

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav nauky o dřevě

Vliv impregnace dřeva hovězí krví na jeho odolnost
proti dřevokazným houbám

Bakalářská práce

2016/2017

Hana Remešová

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci Vliv impregnace dřeva hovězí krví na jeho odolnost proti dřevokazným houbám vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala všem, kteří mě podporovali během mých studií, v první řadě rodině a přátelům. Mému vedoucímu práce, Ing. Janu Baarovi, Ph.D., zejména za trpělivost. Mgr. Ditě Machové, Luděkovi Dvořákovi a Mgr. Tomáši Dostálovi, DiS. za pomoc při provádění experimentu.

Za důvěru pak kolektivu Ústavu nauky o dřevě, LDF MENDELU. Práce vznikla na tomto ústavu za podpory grantového projektu DG16P02M026 „Historické dřevěné konstrukce: typologie, diagnostika a tradiční opracování dřeva“, programu NAKI II, jehož poskytovatelem je Ministerstvo kultury.

ABSTRAKT

Jméno: Hana Remešová

Název práce: Vliv impregnace dřeva hovězí krví na jeho odolnost proti dřevokazným houbám

V minulosti se dřevo ve stavbách natíralo hovězí krví. Tato práce zkoumá účinnost takového ošetření dřeva proti dřevokazným houbám. Cílem teoretické části bylo shrnout a uspořádat dosažitelné informace o impregnaci dřeva hovězí krví. Prakticky testovány byly tři různé receptury na bázi hovězí krve proti houbám hnědé (*Poria placenta*) a bílé (*Trametes versicolor*) tlení. Ochrana dřeva proti dřevokazným houbám byla vyhodnocena podle normy ČSN EN 839 jako neúčinná. Účel natírání dřeva krví a možné využití v současnosti je třeba dále hledat.

Klíčová slova: ochrana dřeva, hovězí krev, dřevokazné houby, ochranné prostředky

ABSTRACT

Name: Hana Remešová

Title: The influence of wood preservation using cattle blood on its resistance against wood-decaying fungi

The wood in buildings used to be treated with cattle blood. This paper deals with efficiency of such wood treatment against wood-decaying fungi. The main goal of the theoretical part was to summarize and settle obtainable information about cattle-blood wood impregnation. There were three different recipes based on cattle blood practically tested against brown-rot fungi (*Poria placenta*) and white-rot fungi (*Trametes versicolor*). The wood protection against wood-decaying fungi was evaluated as ineffective according to the ČSN EN 839 standard. The reason for wood treatment with blood and possible use in presence are still to be found.

Key words: wood protection, cattle blood, wood-decaying fungi, wood preservatives

OBSAH

PROHLÁŠENÍ.....	2
PODĚKOVÁNÍ.....	3
ABSTRAKT	4
ABSTRACT.....	4
OBSAH.....	5
ÚVOD.....	7
CÍL PRÁCE	8
LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
Dřevo jako materiál	9
Dřevokazné houby	9
Působení dřevokazných hub	9
<i>Houby hnědého tlení</i>	10
<i>Houby bílého tlení</i>	11
<i>Houby měkkého tlení</i>	11
Výživa dřevokazných hub	11
Ochrana dřeva	13
<i>Modifikace buněčné stěny</i>	14
<i>Impregnace</i>	14
<i>Povrchová vrstva</i>	15
Historické ochranné prostředky	15
Současné ochranné prostředky.....	16
Alternativní řešení ochrany dřeva.....	17
Krev jako součást nátěrových prostředků.....	17
<i>Hovězí vs. vepřová krev</i>	17
<i>Další možné funkce krve v nátěrech</i>	18
<i>Receptury a jejich účinky</i>	19

Pokusy s nátěry hovězí krví v současnosti.....	19
MATERIÁL.....	22
METODIKA	23
Příprava vzorků.....	23
Příprava hub	24
Průběh testu.....	25
Vyhodnocení testu	26
VÝSLEDKY	27
Příjmy ochranné látky	27
Hmotnostní úbytky	27
<i>Borovicové vzorky</i>	27
<i>Bukové vzorky</i>	29
<i>Shrnutí</i>	30
DISKUZE	32
Použití norem.....	32
Hmotnostní úbytky	32
<i>Zatření čel</i>	32
<i>Účinek železa na houby hnědého tlení</i>	33
Změna tvaru	33
Vliv příměsí	33
Rozdíly mezi experimentem a praxí	33
Nestandardní kroky.....	34
ZÁVĚR	35
CITOVANÉ ZDROJE	36
SUMMARY	40

ÚVOD

Dřevo je materiál sloužící člověku po tisíciletí – ať už na stavby, nábytek, výrobky nebo jako palivo. Stejně jako ostatní přírodniny degraduje, rozkládají ho houby i hmyz, podléhá rozmarům počasí a může ho poničit oheň. Zvláště naše domácí dřeviny mají při nevhodných podmínkách krátkou životnost. Přirozenou snahou lidí je pak zvýšení trvanlivosti dřeva. Dnes je snadné sáhnout po již ošetřeném dřevu nebo po ochranném prostředku. Taková možnost ale dříve nebyla.

Ke koloběhu lidského života patří objevování a zapomínání. Mnoho znalostí a technik, které byly ve své době samozřejmé, je ztraceno nebo namáhavě znovuobjevováno. Úroveň řemeslného zpracování nebo provedení detailů starých mistrů nepřestávají překvapovat i dnes – v době, která sama sebe považuje za nejvyspělejší.

A v ledasčem snad i je. Dospěli jsme tak daleko, že zkoumáme, zda nové prostředky neublíží víc, než pomohou. Toxické látky jsou zakázány. Balancujeme na rozhraní účinnosti, ekologie a ekonomie. Kromě vývoje nových prostředků je možné ohlížet se i po těch starých, snad i zastaralých.

Kdekdo slyšel o tom, že naši předci používali jako jeden z nátěrových prostředků hovězí krev, případně směsi krev obsahující. Otázka je nasnadě – proč? Odpovědi se různí, nejčastější je ale prostě „to nevím“. Proč by někdo natíral dřevo krví? Snad pro ozdobu, snad jako ochranu před dřevokazným hmyzem nebo houbami. Právě tím, zda ochranné prostředky na bázi hovězí krve fungují proti dřevokazným houbám, se tato práce zabývá.

CÍL PRÁCE

Cílem práce je ověřit, zda jsou tradované ochranné prostředky na bázi hovězí krve účinné, co se ochrany proti dřevokazným houbám týká. Ověřování probíhá prakticky, zkoumá tři různé receptury aplikované formou povrchového nánosu na dvě různé dřeviny v porovnání s neošetřeným dřevem. Teoretickým cílem je vyhledat informace o historických recepturách s využitím hovězí krve a zhodnotit jejich použitelnost v současné době.

