanem odtajevanju smo jih še naprej izpirali v destilirani vodi. Te vzorci smo prav tako izpirali 11 tednov.

Vzorci, ki smo jih prenehali izpirati, smo postavili na mrežo, kjer so se sušili približno 7 dni pred nadaljnjo analizo (Slika 6).



Slika 6: Sušenje vzorcev pokončanem izpiranju

Eno ključnih vprašanj te naloge je bilo, kakšna je časovna dinamika izpiranja bakrovih pripravkov. Pri interpretaciji teh podatkov je treba upoštevati, da gre za naraven in zato zelo variabilen material. Opravljeni preizkusi so destruktivne narave, zato niso bili opravljeni na istih, temveč na vzporednih vzorcih, katerih lastnosti se lahko od kontrolnih vzorcev razlikujejo, pa čeprav, da smo se temu pojavu skušali izogniti z odbiro na videz primernih vzorcev.

3.2.3 Merjenje vsebnosti bakra v vzorcih

Vsebnost bakra v vzorcih smo merili z XRF spektroskopijo (Slika 7). Vzorce smo morali predhodno zmleti v laboratorijskem mlinu (Slika 8) in jih stisniti v tablete. Po pet enakih vzorcev smo zmleli in jih stisnili v tri tablete, s homogenizacijo vzorca smo dosegli natančnejše meritve (Slika 9).

Količino izpranega bakra določili po formuli (2):

$$Cu_i \frac{Cu_n}{m_0} - cCu_p \quad \dots(2)$$

Pri čemer je:

- Cu_i - izpran baker
- Cu_n - navzet baker [mg]
- m_0 - masa vzorcev pred impregnacijo [g]
- cCu_p - izmerjena koncentracija bakra v vzorcih po izpiranju

Tako smo določili vsebnosti bakra katere smo primerjali med seboj.



Slika 7: Naprava za XRF analizo vsebnosti bakra v vzorcih



Slika 8: Laboratorijski mlin



Slika 9: Tablete pripravljene za XRF analizo

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 MOKRI NAVZEM

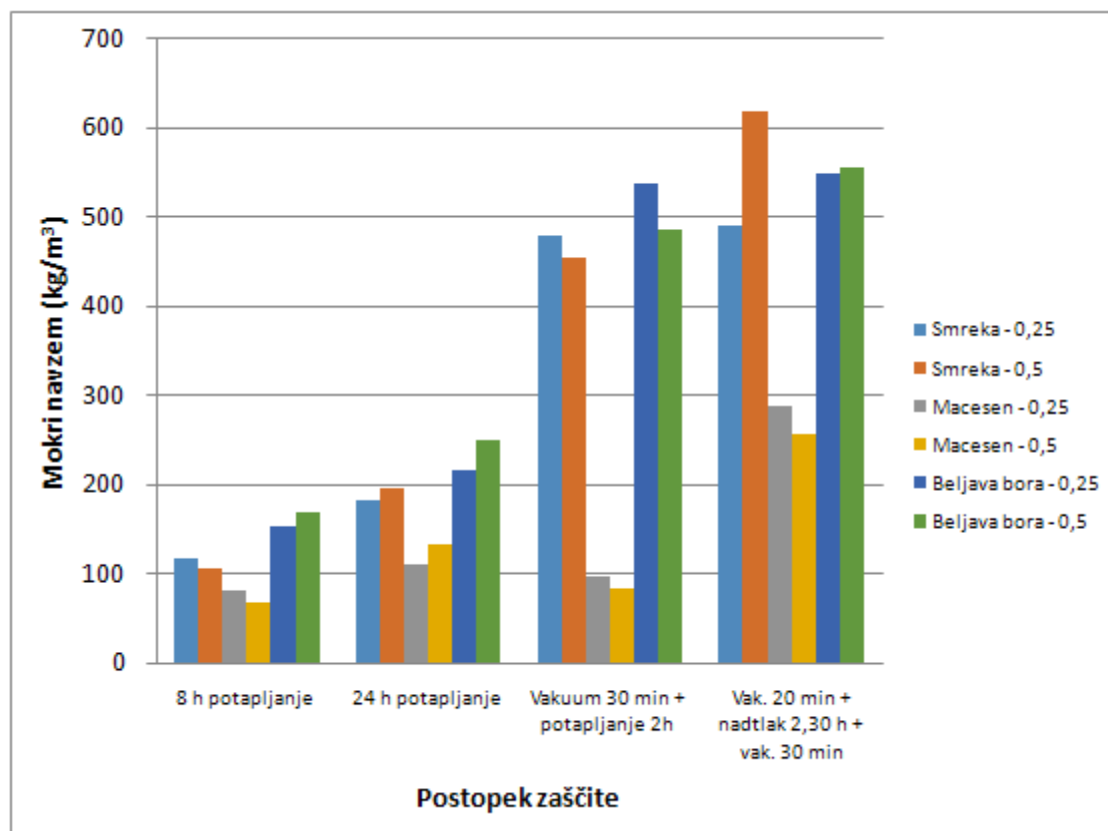
Mokri navzem nam pove, koliko zaščitnega sredstva je prodrlo v les med postopkom impregnacije. Izračunali smo ga po formuli (1).

Iz rezultatov je razvidno, kakšen vpliv ima postopek impregnacije na navzem biocidnega proizvoda. Pri osemurnem potapljanju je les v poprečju navzel 100 kg/m^3 zaščitnega pripravka. Pri vakuumsko-tlačnem postopku pa je v smrekovino prodrlo tudi več kot 600 kg/m^3 pripravka. Pri beljavi borovine je navzem zelo podoben kakor pri smrekovini (Slika 10).

Količina bakra v impregniranem lesu je tesno povezana z mokrim navzemom. Zato lahko povzamemo, da je količina bakra v lesu pri potapljanju nižja kot pri vakuumsko tlačnem postopku.

Različne lesne vrste so različno impregnabilne. S Slika 10 lahko razberemo, da je med tremi uporabljenimi lesnimi vrstami najbolj impregnabilen les smrekovine (600 kg/m^3) najmanj pa les macesnovine (250 kg/m^3) pri vakuumsko tlačnem postopku.

Koncentracija bakra v biocidnem proizvodu ima majhen vpliv na mokri navzem. Razlike v mokrem navzemu med pripravkoma so pri posameznih lesnih vrstah nizke. Največja razlika je pri smrekovini tretirani z vakuumsko tlačnim postopkom, kjer je v les prodrlo 490 kg/m^3 proizvoda z 0,25 % koncentracijo bakra in kar 620 kg/m^3 proizvoda z 0,5 % koncentracijo bakra (Slika 10).



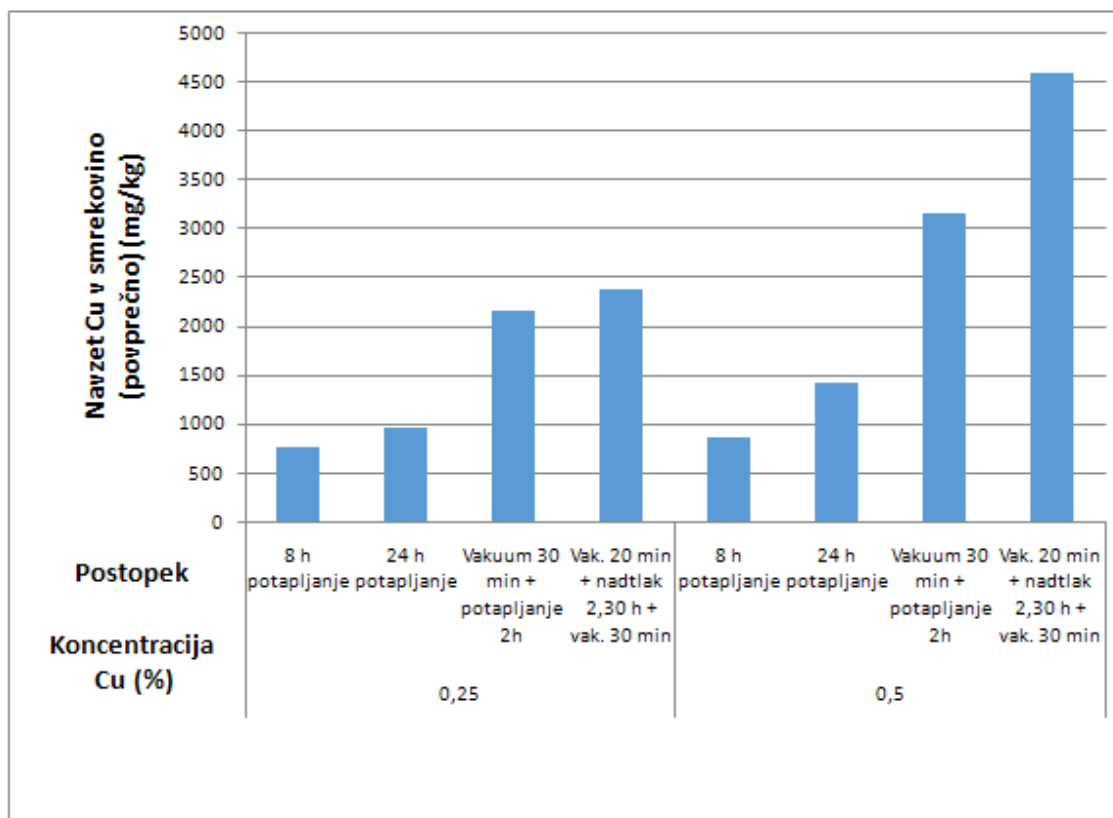
Slika 10: Vpliv lesne vrste, koncentracije biocidnega proizvoda in postopka zaščite na mokri navzem biocidnih proizvodov v les.

4.2 NAVZEM BAKRA V LES

4.2.1 Navzem bakra v smrekovino

Podobno kot pri ostalih lesnih vrstah, so tudi pri smrekovem lesu vidne izrazite razlike v navzemu med kotelskimi postopki in potapljanjem. Postopek ima veliko večji vpliv na vsebnost bakra, kakor koncentracija bakra v pripravku. Ta razlika se očitno poveča pri vakuumsko tlačnem postopku impregnacije z 0,5 % koncentracijo bakra, kjer je v les prodrlo še enkrat več bakra kakor pri 0,25 % koncentraciji (Slika 11).

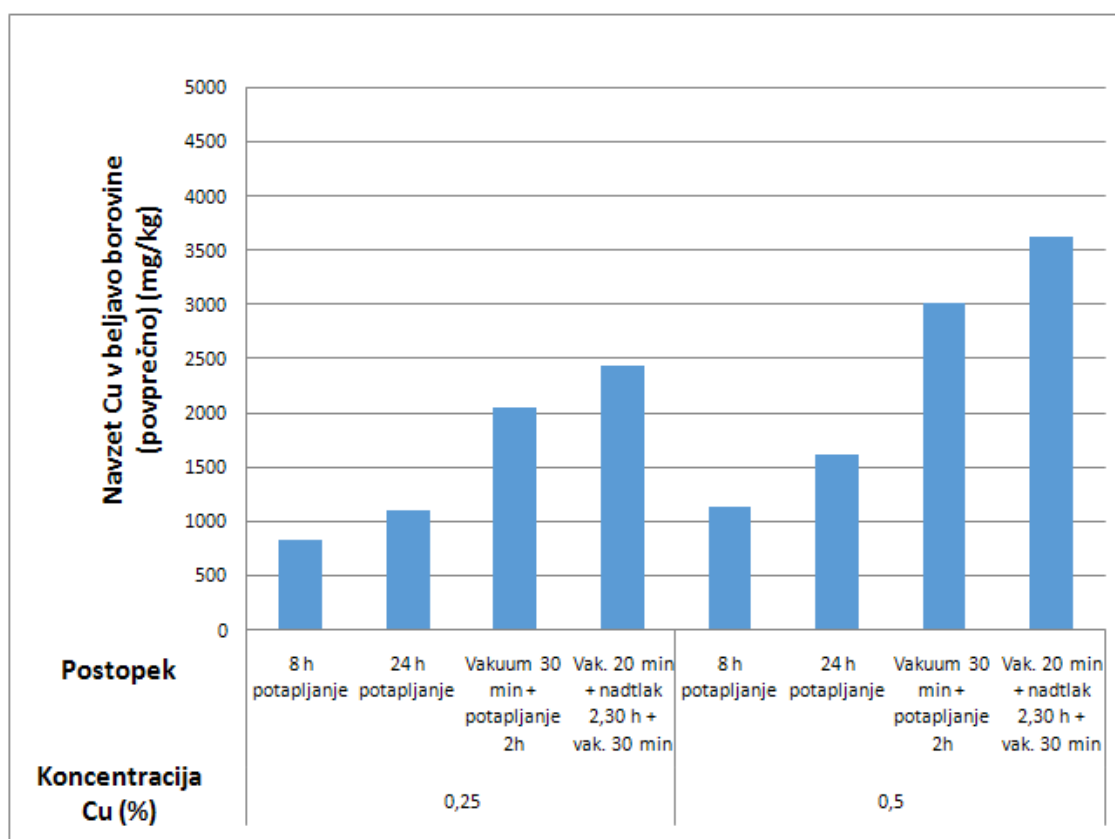
Vzorci smrekovine, ki smo jo 8 ur potapljali v pripravek najnižje koncentracije, smo zabeležili 750 mg bakra na kilogram lesa. Če smrekovino namakamo dalj časa (24 ur), dosežemo vsebnost 960 mg bakra na kilogram smrekovine. Največjo vsebnost bakra pa smo določili pri vzorcih, ki smo jih impregnirali z vakuumsko-tlačnim postopkom (2380 mg/kg pri 0,25 % koncentraciji in kar 4585 mg/kg pri 0,5 % koncentraciji) (Slika 11).



Slika 11: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v smrekovino

4.2.2 Navzem bakra v beljavo borovine

V vzorcih beljave borovine, ki smo jih 8 ur potapljali v pripravek najnižje koncentracije smo zabeležili 830 mg bakra na kg lesa, po 24 urah namakanja pa dosežemo vsebnost 1110 mg bakra na kilogram beljave borovine. Tudi pri tej lesni vrsti smo največjo vsebnost bakra smo določili pri vzorcih, ki smo jih impregnirali z vakuumsko-tlačnim postopkom (2435 mg bakra na kg lesa pri 0,25 % koncentraciji in 3620 mg bakra na kg lesa pri 0,5 % koncentraciji) (Slika 12).