LITERÁRNÍ PŘEHLED

Dřevo jako materiál

Dřevo je organický materiál a nemá neomezenou životnost. Podléhá rozkladu působením atmosférických vlivů a rostlinných a živočišných organismů. U abiotických činitelů mluvíme zejména o působení vody, světla, větru nebo střídání teplot, biotické zastupují zejména dřevokazné houby a hmyz. Vzhledem k tomu, že organismy napadají zejména vlhké dřevo, je ochrana proti povětrnosti zároveň ochranou proti biotickému poškození. Degradací se snižuje jak pevnost dřeva, tak i další technicko-estetické vlastnosti a životnost dřeva jako materiálu používaného ve stavebnictví (Žák & Reinprecht, 1998).

Dřevokazné houby

Nejčastějšími škůdci dřeva jsou dřevokazné houby. Jedná se o organismy velmi provázané s prostředím, ve kterém se vyskytují. Svými životními procesy toto prostředí ovlivňují, mění jeho vlastnosti a strukturu (Rypáček, 1957). Spóry dřevokazných hub jsou všudypřítomné, pokud jsou v prostředí o patřičné vlhkosti a teplotě, na vhodném substrátu – jako například na dřevě – začnou růst a substrát rozkládat. Optimální růstová teplota se pohybuje mezi 18 a 35 °C, jako minimální vlhkost dřeva se udává 20 %, čemuž odpovídá relativní vlhkost vzduchu zhruba 80 % (Reinprecht, 2008). V takových podmínkách se dřevo ve stavebnictví vyskytuje, takže poskytuje dřevokazným houbám odpovídající podmínky pro růst.

Působení dřevokazných hub

Dřevokazné houby rozkládají dřevní hmotu, tím mění chemické a fyzikální složení dřeva a také jeho mechanické vlastnosti. Obecně je zranitelnější bělové dřevo, jádrové bývá díky přítomnosti extraktivních látek pro houby méně atraktivní. Různé druhy dřevokazných hub však preferují různé dřeviny. Jejich enzymatický aparát tvoří látky schopné depolymerizovat lignin a celulózu, tedy základní stavební složky dřeva. Některé houby produkují i pigmenty, díky nimž dochází ke znehodnocení zbarvením, nebo mykotoxiny, které mohou člověku způsobovat zdravotní potíže. (Žák & Reinprecht, 1998). Podle působení tedy rozlišujeme houby hnědého tlení (rozkládají celulózu a hemicelulózu), houby bílého tlení (rozkládají lignin, celulózu i hemicelulózu) a houby dřevozbarvující (Štefko & Reinprecht, 2004). Reinprecht (2008) také udává měkkou hnilobu.

Houby se do dřeva dostávají protrženými buněčnými stěnami dřevných paprsků a buněk na axiálních plochách na povrchu dřevných výrobků nebo poškozeného dřeva žijících stromů. Při počáteční fázi napadení se houba živí z vlastních zásob a z lehce rozložitelných uhlíkatých látek, které se vyskytují v lumenu. Dále se šíří dřevem lumeny buněk (Zabel & Morrel, 1992). Například u smrku je jejich postup daleko rychlejší v tenkostěnných jarních tracheidách než v tlustostěnných letních tracheidách. Mezi buňkami prochází skrz ztenčeniny, nebo pronikají přímo skrze buněčnou stěnu, kterou rozrušují enzymy vylučované na špičce hyfy. Enzymatického útoku na buněčné stěny ale nejsou schopny všechny druhy hub (Schwarze, 2007).

Houby hnědého tlení

Houby hnědého tlení rozkládají pouze polysacharidickou složku dřeva. S tím, jak ubývá celulóza, dřevo postupně červená až hnědne. Dochází k redukci objemu i váhy, dřevo praská kostkovitě (Rypáček, 1957). Charakteristický je rychlý rozklad S₂ vrstvy, S₃ vrstva a střední lamela bohatá na lignin rozkladu poměrně odolávají. Jen asi 6 % všech popsaných dřevokazných hub způsobuje hnědé tlení. Častěji rozkládá jehličnany (Gilbertson, 1980). Předpokládá se, že v prvotní fázi rozkladu je syntetizován peroxid vodíku, který společně s ionty železa proniká do buněčné stěny. Tu rozrušují, aby se do ní mohly dostat i (značně rozměrnější) enzym rozkládající celulózu (Koenigs, 1974). Houby hnědého tlení totiž postrádají některé z enzymatických aparátů hub bílého tlení, které by jim umožnily čistě enzymatický rozklad. Vzhledem k tomu, že hnědé hnilobě do značné míry odolávají parenchymatické buňky, objevují se myšlenky využití hub při určování letokruhů roztroušeně pórovitých hub pro dendrochronologické účely (Deflorio a kol., 2005).

Nejznámějším zástupcem je dřevomorka domácí (*Serpula lacrymans*). Roste již při nižších vlhkostech (18-20 %), dokáže si pomocí rozkladu polysacharidů zvlhčit prostředí až na 30-40 %. Houba dokáže prorůst i zdivem nebo maltou. Při sanaci je nutné odstranit všechny napadené části konstrukce včetně např. podlah nebo omítek a posléze napadené materiály zlikvidovat. Dalším zástupcem je koniofora sklepní (*Coniophora puteana*), která vylučuje do svého okolí látky, které umožňují růst dřevomorky. Trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*) rozkládá dřevo zevnitř, napadení není na první pohled patrné (Ptáček, 2009).

Houby bílého tlení

Houby bílého tlení rozkládají polysacharidickou složku dřeva i lignin. Dřevo měkne, drobí se a světlá. Redukuje se hmotnost, ale objem zůstává do velké míry zachován, dřevo se nerozpadá kostkovitě (Rypáček, 1957). Rozlišujeme selektivní a simultánní formu. Co se selektivní formy týká, lignin je rozkládán dříve než polysacharidy. Hyfy rostou buď v lumenech buněk, kde rozpouštějí lignin v okolní S₃ vrstvě, nebo pronikají buněčnou stěnou, depolymerizují střední lamelu a tím oddělují buňky od sebe. Na rozdíl od hnědé hniloby jsou parenchymatické buňky rozkládány poměrně záhy. Naopak libriformní vlákna, která silně podléhají degradaci hnědým tlením, jsou vůči bílému tlení celkem imunní. V případě simultánní formy bílé hniloby probíhá degradace v blízkosti hyf, které vytvářejí erozivní koryta. Spojování těchto koryt ústí v celkové ztenčování stěny buňky (Liese, 1970 cit. podle Schwarze, 2007). Simultánní bílá hniloba typicky napadá listnaté dřeviny, jehličnatým se vyhýbá. Mohlo by to být způsobeno extrémně odolnou S₃ vrstvou tracheid u jehličnanů, která brzdí degradaci. Mikročástice způsobující hnědou hnilobu dokáží S₃ vrstvou tracheid jehličnanů prodífundovat (Schwarze, 2007).

Outkovka pestrá (*Trametes versicolor*) se vyskytuje zejména v exteriéru, plodnice bývají shora barevné. Používá se při zkoušce preventivní účinnosti proti dřevokazným houbám ČSN EN 113 ve třídě ohrožení 3. Dalšími zástupci jsou klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*) nebo pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*). U obou se vyskytuje povrchové mycelium jen výjimečně (Ptáček, 2009).