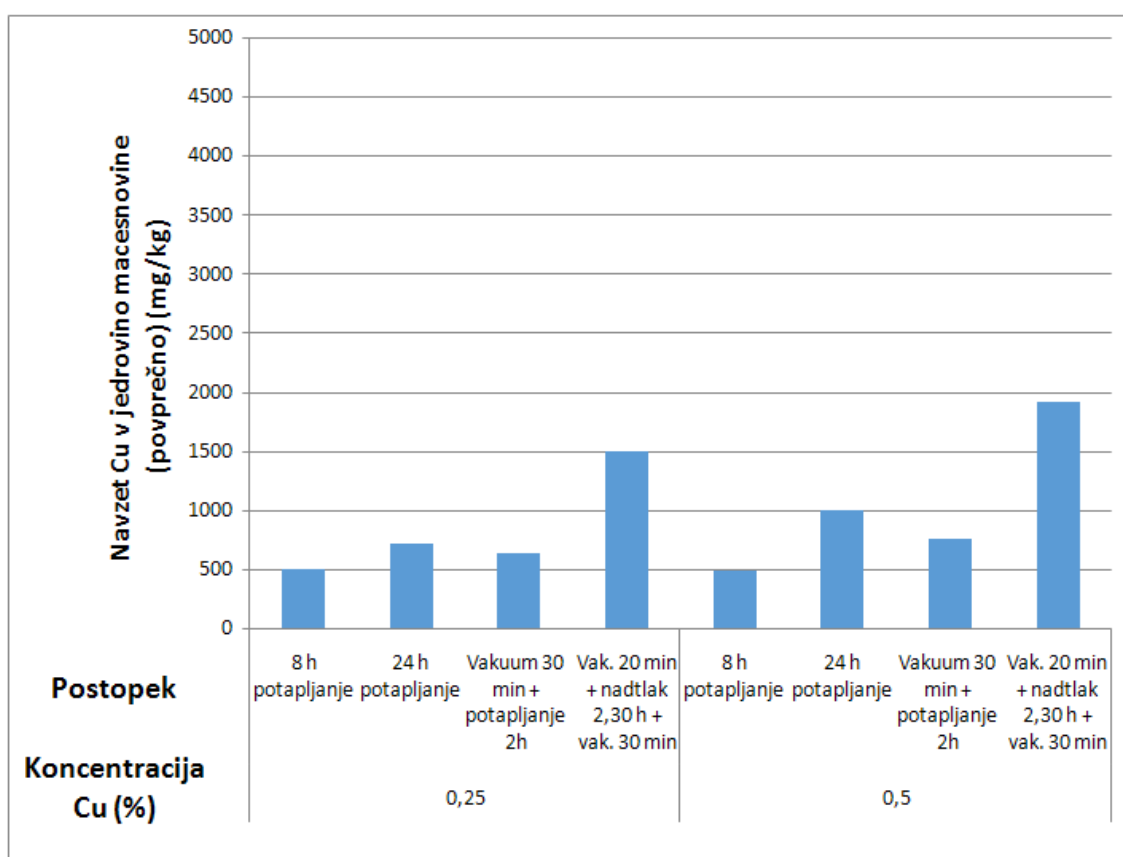
Slika 12: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v beljavo borovine

V kolikor med seboj primerjamo navzeme pri borovini in smrekovini vidimo, da so vakuumsko tlačno impregnirani vzorci borovine vpili med 2435 mg bakra na kg lesa (0,25 % Cu) in 3620 mg bakra na kg lesa (0,5 % Cu). Pri smrekovini so te vrednosti znašale med 2380 mg bakra na kg lesa (0,25 % Cu) in 4585 mg bakra na kg lesa (0,5 % Cu) (Slika 12).

Rezultati pri lesu beljave borovine so zelo podobni rezultatom za smrekovino, kar ni presenetljivo glede na anatomske podobnosti obeh lesnih vrst. Borovina sodi med najbolj impregnabilne lesne vrste, kar se odraža tako v mokrem navzemu, kot tudi v vsebnosti bakra. Vpliv koncentracije je nekoliko manj izrazit kakor pri smrekovini, vendar trend ostaja primerljiv (Slika 12).

4.2.3 Navzem bakra v jedrovino macesnovine

Pri jedrovini macesnovine se vsebnost bakra vidno poveča pri vakuumsko-tlačnem postopku, kjer vsebnost bakra znaša 1500 mg bakra na kg lesa pri 0,25 % koncentraciji in 1920 mg bakra na kg lesa pri 0,5 % koncentraciji, dočim lahko pri vakuumskem postopku opazimo celo nižje vrednosti (640 mg bakra na kg lesa pri 0,25 % koncentraciji in 755 mg bakra na kg lesa pri 0,5 % koncentraciji) kakor pri 24 potapljanju (710 mg bakra na kg lesa pri 0,25 % koncentraciji in 990 mg bakra na kg lesa pri 0,5 % koncentraciji) (sSlika 13). Iz tega sklepamo, da je za doseganje ustrezne koncentracije bakrovih pripravkov v lesu macesnovine pomembna izbira postopka.



Slika 13: Vpliv postopka in koncentracije biocidnega proizvoda na navzem bakra v jedrovino macesnovine

Na navzem bakra neposredno vplivata mokri navzem in koncentracija bakra v pripravku. Iz grafov je razvidno, da ima koncentracija biocidnega proizvoda velik vpliv na navzem, ne glede na uporabljeno lesno vrsto (Slika 11),(Slika 12),(Slika 13).

Poleg koncentracije ima velik vpliv tudi postopek zaščite. Vsebnosti bakra pri kotelskih postopkih so precej višje kakor pri potapljanju, kar je pričakovano, saj pri vakuumsko tlačnem postopku v les prodre več biocidnega proizvoda, kot med potapljanjem, kar se najprej pokaže na visokem mokrem navzemu.

4.3. VPLIV ČASA IZPIRANJA NA IZPIRANJE BAKRA

Na slikah so prikazane krivulje, ki prikazujejo povprečno upadanje preostalega bakra v smrekovini med izpiranjem. Na slikah so podatki za posamezne postopke impregnacije združeni v eno linijo.

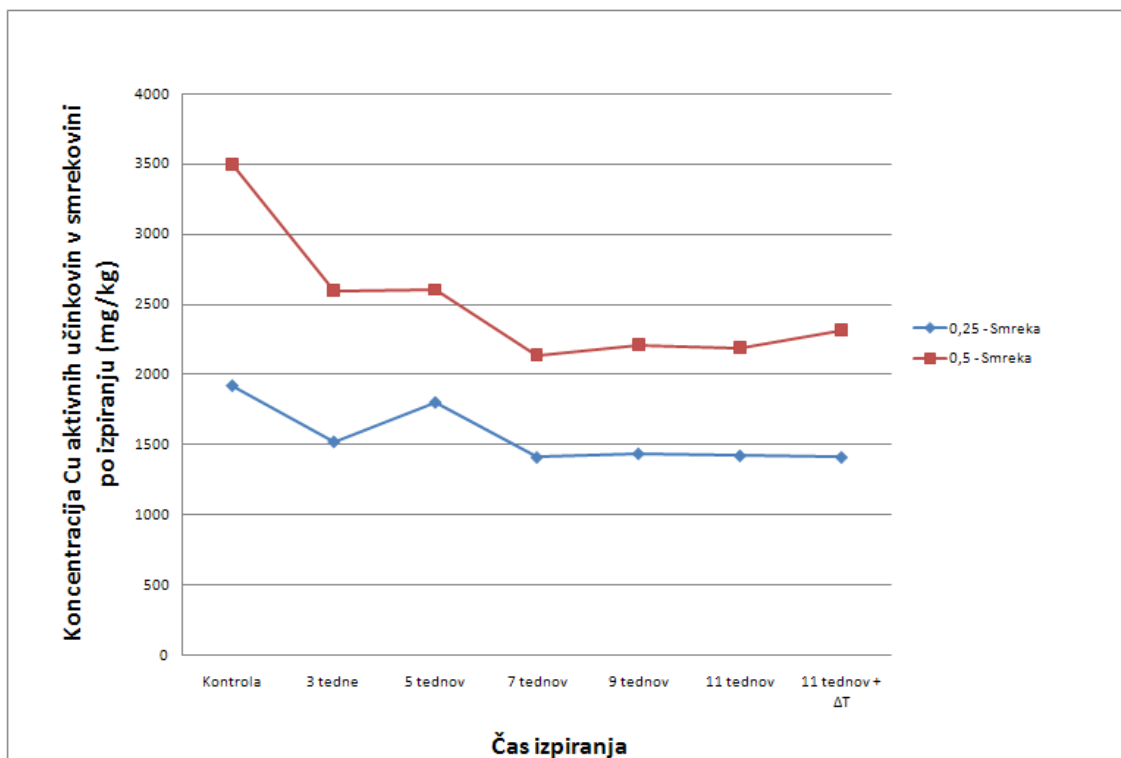
4.3.1 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz smrekovine

V lesu impregniranem s pripravkom višje koncentracije je koncentracija bakra upadla z začetne 3490 mg bakra na kg lesa na končno 2313 mg bakra na kg lesa. Pri smrekovini, ki je bila impregnirana s pripravkom nižje koncentracije je razlika manjša in sicer na začetku smo v lesu določili 1917 mg bakra na kg lesa na koncu pa 1412 mg bakra na kg lesa.

Iz slike je dobro vidno, da koncentracija bakra v lesu impregniranim s pripravkom višje koncentracije upada bolj, kot pri pripravku nižje koncentracije (Slika 14):

Do razlike med obema koncentracijama pride, ker je število reakcijskih mest v lesu omejeno. Zato se pripravki nižje koncentracije bolje vežejo v les, kot pripravki višje koncentracije.

Izpiranje se med sedmimi in enajstimi tedni skoraj ustavi, negativnega vpliva temperaturnih sprememb pa ni moč zaznati. Koncentracija bakra v lesu impregniranem z visoko koncentracijo je bila po 11 tednih 2188 mg bakra na kg lesa, v primeru da smo vzorce izpostavili temperaturnim nihanjem pa 2313 mg bakra na kg lesa (Slika 14):



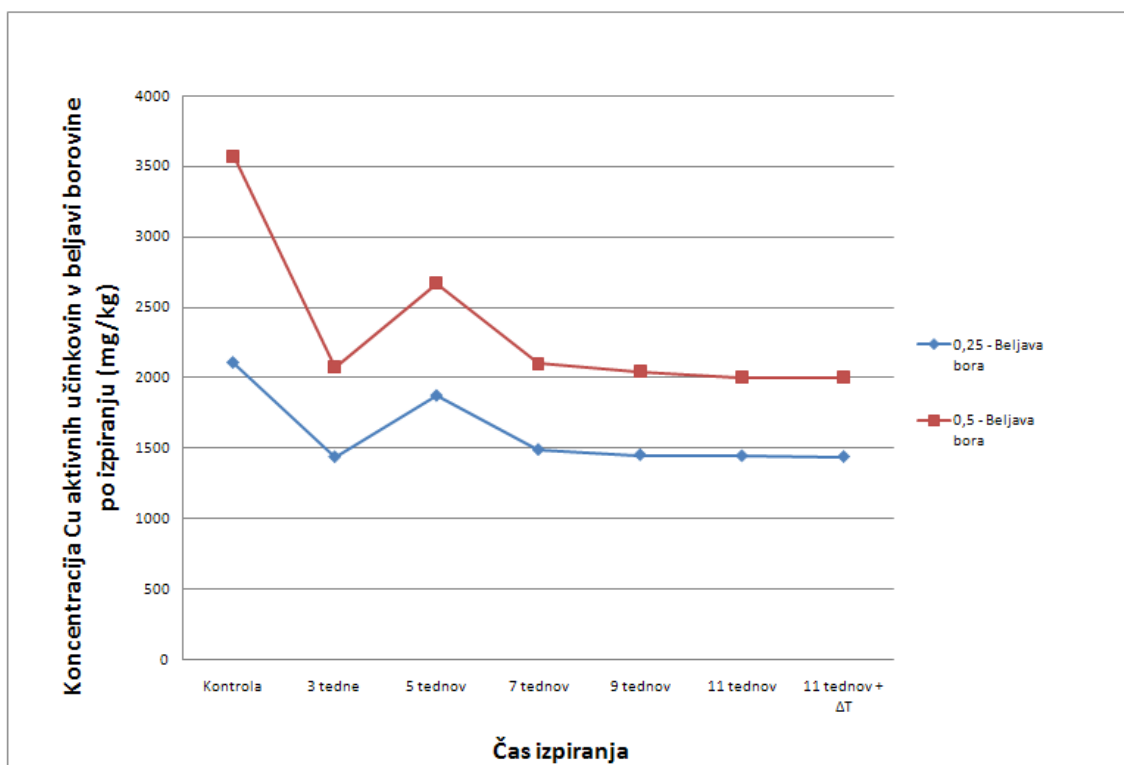
Slika 14: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje Cu iz smrekovine

4.3.2 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz beljave borovine

V beljavi borovine impregnirane s pripravkom višje koncentracije je tako koncentracija bakra upadla z začetne 3570 mg bakra na kg lesa na končno 2002 mg bakra na kg lesa. Pri beljavi borovine, ki je bila impregnirana s pripravkom nižje koncentracije, je razlika zopet manjša, in sicer smo na začetku v lesu določili 2108 mg bakra na kg lesa, na koncu pa 1444 mg bakra na kg lesa. Iz slike je dobro vidno, da koncentracija bakra v lesu impregniranim s pripravkom višje koncentracije upada bolj kot pri pripravku nižje koncentracije (Slika 15).

Enako kot pri smrekovini pride do razlike med koncentracijama in se pripravek nižje koncentracije procentualno bolje veže v les.

Prav tako se izpiranje med sedmimi in enajstimi tedni skoraj ustavi, negativnega vpliva temperaturnih sprememb tudi ni moč zaznati. Koncentracija bakra v lesu impregniranem z visoko koncentracijo je bila po 11 tednih 2002 mg bakra na kg lesa, v primeru da smo vzorce izpostavili temperaturnim nihanjem pa 2000 mg bakra na kg lesa (Slika 15).