Houby měkkého tlení

Houby měkkého tlení napadají především dřevo na rozhraní mezi půdou a vzduchem. Jedná se typicky o více druhů hub, které rozkládají všechny složky dřeva (Ptáček, 2009), i když polysacharidy jsou rozkládány více než lignin. Nazývá se měkkým tlením kvůli houbovité textuře na povrchu dřeva. Měkká hniloba vytváří dutiny v S₂ vrstvě buněčné stěny (Savory, 1954). Z hyfy v lumenu se oddělí jemná hyfa, která je schopná proniknout S₃ vrstvou do S₂ vrstvy bohaté na celulózu, kde se typicky větví nebo zatáčí a roste dál uvnitř buněčné stěny. Po rozvětvení se růst hyfy zastaví, vzniká kavita, při jejímž rozšiřování se hyfa ztlušťuje. Po této fázi opět následuje apikální růst, rozvětvení a celý proces se opakuje. Výsledkem je série dutin (Hale & Eaton, 1985 podle Schwarze, 2007).

Výživa dřevokazných hub

Houby jsou heterotrofní organismy, nedokáží syntetizovat uhlík ze vzdušného oxidu uhličitého. Získávají ho z organických látek, které štěpí svými enzymy (většina

organických látek je vodou nerozpustná) na jednoduché cukry, popřípadě napadnou již částečně degradované dřevo.

Dalším významným prvkem ve výživě hub je dusík. Schwarze (2007) uvádí, že dřevo je zdroj uhlíku principiálně náročný na rozklad, protože obsah dusíku (vzhledem k obsahu uhlíku) je malý. Dusík se účastní syntézy chitinu, bílkovin i enzymů. Zvýšený obsah dusíku vede ke zvýšení aktivity houby, nedostatek je naopak pro růst limitující. Podle výsledků výzkumu Humara a Pohlevena (2005) umožnilo přidání kukuřičného výluhu (obsahujícího dusík) větší aktivitu růstu dřevokazných hub citlivých na měď na substrátech obsahujících měď. Naopak u hub běžně měď tolerujících se růst zpomalil. Tolerance hub vůči mědi je spojována s produkcí kyseliny šťavelové, která s mědí reaguje za vzniku nerozpustného oxalátu měďnatého a snižuje pH (Clausen & Frederick, 2003; Young, 1961). Prostředky na bázi mědi jsou běžně používány jako fungicidy, přesto je ale měď ve stopovém množství spolu s vápníkem, fosforem, manganem, draslíkem nebo železem pro život houby nezbytná (Reinprecht, 2008).

Vápník je součástí střední lamely, také se váže s pektinem. Jednou z metod, které houby používají pro rozklad pektinu, je vytvoření kyseliny šťavelové, která sníží okolní pH a naváže ionty vápníku (Schwarze, 2007). Schopnost některých hub importovat vápník by mohla sloužit k přeměně kyseliny šťavelové na šťavelan vápenatý – samotná kyselina šťavelová překáží regulaci pH. Šťavelan vápenatý vytváří komplexy se železem, které tím uvolňuje z jinak nerozpustných forem. Schilling a Jellison (2007) dokázali vztah mezi produkcí krystalů šťavelanu vápenatého a extrakcí Ca^{2+} z látek obsahujících vápník, ale nezaznamenali změnu pH ani změnu úbytku váhy. Schilling a Bissonnette (2008) uvádějí, že získaný vápník může pomáhat regulovat kyselost prostředí.

Železo má zásadní roli při depolymerizaci celulózy. Ionty železa reagují s peroxidem vodíku za vzniku hydroxylových radikálů, které následně rozkládají celulózu – probíhá tzv. Fentonova reakce (Goodell a kol., 1997). Při splněných podmínkách (poměr Fe^{3+} k chelatačním¹ sloučeninám) vede zvýšení obsahu železitých iontů ke zvýšení degradace (Xu & Goodell, 2001). Produkcí kyseliny šťavelové snižuje hyfa pH svého okolí až na 2. V tak kyselém prostředí železnatý iont nereaguje s peroxidem vodíku. Až když prodifunduje do vzdálenějších míst, kde je pH vyšší a jeho reaktivita vůči peroxidu vodíku vzroste, vzniká šťavelan železnatý a probíhá oxidace H_2O_2 . To znamená, že

¹ Chelatace – vazba organické sloučeniny na kationt (typicky kov)

ke vzniku radikálů dochází až ve větší vzdálenosti od hyfy, která se tím vyhýbá vlastnímu poškození (Hyde & Wood, 1997).

Ochrana dřeva

V rámci ochrany dřeva by se mělo primárně uvažovat o ochraně konstrukční, to znamená o vhodném dimenzování, opracování, umístění a zastřešení dřevěných prvků. Zásadní je také výběr dřeviny – tak, aby druh byl přiměřeně přirozeně odolný vůči prostředí, v němž se má vyskytovat.

Podle ČSN EN 1995-1-1 má mít dřevo v konstrukci přiměřenou vlastní trvanlivost podle ČSN EN 350-2 pro odpovídající třídu použití (definovanou v ČSN EN 335-1,2) nebo musí být chráněno podle požadavků ČSN EN 351-1 a ČSN EN 460.

Tabulka 1: Třídy použití, dle ČSN EN 335-1,2 pro rostlé dřevo v ČR

Tř. použ.	Všeobecné podmínky používání (expoze dřeva)	Popis vystavení účinku vlhkosti v provozních podmínkách	Výskyt biotických činitelů
1	interiér, zakryté	sucho max. 20 %	dřevokazný hmyz
2	interiér nebo zakryté	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
3	3.1 exteriér, bez styku se zemí, chráněné	příležitostně > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby
	3.2 exteriér, bez styku se zemí, nechráněné	často > 20 %	
4	4.1 exteriér, v kontaktu se zemí a/nebo sladkou vodou	převážně nebo trvale > 20 %	dřevokazný hmyz, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu
	4.2 exteriér, v kontaktu se zemí (zcela) a/nebo sladkou vodou	trvale > 20 %	
5	v mořské vodě	trvale > 20 %	dřevokazný hmyz v částech nad vodou, dřevozbarvující houby, dřevokazné houby, houby způsobující měkkou hnilobu, mořští škůdci dřeva

Tabulka 2: Klasifikace přirozené trvanlivosti proti dřevokazným houbám dle ČSN EN 350-1,2

Třída trvanlivosti	Popis
1	velmi trvanlivé
2	trvanlivé
3	středě trvanlivé
4	slabě trvanlivé
5	netrvanlivé

Pozn.: Klasifikace přirozené trvanlivosti se týká pouze jádrového dřeva, běl všech dřevin se uvažuje s třídou trvanlivosti 5.

Pokud je z nějakého důvodu nutné zvolit náchylnější dřevinu, přichází ke slovu chemická ochrana. Ta spočívá v pokrytí nebo v penetraci dřeva nátěrovými hmotami, které chrání dřevo před povětrnostními vlivy, biotickými škůdci nebo fungují jako retardér hoření, případně před kombinací těchto rizik (Žák & Reinprecht, 1998).

Ochrana dřeva proto typicky spočívá v jedné z těchto tří strategií: modifikace buněčné stěny, impregnace nebo povrchová vrstva (Ramage a kol., 2017).

Modifikace buněčné stěny

V zásadě se dělí na termální modifikaci nebo chemickou modifikaci. Při termální modifikaci je dřevo vystaveno vysoké teplotě, mění se jeho chemické složení, zvyšuje se rozměrová stabilita a odolnost proti napadení, naopak se snižuje pevnost v ohybu a v tahu (Esteves a kol., 2008). Naopak pevnost v tlaku se zvyšuje díky změnám ve stavbě ligninu (Boonstra a kol., 2007). Při chemické modifikaci se reaktanty váží na hydroxylové skupiny, čímž trvale mění molekulární strukturu dřeva. Příkladem je Accoya® wood, kde jsou hydroxylové skupiny nahrazeny hydrofobnějšími acetylovými skupinami. Kromě trvanlivosti a rozměrové stability je takto modifikované dřevo obdobně dobře odbouratelné jako dřevo neupravované (Hill, 2006).

Impregnace

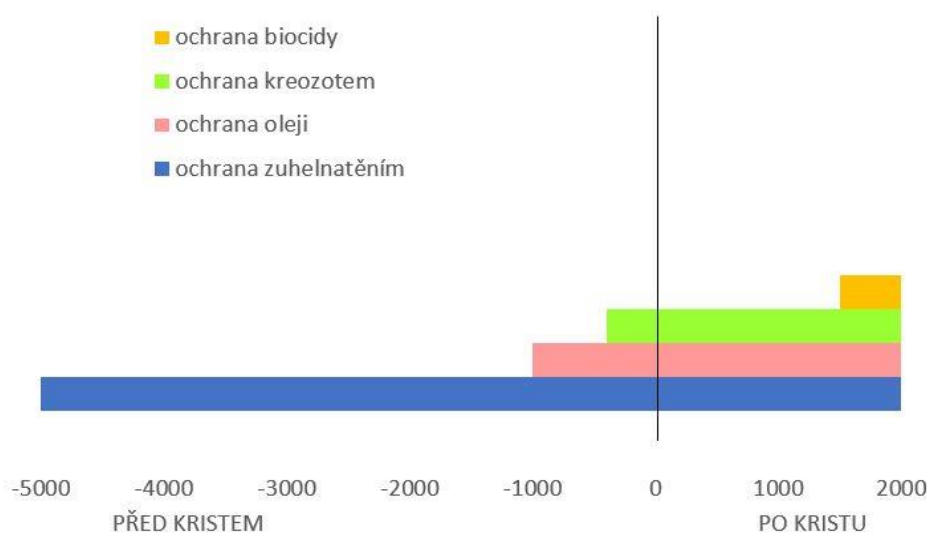
Spočívá v proniknutí chemikálie do buněčné stěny nebo lumenu. Jedná se o pasivní strategii, nemění chemickou strukturu dřeva. Lze vyplnit lumény buněk nějakou látkou a tím zvýšit její nepropustnost, hustotu a odolnost proti škůdcům (furfurylované dřevo), nebo využít toxicity impregnačních látek vůči škůdcům. Fungicidní a insekticidní látky jsou ale často toxické i vůči životnímu prostředí. Používání některých z nich je proto omezováno (viz Současné ochranné prostředky) (Hill, 2006).

Povrchová vrstva

Slouží jako fyzická bariéra mezi dřevem a okolním prostředím. Kromě ochrany dřeva má také estetickou funkci, je poslední operací, která se na dřevěném výrobku provádí. V případě porušení (praskliny, trhliny) její ochranná funkce selhává (Štefko & Reinprecht, 2004).

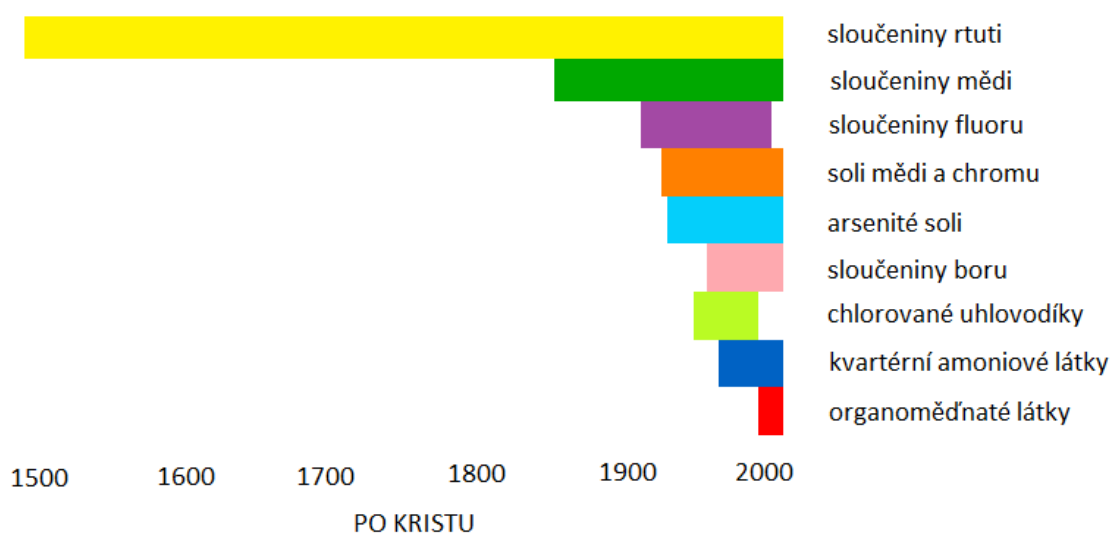
Historické ochranné prostředky

Vývoj ochrany dřeva a používání biocidů zobrazují Obrázek 1 a Obrázek 2.



Obrázek 1: Vývoj používání ochranných prostředků

Zdroj: autor, upraveno podle Pallaskeho, 2004



Obrázek 2: Vývoj používání biocidů

Zdroj: autor, upraveno podle Pallaskeho, 2004

Snaha dřevo chránit před nepříznivými vlivy existuje odpradávná. Už 2000 let př. n. l. byly na ochranu dřeva využívány přírodní oleje. Dřevo se opalovalo, uchovávalo ve slané vodě², povrchově upravovalo olejem, dehtem nebo smůlou. Starověká literatura zmiňuje vhodná období a měsíční fáze pro kácení dřeva. O problému s loděmi, které po útoku škůdců vypadají jako voštiny, se zmiňuje Kolumbus. V 15.–17. století je zmiňováno používání chloridu rtuťnatého nebo kyseliny borité (Unger a kol., 2001). V 19. století se rozvíjela ochrana dřeva zejména kvůli nutnosti prodloužit životnost dřeva lodí. John Bethell v roce 1838 patentoval metodu pro tlakovou aplikaci kreozotu pro impregnaci dřeva na stavbu lodí. V této době byly také patentovány ochranné prostředky na bázi chloridu rtuťnatého, síranu měďnatého nebo chloridu zinečnatého. Další snahy se spíše soustředily na rozvoj a vylepšení již funkčních prostředků než na objevování nových. Patentována byla například kombinace kreozotu a chloridu zinečnatého, nebo metoda, při které se po impregnaci část kreozotu zase dostane ven ze dřeva (Weiss, 1915).