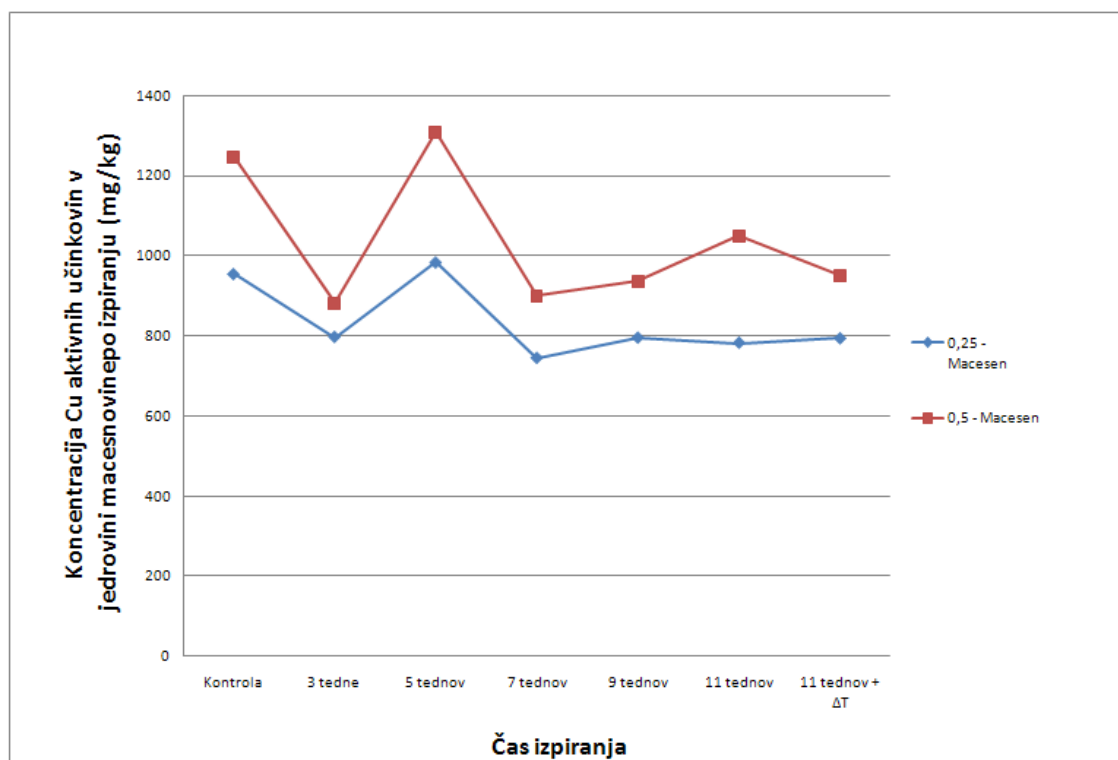


Slika 15: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje Cu iz beljave borovine

4.3.3 Vpliv časa izpiranja na izpiranje bakrovih učinkovin iz jedrovine macesnovine

V lesu impregniranem s pripravkom višje koncentracije, je koncentracija bakra upadla z začetne 1245 mg bakra na kg lesa na končno 1047 mg bakra na kg lesa. Pri jedrovini macesna, ki je bila impregnirana s pripravkom nižje koncentracije, smo na začetku določili 955 mg bakra na kg lesa, na koncu pa 782 mg bakra na kg lesa. Iz slike je dobro vidno, da koncentracija bakra v lesu impregniranim s pripravkom višje koncentracije in pripravkom nižje koncentracije upada zelo počasi. Padanje koncentracije je bistveno manj izrazito, kot pri smrekovini in beljavi borovine (Slika 16).

Med sedmimi in enajstimi tedni je vzorec izpiranja enak kakor pri smrekovini in beljavi borovine. Koncentracija bakra v lesu impregniranem z visoko koncentracijo je bila po 11 tednih 1047 mg na kg lesa, v primeru da smo vzorce izpostavili temperaturnim nihanjem pa 950 mg bakra na kg lesa. Vidna je zelo majhna razlika vsebnosti bakra med obema koncentracijama kar kaže na slabo impregnabilnost jedrovine macesnovine. Samo izpiranje bakra je prav tako majhno, saj se je vsebnost bakra v enajstih tednih komaj opazno spremenila (Slika 16).



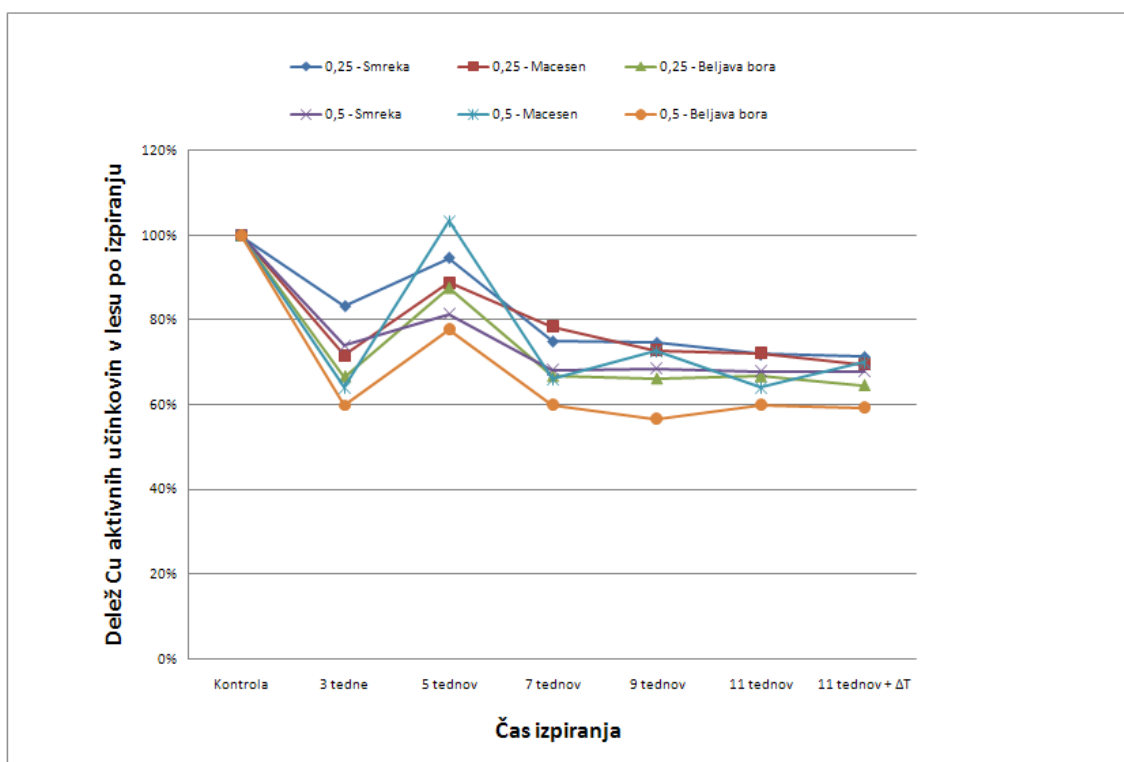
Slika 16: Vpliv koncentracije baker-etanolaminskega pripravka na izpiranje iz lesa jedrovine macesnovine

Po pričakovanjih sta čas, ko je les v stiku z vodo in izpiranje bakra iz lesa v pozitivni linearni zvezi; dlje časa je les potopljen v vodi, več aktivnih učinkovin se iz njega izpere. To je lepo razvidno iz Slika 17. Po pričakovanju se v prvih treh tednih iz lesa izpere največji delež vnesenega bakra. V tem obdobju se iz lesa izpere predvsem slabo vezan baker, to je baker, ki se nahaja v celičnih lumnih in depoziti na površini lesa. V prvih treh tednih je tako v povprečju upadla koncentracija bakra za 26 % pri smrekovini impregnirani s pripravkom visoke, in za 17 % pri pripravkih najnižje koncentracije.