Současné ochranné prostředky

Ochranné prostředky můžeme rozdělit na baktericidní, fungicidní, insekticidní, proti ohni nebo atmosférické korozi.

Fungicidní prostředky dělíme na anorganické a organické, přičemž anorganické bývají vodorozpustné, buď vyluhovatelné nebo fixované ve dřevě. Účinnou složkou je nezářivka měď, která rozkládá enzymy hub, případně bor. Pokud ale měď nebo bor nejsou ve směsi s fixační látkou, můžou se vyplavovat. Jako fixační látky byly používány například arsen nebo chrom, kvůli toxicitě jsou ale dnes tyto látky zakázané (Reinprecht, 2016). Thevenon a kol. (1997) kombinovali albumin (jako fixační složku) s látkami na bázi boru, podařilo se jim vyplavování boru zásadně omezit. Obdobně Polus-Ratajczak a Mazela (2004) zkoušeli použít krevní proteiny jako fixátor mědi. Dokázali, že kombinace síranu měďnatého a krevních proteinů vede k výrazně menší vyluhovatelnosti. Reinprecht (2010) uvádí, že do budoucna nelze čekat nové ochranné prostředky na bázi těžkých kovů, jejichž používání je už dnes limitované.

Organické fungicidy jsou založeny typicky na:

- kreozotu,
- syntetických sloučeninách,

² Komorowitz a kol. (2017) provedli výzkum, kdy bylo dubové dřevo po několika let máčeno v moři. Výsledky mimo jiné ukazují zvýšenou náchylnost na napadení dřevokaznými houbami.

- přírodních sloučeninách.

Velkým problémem některých syntetických ochranných prostředků je jejich toxicita. Kreozot obsahuje látky s karcinogenním účinkem na organismus (Reinprecht, 2016). Pentachlorfenol (používán v 2. pol. 20. stol.) je toxický pro vodní organismy (Barnes, 2002). Výsledky testů v oblastech poblíž továren ošetřujících dřevo kreozotem a pentachlorfenolem prokázaly zvýšené znečištění půdy, vody i vzduchu, stejně jako zvýšený obsah dioxinů chloru v krvi lokálních obyvatel (Dahlgren a kol., 2003; Dahlgren a kol., 2011; Coronas a kol., 2016). Použití těchto látek se začíná omezovat. V poslední době roste tlak na používání ekologicky šetrných ochranných prostředků.

Alternativní řešení ochrany dřeva

Je vedena řada výzkumů na téma ekologických prostředků na ochranu dřeva. Dost pozornosti se věnuje olejům a extraktům. Rostlinné deriváty se užívají odedávna, ale jejich význam klesl s vývojem syntetických ochranných prostředků. V současné době se na ně ale opět upírá pozornost kvůli snaze vrátit se k organickým biocidům (Singh & Singh, 2012). Wang a kol. (2005) zkoumali fungicidní účinky esenciálních olejů listů skořicovníku a ohodnotili je jako vysoce funkční. Autoři doporučují studium mechanismů odolnosti vysoce odolných dřevin a snahu o aplikaci těchto mechanismů do praxe ochrany dřeva. Medeiros a kol. (2016) se věnovali esenciálním olejům dvou savanních dřevin, *Lippia origanoides* Kunth a *Lippia lacunosa* Mart. & Schauer. Oleje obou rostlin prokázaly fungicidní vlastnosti, v některých koncentracích dokonce větší než průmyslový fungicid. V případě extraktů z teaku s použitím ethanolu bylo dosaženo značného posunu třídy trvanlivosti ošetřeného dřeva (Brocco a kol., 2017). Humar a Lesar (2013) zkoumali olej ze lněných semínek a tungový olej – nejen že jsou tyto oleje hydrofobní, ale u obou potvrdili fungicidní účinky proti houbám bílého i hnědého tlení.

Krev jako součást nátěrových prostředků

Hovězí vs. vepřová krev

V české stavební historii (podle Čobana (2016) ve střeoevropské, ovlivněné německou hrázděnou architekturou) se traduje využívání hovězí krve (Ebel, 2016), názory na pravdivost této informace i na účinek se liší. Na jednu stranu se řeší rozdíl mezi obecně hovězí a býčí krví (Žáček, 2014; Pikula, 2017), na druhou stranu se zpochybňuje, zda se vůbec hovězí krev liší účinky od krve například černé zvěře (důvod k používání krve hovězí je pak právě v dostupnosti oproti krvi divoké zvěře – Sluka, 2014). Dalším

možným důvodem je vyšší tučnost vepřové krve oproti krvi hovězí, některé receptury z Německa ale vepřovou krev uvádí. Otázkou je tučnost krve tehdejších a současných vepřů, podle historických obrazových zdrojů byla konstituce prasat v minulosti rozdílná od dnešní (Čoban, 2016). Podle vzpomínek Janka (2017) se u nich v hospodářství používala prasečí krev na nátěry stropů kvůli ochraně proti červotoči. Pikula (2017) uvádí, že trámy domu z roku 1899 jsou natřené býčí krví jako ochrana proti dřevokaznému hmyzu. Existuje ale i názor, že krev nemohla být běžným nátěrovým prostředkem z důvodu nedostupnosti krve pro nižší vrstvy (Urbánek, 2014). Dvořák (2017) tvrdí, že v praxi nezaznamenal rozdíl mezi volskou, býčí a kravskou krví. Války (2006) zmiňuje krev se solí jako konzervační prostředek při natírání stropních trámů.

Další možné funkce krve v nátěrech

Podle Schießla (1981) sloužila krev v nátěrových hmotách převážně k pigmentaci – pokud v nich vůbec byla obsažena. Tvrdí, že „volská krev“ je označení barvy, podobně jako třeba „noční modř“. Především se podle něj však krev vyskytuje v nátěrových hmotách jako pojivo, účinkuje tak díky vysokému obsahu bílkovin. Bílkovina albumin, který je součástí krevních bílkovin, se vyskytuje také ve vaječném bílku nebo v odtučněném mléce či tvarohu, připisuje se mu pojivá funkce. Nátěrová hmota, ať už z odtučněného tvarohu nebo z krevního séra, se musí velmi rychle zpracovat. Jakmile začne zavánět, znamená to, že bílkoviny zahnívají a hmota již není vhodná k nanášení. Při pokusech vznikly různé odstíny, od slonovinové (poměr krve k bažinnému vápnu 1:100) po zelenou (poměr 1:10). Schießl (1981) dále uvádí, že podle Florina (1722) lze natřít dřevěné sochy vápnem a volskou krví, po přetření fermeží získají vzhled kamene.

Podle Čobana (2016) je ochranná funkce hovězí krve nepravděpodobná, spíše se jedná o estetickou záležitost. Vápno je ve směsi kvůli reakci s krevními bílkovinami (případně s kaseinem, pokud se jedná o tvaroh nebo mléko), vytváří spolu nerozpustnou sloučeninu. Vápno samotné hůř drží na površích. V případě použití kaseinu má směs vyšší tvrdost a menší pórovitost. Žluč, případně čpavek, má sloužit ke snížení povrchového napětí, a tedy k lepší emulgaci. Čoban uvádí, že tyto nátěry měly zcela jiný podklad, než je tomu dnes, povrch ošetřovaného dřeva byl zpravidla hoblovaný nebo tesaný, těžila se kvalitnější surovina, která se pak nezřídka plavila (a tím máčela), případně byla uložena ve hnoji (také Mlázovský, 2008 a Sluka, 2014). Konstrukce se nenatírala okamžitě, mezi samotnou stavbou a nátěrem probíhaly další technologické vstupy.

Receptury a jejich účinky

Kučerová a Novotný (2000) uvádějí podle Ušáka (1995) kombinaci krve a žluči jako ochranný prostředek používaný k petrifikaci dřeva, jako prostředek k patinování pak podle Šujanové a Mirzové (1981). Dále uvádějí podle Liptákové a Sedlačíka (1989) nátěr dřeva krví zředěnou vodou s přídatkem hašeného vápna. Losos (2000) udává, že hovězí krev není zmíněna v žádném z klasických historických receptářů zabývajících se úpravou a ochranou dřeva, s výjimkou Wenzela (1912), který ji zmiňuje jako běžné pojivo pro pigmenty. Autor se domnívá, že se jednalo o zpevňující a estetický nátěr, uvádí použití nátěru hovězí krví na dřevěných prvcích mlýna, které vyžadovaly vysokou tvrdost a hladký povrch. Uvádí recept ze 4 dílů krve a 1 dílu vápenné vody, jako protipožární pak nátěr ze 4 dílů vápenného mléka a 2 dílů volské krve. Tesařský nábytek se pak prý upravoval voskem, resp. roztokem voskového mýdla (praktické pokusy p. Sluky (2014) ukazují, že nátěr samotným voskem je neproveditelný). Reakce mírně alkalické krve s vápenným hydrátem vede ke vzniku silně pojivé sloučeniny (obdobně reaguje s hydroxidem vápenatým kasein z tvarohu). Této skutečnosti se údajně využívalo k výrobě umělých hmot za 1. světové války, k lepení překližek a k tmelení dřevěných i kamenných podlah (Fröde, 1910) : „Bílek nebo hovězí krev se rozmíchá se čtyřmi díly čerstvého tvarohu, přidá se jeden díl práškového nehašeného vápna, vše se dobře promíchá a ihned čerstvé zpracuje.“

Pokusy s nátěry hovězí krví v současnosti

Vokoun (2008) vyzkoušel několik receptur a jako nejvhodnější doporučuje směs hovězí krve a vápenné vody v poměru 1:1, a to jak pro exteriér, tak pro interiér. Zdůrazňuje význam míchání hovězí krve při ochlazování, potřebu čerstvé vápenné vody bez vápenného mléka a ruční opracování ošetřovaných prvků.

Praktický nátěr hovězí krví zkusili v Regionálním muzeu ve Vysokém Mýtě, tam ale tento postup zavrhli (Urbánek, 2014). V humpoleckém skanzenu použili kombinaci krve a soli (Žáček, 2014). Hrdina (2014) zmiňuje recept obsahující 3 díly hovězí krve míchané za tepla s jedním dílem vápenné vody. Takto připravený nátěr má po uzrání tvořit vodou v podstatě nerozpustný film. V obci Lopeník natřeli dubovou rozhlednu samotnou krví, zplesnivěla (Sluka, 2014). Dlouhodoběji se nátěry z hlediska zabarvení zabývá restaurátor pan Sluka. Využívá krev z divokých prasat, dosáhl různých odstínů hnědé a žluté.

V rámci projektu NAKI II se nátěry krví zabývají ve Valašském muzeu v přírodě v Rožnově pod Radhoštěm. Již proběhlé pokusy se zabývaly zejména barevností a použitelností různých receptur. Prakticky vyzkoušené receptury jsou následující:

- 200 ml hovězí krve
¾ lžíce sebraný vápenný škraloup utvořený na vápenné vodě
5 ml žluči
 - poměr hašeného vápna a vody – jako na líčení, odstáté
 - použitelné ještě další tři dny
- 200 ml hovězí krve
12 ml vápenného mléka
5 ml žluči
 - poměr hašeného vápna a vody – jako na líčení, zamíchané
 - nutné zpracování do 5 hodin
- 1500 ml hovězí krve
60 ml kaseinu (vápenný maz a tvaroh)
bílek z jednoho vejce
 - vápenný maz se tře s tvarohem, dokud se tvaroh nerozpustí
 - směs vydrží použitelná další týdny až měsíce
- 400 ml hovězí krve
50 ml odtučněného mléka
20 ml žluči
20 ml vápenného mazu
 - lze dosáhnout různých barevných odstínů, od červené přes hnědou až k zelené (viz Obrázek 3)
 - možné dotáhnout až do formy, kdy funguje jako lepidlo
 - nutné zpracovat do 3 hodin



Obrázek 3: Barevné odstíny nátěrů na bázi hovězí krve

Zdroj: Luděk Dvořák, 2017

Pokusně byla natřena třeba moučnice nebo dřevěný strop nově zbudované hospodářské usedlosti strážnického skanzenu.



Obrázek 4: Strop před natřením a po natření recepturou na bázi krve

Zdroj: Tomáš Dostál, 2017



Obrázek 5: Moučnice natřená recepturou na bázi krve

Zdroj: autor

MATERIÁL

Z přirozeně vysušeného bukového (*Fagus sylvatica* L.) a bělového borovicového (*Pinus sylvestris* L.) dřeva byly vymanipulovány vzorky o rozměrech 15×25×50 mm bez vad. Celkově se jednalo o 100 vzorků, po 10 vzorcích z každého z pěti prken dané dřeviny (označení vzorků je 1–50 pro borovicové dřevo, 51–100 pro bukové, označení prken je BO1–BO5 a BK1–BK5, kdy vzorky 1–10 jsou z prkna BO1, 11–20 z prkna BO2 atd.). Důvodem pro takové rozčlenění je snaha o obdobnou variabilitu vzorků v každé skupině.

Jako ochranný prostředek byly použity tři různé receptury obsahující hovězí krev, a to:

- A) čistá hovězí krev, vymíchaná do studena
- B) do studena vymíchaná hovězí krev, odtučněné mléko, vápenný maz a žluč v poměru 400:50:20:20 ml

Vápenné mléko je poměr vápna a vody jako na líčení, ne odstáté, ale zamíchané. Odtučněné mléko se rozmíchá s vápnem a krví, na závěr se přidá žluč. Směs byla zhruba po 3 hodinách od výroby dále nezpracovatelná.

- C) do studena vymíchaná hovězí krev a kasein (vápno, tvaroh a amoniak) v poměru 1500:60 ml, bílek z 1 vejce

Jemně utřený vápenný maz se tře s odtučněným tvarohem, dokud se tvaroh nerozpustí, pak se přidá malé množství čpavku. Rozetřená hmota se vmíchá do krve, přidá se bílek, který se rozmíchá.