Podobno razmerje je bilo opaziti tudi pri beljavi bora, kjer je koncentracija v povprečju upadla za 40 % pri beljavi bora impregnirani s pripravkom visoke in za 33 % pri pripravkih najnižje koncentracije (Slika 17).

V nadaljnjem obdobju šestih tednov je intenzivnost izpiranja mnogo manjša. Po 11 tednih je tako upadla koncentracija bakra za skupaj 32 % pri smrekovini impregnirani s pripravkom visoke, in za 29 % pri pripravkih najnižje koncentracije.

Pri beljavi borovine in jedrovini macesnovine opazimo enak trend izpiranja, kjer se je v 11 tednih izpralo 41 % pri beljavi borovine impregnirani s pripravkom visoke, in 35 % pri pripravkih najnižje koncentracije in 36 % pri jedrovini macesnovine impregnirani s pripravkom visoke in 28 % pri pripravkih najnižje koncentracije.



Slika 17: Vpliv časa izpiranja in lesne vrste na izpiranje bakra iz lesa

Med rezultati najbolj odstopajo podatki za macesnovino impregniran z 0,5 % koncentracijo bakra. Po določenem času je koncentracija bakra celo narasla. Razliko lahko pojasnimo s ponesrečeno izbiro skupin vzorcev (navzem sredstva lahko zelo različen), in dejstvom, da je pri macesnu prišlo do selektivne absorpcije bakra v les. To pomeni, da se je v les vezalo več bakra, kot bi pričakovali na podlagi podatkov o mokrih navzemih. (Slika 17).

Zanimivo je, da smo po petih tednih izpiranja opazili manj intenzivno izpiranje kot pri vzorcih, ki smo jih izpirali le tri tedne. To lahko delno pripišemo reabsorpciji bakra, kar pomeni, da se nekaj že izpranega bakra v vodi lahko veže nazaj v vzorec.

4.4. VPLIV KONCENTRACIJE BAKRA V PRIPRAVKU IN POSTOPKA IMPREGNACIJE NA IZPIRANJE BAKRA

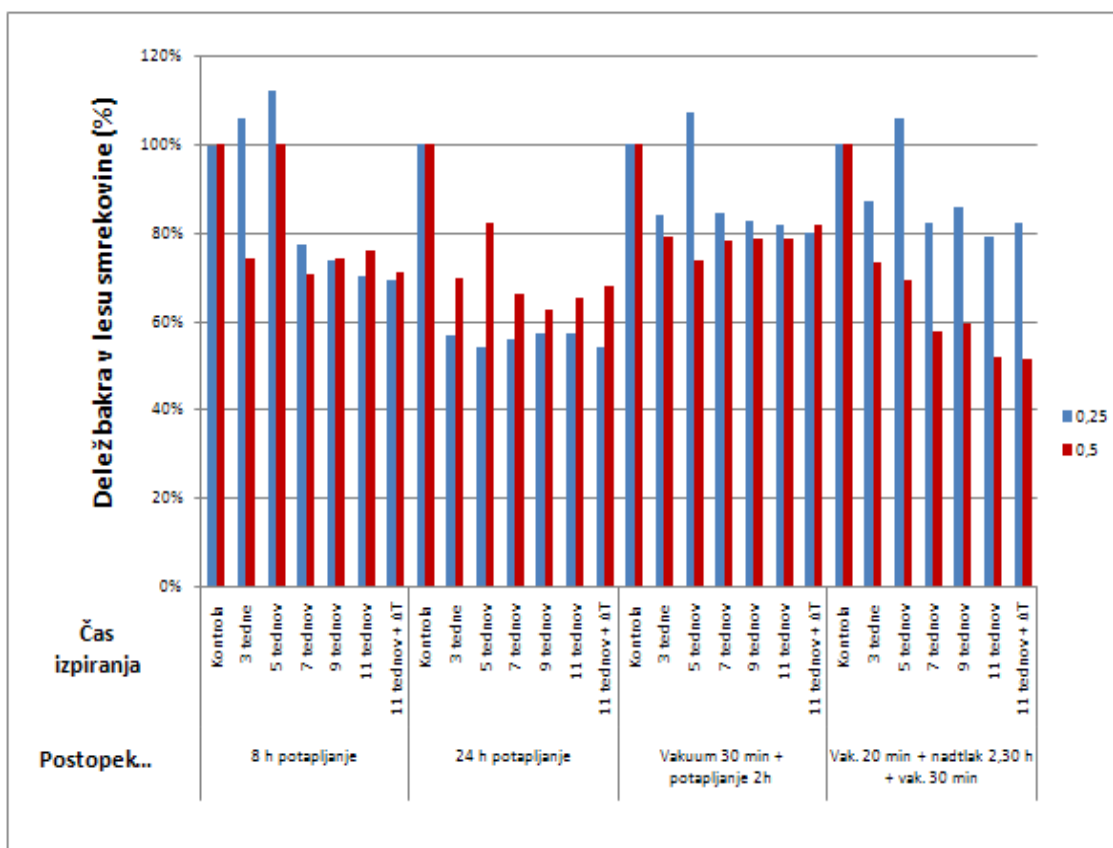
4.4.1 Izpiranje – smrekovina

Pri smrekovini tretirani z 0,25 % koncentracijo bakra v pripravku lahko razberemo, da se je največji delež bakra izpral iz lesa, ki smo ga 24 ur potapljali v biocidni proizvod. V tem primeru se je iz smrekovine izpralo 35 % bakra (Slika 18).

Za razliko od smrekovine, ki je bila vakuumsko-tlačno impregnirana s pripravkom visoke koncentracije bakra, kjer je bilo izpiranje najbolj intenzivno in se je izpralo kar 49 % bakra. Do največjega izpiranja je prišlo po treh tednih, kasneje pa izpiranje ni bilo več intenzivno (Slika 18).

Pri obeh koncentracijah bakra v pripravku je izpiranje najmanj izrazito pri vakuumskem postopku, kjer se je izpralo 19 % bakra pri vzorcih tretiranih z nižjo koncentracijo bakra v pripravku in 21 % bakra pri vzorcih tretiranih z višjo koncentracijo bakra v pripravku.

Najvišji delež izpranega bakra je pri vakuumsko-tlačno impregnirani smrekovini v pripravku visoke koncentracije, kjer se je izpralo 49 % bakra, najnižji delež izpranega bakra pa je pri smrekovini tretirani z nižjo koncentracijo bakra v pripravku in sicer 19 % pri vakuumskem in 18 % pri vakuumsko-tlačnem postopku.