Obrázek 6: Míchání krve

Zdroj: autor



Obrázek 7: Máčení vzorků v krvi

Zdroj: autor

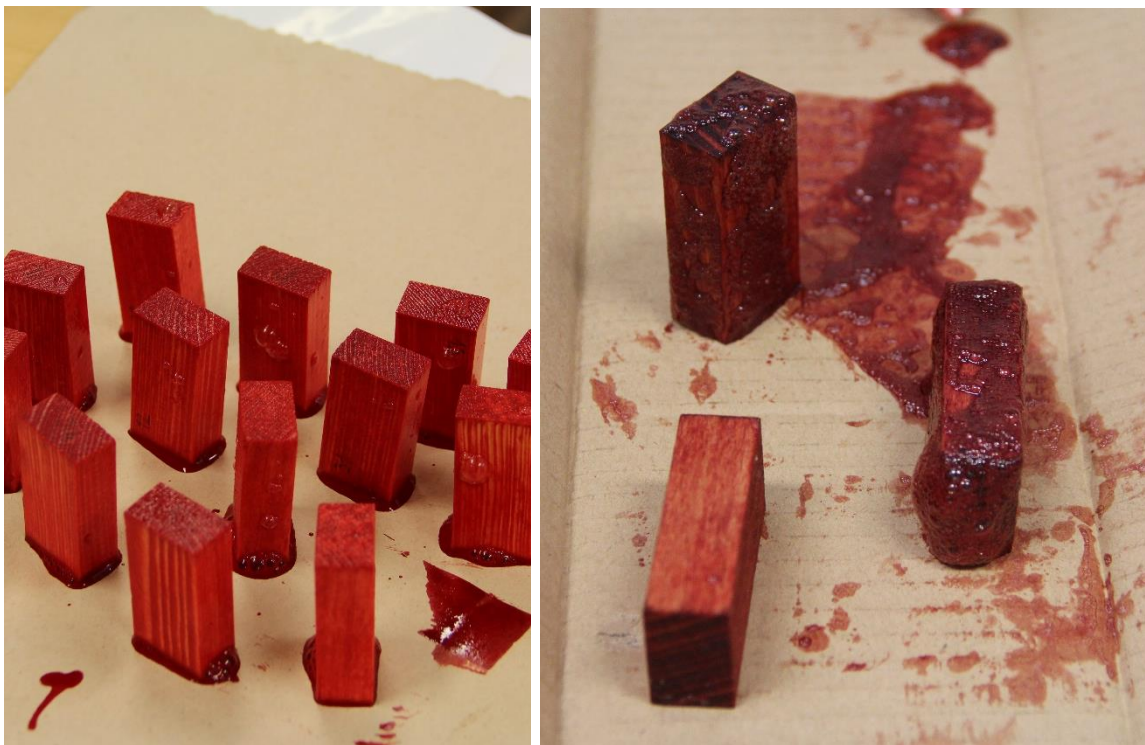
METODIKA

Experiment probíhal podle normy ČSN EN 839 Ochranné prostředky na dřevo – Stanovení preventivního účinku proti dřevokazným houbám Basidiomycetes – Aplikace ošetření povrchu.

Příprava vzorků

Vzorky byly vysušeny a byla zjištěna jejich nulová hmotnost (m_0). Poté se vzorky klimatizovaly na standardní podmínky (20 °C, 65%).

Nanášení nátěrové hmoty probíhalo v konzervačním oddělení Valašského muzea v přírodě ve Frenštátě pod Radhoštěm. Každá z receptur byla použita na 30 vzorků, po 15 z každé dřeviny. Látka byla aplikována máčením po dobu 20 min. Poté byly vzorky vyjmuty a po lehkém osušení zváženy (m_1). Vzorky poté byly uloženy v standardních podmínkách (20 °C, 65%). Po měsíci byly vzorky znovu zváženy, poté byla čela zatřena dvěma vrstvami epoxidu. Po zaschnutí byly vzorky znovu zváženy i s vrstvami epoxidu.