Slika 18: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri smrekovini

Kot je bilo že opisano, ima na vezavo bakra v les velik vpliv koncentracija bakra v pripravku. Bakrovi pripravki nižje koncentracije se v les vežejo bolje kot pripravki višje koncentracije. Razlog za to je pomanjkanje reakcijskih mest, kamor se lahko veže baker. Ta pojav je bolj izrazit pri lesu impregniranem s kotelskimi postopki, kjer v les vnesemo največ aktivnih učinkovin in je zato pomanjkanje reakcijskih mest najbolj izrazito.

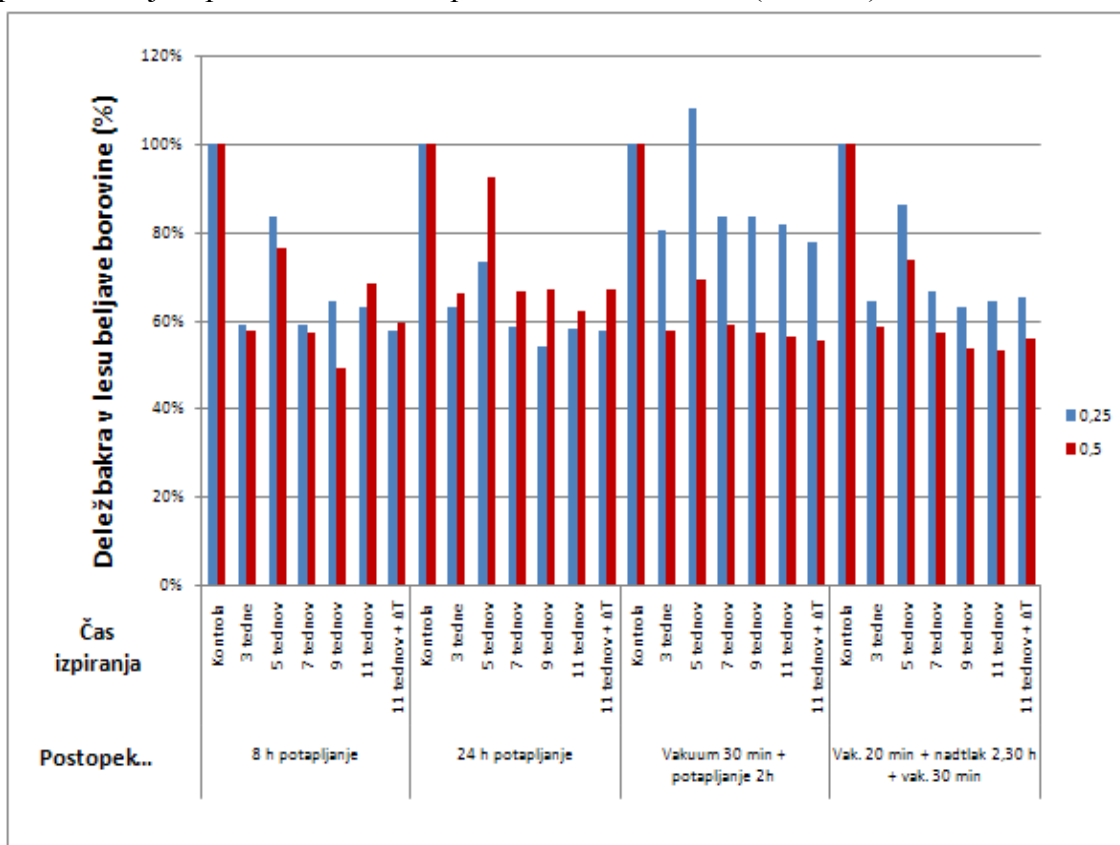
Med namakanjem v les prodre manj bakrovih pripravkov, zato predvidevamo, da je primanjkljaj reakcijskih mest manj izrazito.

4.4.2 Izpiranje – beljava borovine

Pri beljavi borovine, tretirane z 0,25 % koncentracijo bakra v pripravku, lahko razberemo, da se je največji delež bakra izpral iz borovine, ki smo jo 24 ur potapljali v biocidni proizvod v tem primeru se je izpralo 38 % bakra (Slika 19).

Po drugi strani je bil delež izpranega bakra pri kotelskih postopkih najmanj izrazit. Izpralo se je 18 % navzete bakra pri vakuumskem postopku in 36 % pri vakuumsko-tlačnem postopku (Slika 19).

Drugačno sliko vidimo pri beljavi borovine tretirani z 0,5 % koncentracijo bakra v pripravku. Najbolj izrazito izpiranje je bilo pri kotelskih postopkih, kjer se je izpralo 44 % bakra pri vakuumskem postopku, in 47 % pri vakuumsko tlačnem postopku. V obeh primerih se je v prvih treh tednih izpralo okoli 42 % bakra (Slika 19).



Slika 19: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri beljavi borovine

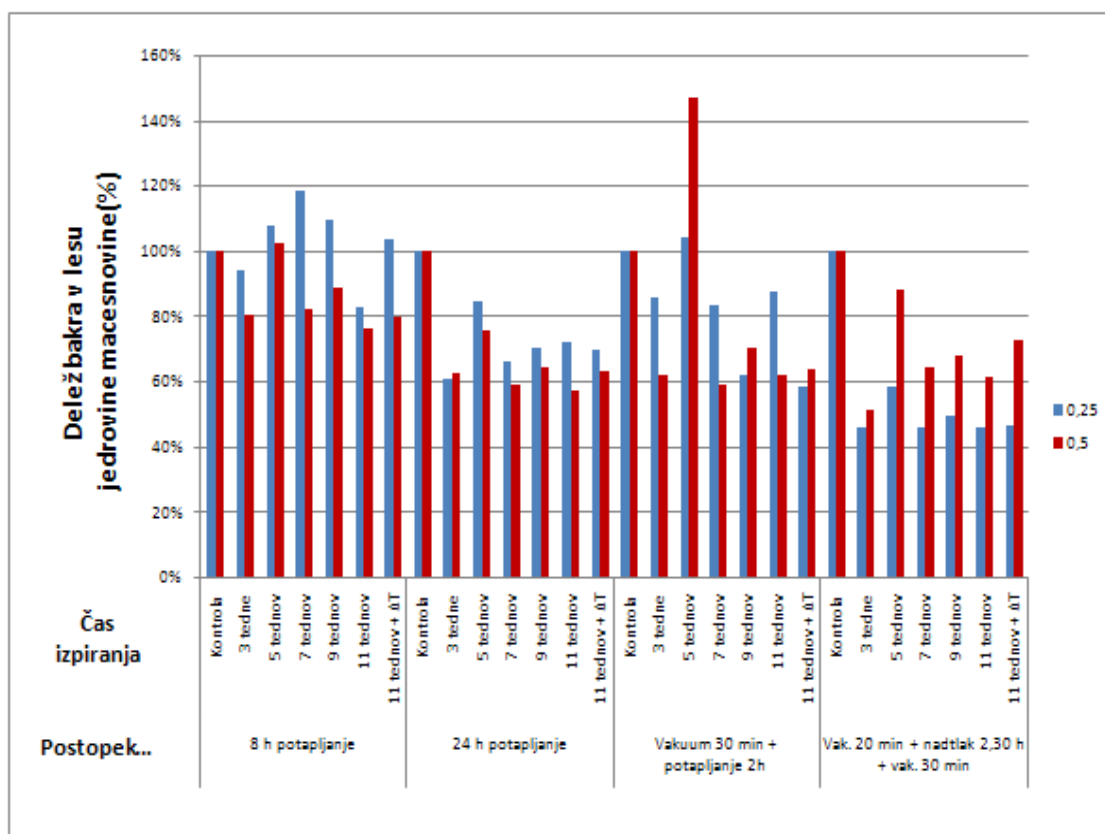
V les se je vezalo več bakra, kakor pri vzorcih tretiranih z nižjo koncentracijo, delež izpranega bakra je pa skoraj enak. To lahko pripišemo večjemu številu reakcijskih mest v borovini, kajti pri smrekovini je možno zaznati večje izpiranje pri vzorcih z večjo vsebnostjo bakra.

4.4.3 Izpiranje – jedrovina macesnovine

Pri jedrovini macesnovine lahko razberemo, da je izpiranje najintenzivnejše pri kotelskih postopkih impregnacije. Največji delež izpranega bakra je pri jedrovini macesnovine vakuumsko-tlačno impregnirani s pripravkom višje koncentracije, kjer se je izpralo 53 % bakra, pri nižji koncentraciji je izpiranje veliko manj izrazito, izpralo se je 27 % bakra (Slika 20).

Pri 8 urnem potapljanju je delež izpranega bakra najmanjši. Izpralo se je 17 % bakra pri vzorcih tretiranih z nižjo koncentracijo bakra v pripravku in 24 % bakra pri vzorcih tretiranih z višjo koncentracijo bakra v pripravku (Slika 20).

V primerjavi s smrekovino ali beljavo borovine, je izpiranje manj izrazito. Pri potapljanju 8 ur, v pripravku nižje koncentracije se je izpralo 17 % bakra pri jedrovini macesnovine, 37 % pri beljavi borovine, in 31 % pri smrekovini (Slika 20).



Slika 20: Vpliv postopka impregnacije na časovno dinamiko izpiranja bakra pri jedrovini macesnovine

Do manjšega izpiranja pri potapljanjih vzorcih je lahko prišlo zaradi slabše impregnabilnosti macesnovine. V les smo spravili manj bakra kolikor je reakcijskih mest in le ta se je dobro vezal v les.

Višjo koncentracijo bakra v vzorcih po izpiranju lahko pojasnimo z reabsorpcijo bakra, kar pomeni, da se je delež izpranega bakra ponovno vezal nazaj v les.

5 ZAKLJUČEK

5.1 SKLEPI

V okviru te naloge smo prišli do naslednjih zaključkov:

- Način impregnacije ima zelo velik vpliv na mokri navzem; pri potapljanju je pomembno trajanje postopka.
- Pri kotelskih postopkih impregnacije je pomemben zaporedje podtlaka in nadtlačenja. Izkazalo se je, da je vakuumsko-tlačni režim najbolj učinkovit.
- Vsebnost bakra v pripravku nima bistvenega vpliva na mokri navzem biocidnega proizvoda. Po drugi strani pa je vsebnost bakra v lesu neposredno povezana z vsebnostjo bakra v pripravku.
- Prav tako je moč jasno zaznati, da ima lesna vrsta zelo velik vpliv na mokri navzem biocidnega proizvoda.
- Izpiranje bakra iz lesa je najintenzivnejše v prvih treh tednih. Kasneje se izpiranje upočasni in je po sedmih do devetih tednih skoraj zanemarljivo.
- Dokazali smo, da je fiksacija bakra v les z baker-etanolaminskimi pripravki učinkovita, saj velika večina baker-etanolaminskih pripravkov ostane v lesu.
- Nihanje temperature ne vpliva bistveno na izpiranje bakra iz lesa.
- Postopek impregnacije ima lahko vpliv na izpiranje bakra, vendar pa se to ne odraža pri vseh vzorcih enako.
- Koncentracija bakra v pripravku nima bistvenega vpliva na delež izpranega bakra iz lesa, vendar pa je količina izpranega bakra pri vzorcih tretiranih s pripravkom z višjo koncentracijo bakra lahko tudi višja.

6 VIRI

- Eaton R.A., Hale M.D.C. 1993. Wood - decay, pests and protection. London, Chapman and Hall: 250 str.
- Evropski parlament in Svet evropske unije. 2012. Uredba (EU) št. 528/2012 o dostopnosti na trgu in uporabi biocidnih proizvodov, (L 167/1): 123 str.
- Humar M. 2006. Izpiranje baker-etanolaminskih pripravkov iz lesa. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 80: 111 – 118
- Humar M. 2009. Kako zaščititi les?
http://www.lesena-gradnja.si/html/img/pool/Kako_zaititi_les_Humar.pdf
(26. jun. 2016)
- Humar M. 2008. Adsorpcija baker-etanolaminskih zaščitnih pripravkov v les. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 85: 47 – 54
- Humar M., Pohleven F. 2005. Bakrovi pripravki in zaščita lesa. Les, 57: 57 - 62
- Humar M., Žlindra D. 2007. Impregnabilnost in izperljivost bakrovih zaščitnih pripravkov v odvisnosti od anatomske smeri lesa. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 84: 23 – 25
- Kitek Kuzman M. 2008. Gradnja z lesom- izziv in priložnost za Slovenijo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 309 str.
- Krapež D. 2011. Vpliv ekstraktivov na naravno odpornost jedrovine kostanjevine (*castanea sativa* Mill.). Diplomski projekt. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 49 str.
- Lesar B., Humar M., Oven P. 2008 Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. Les, 60, 11/12: 408 – 414
- Pavlič M., Mihevc V. 2001. Zaščita lesa pred vremenskimi vplivi. Les, 53, 1-2: 15 - 20
- Repič R. 2015. Poročilo praktičnega usposabljanja. Zaščita lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 21 str.
- SIST EN 350-2. Durability of wood and wood-based products – Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. 1995: 42 str.
- SIST EN 335-1/2. Durability of wood and derived materials – definition of hazard classes of biological attack – part 1 and 2. 1992: 13 str.

SIST ENV 1250-2. Zaščitna sredstva za les Postopki merjenja izgub aktivnih sestavin in drugih zaščitnih sestavin iz tretiranega lesa; 2.del: Laboratorijska metoda za pripravo vzorcev za določitev izgub z izpiranjem v vodo ali sintetično morsko vodo. 2004, 10 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Mihi Humarju za opravljeno mentorstvo, skrbno vodenje in pomoč pri delu,

somentorju dr. Nejcu Thalerju za pomoč pri delu in

recenzentu prof. dr. Francu Pohlevnu za opravljeno strokovno recenzijo.

Prav tako tudi delavcem v laboratoriju za zaščito lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniške fakultete v Ljubljani, za pomoč pri opravljanju laboratorijskega dela.

Posebna zahvala gre mojim najbližjim za potrpežljivost in podporo pri študiju.

Hvala tudi vsem, ki ste mi vlivali voljo izven zidov univerze in udobja doma.