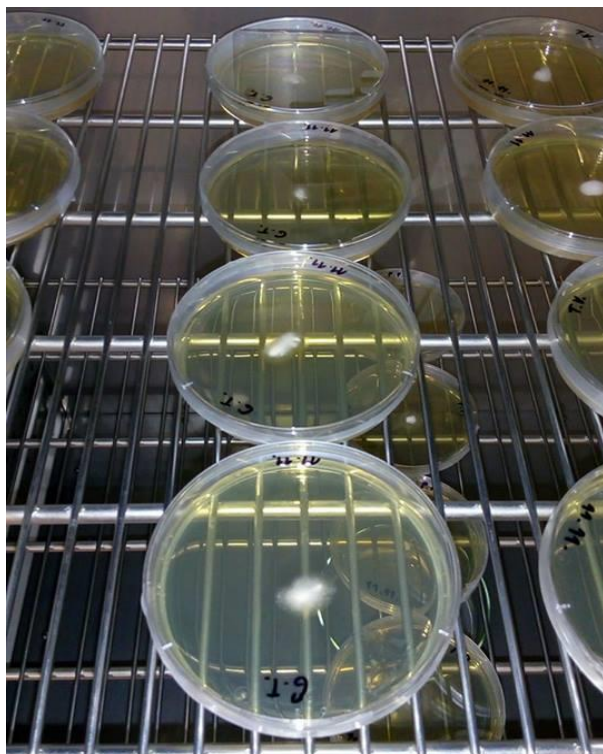


Obrázek 8: Osychání vzorků po máčení. Vlevo receptura A, vpravo receptura B

Zdroj: autor

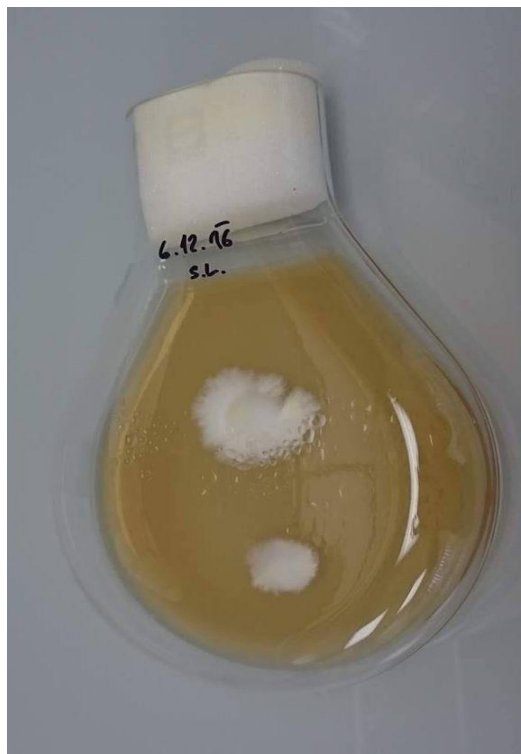
Příprava hub

Kvůli nemožnosti pracovat v Laboratoři ochrany dřeva ve Výzkumném centru v Útěchově byla veškerá práce s dřevokaznými houbami prováděna v Laboratoři výzkumu degradace a ochrany materiálů Centra Excelence Telč Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, v. v. i. Jako zkušební houby byly zvoleny outkovka pestrá (*Trametes versicolor*, BAM 116) pro buková tělíska a pórnatka placentová (*Poria placenta*, BAM 113) pro borovici. Živnou půdu tvořil sladový agar, a to konkrétně Malt Extract Agar Base (w/Mycological Peptone) v poměru 1:20 s destilovanou vodou. Agar byl rozpuštěn ve vodě, pak se vařil v autoklávu (Tuttnauer, 2540MK) po dobu 20 min při 115 °C. Uvařený agar byl zhruba po 15-20 ml rozlit do kultivačních misek. Po vychladnutí kultivačních misek byly na agar naočkovány houby. Očkování probíhalo v laminárním boxu. Misky byly uzavřeny víčkem a utěsněny přelepením spáry Parafilmem. Utěsněné a popsané misky s rozočkovanými houbami byly umístěny do inkubátoru, který udržoval teplotu na 20 ± 2 °C a vlhkost 70 ± 5 %.



Obrázek 9: Utěsněné misky s rozočkovanými houbami v inkubátoru

Zdroj: autor



Obrázek 10: Kolleho baňka s naočkovanou houbou

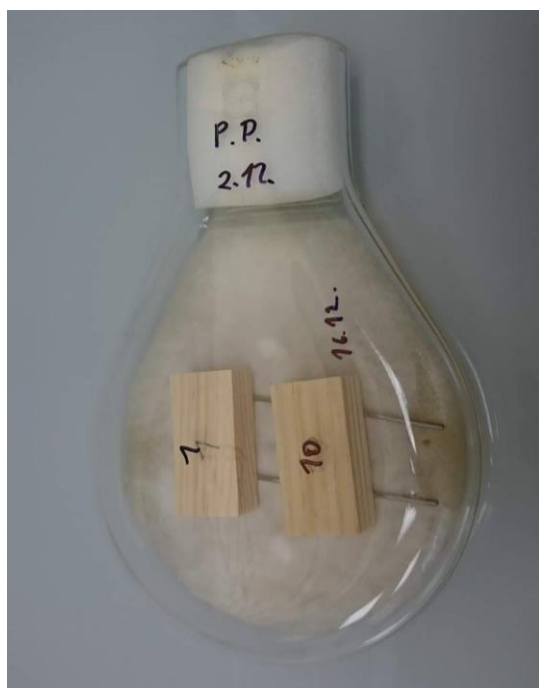
Zdroj: autor

Po rozrostení byly houby přeočkovány do Kolleho baněk. Do nich byl nalit uvařený agar, byly sterilizovány a v horizontální poloze se nechaly vychladnout. Na povrch ztuhlého

agaru se poté pokládaly vždy dva kousky mycelia. Takto naočkované baňky byly vloženy do inkubátoru se stálými podmínkami (20 ± 2 °C a vlhkost 70 ± 5 %).

Průběh testu

Po pokrytí celé plochy živné půdy v baňce myceliem houby se na povrch mycelia položily sterilizované kovové podložky, na které se umístily vždy dva ošetřené a jeden kontrolní vzorek – tyto kontrolní vzorky jsou dále označovány jako referenční. Několik kontrolních vzorků bylo umístěno do baněk bez ošetřených vzorků, sloužily pro kontrolu virulence hub, tyto jsou dále označeny jako virulenní vzorky. Činnost probíhala ve sterilním prostředí laminárního boxu. Kultivační baňky byly poté uzavřeny polyuretanovými zátkami, popsány a vloženy do inkubátoru, kde byly za teploty 22 ± 2 °C a relativní vlhkosti 70 ± 5 % ponechány po 16 týdnů. Část vzorků nebyla vystavena působení hub, aby mohl být spočítán korekční koeficient.



Obrázek 11: Vzorky v Kolleho baňce po vložení

Zdroj: autor

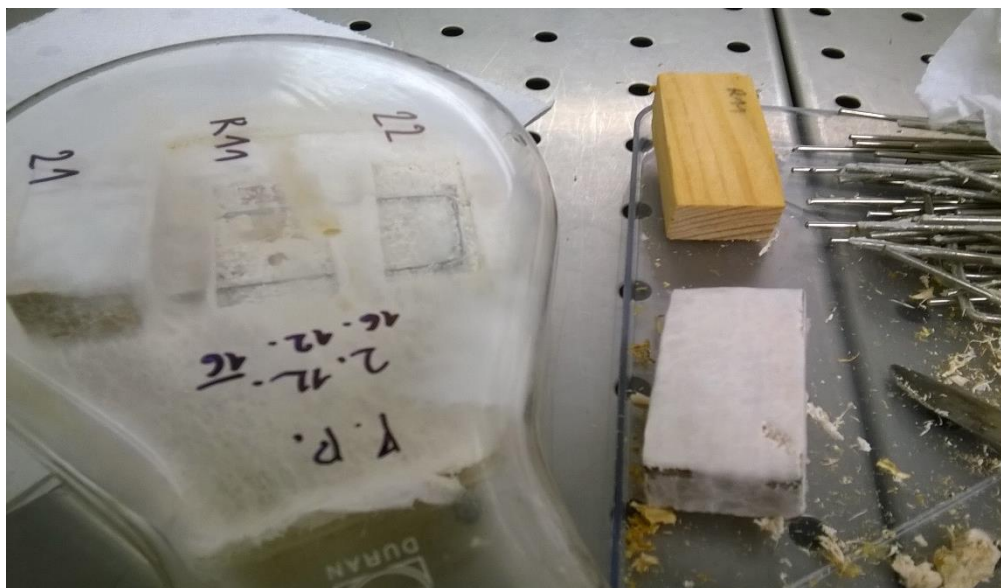


Obrázek 12: Vzorky v Kolleho baňce po 16 týdnech, porostlé myceliem

Zdroj: autor

Po vyjmutí byly všechny vzorky pečlivě očištěny od přichyceného mycelia a zváženy (m_2). Po vysušení v sušárně při 103 ± 2 °C na nulovou hmotnost byla tělíska opět zvážena (m_3). Byla vypočítána vlhkost jako rozdíl těchto hmotností ($m_2 - m_3$) v poměru k nulové hmotnosti (m_3). Pro každý vzorek byl vypočítán hmotnostní úbytek ($m_0 - m_3$) jako procento počáteční hmotnosti absolutně suchého dřeva (m_0). Ošetřené kontrolní vzorky,

které nebyly vystaveny působení hub, ale byly celou dobu v obdobném prostředí jako experimentální vzorky, byly vysušeny na nulovou hmotnost a zváženy (m_4).



Obrázek 13: Vzorek před očištěním a po očištění mycelia

Zdroj: autor

Vyhodnocení testu

Byl vypočítán korekční koeficient zohledňující váhový přírůstek způsobený nanesením ochranného prostředku a epoxidu na vzorky. Váhový přírůstek je rozdíl mezi vysušeným neošetřeným dřevem (m_0) a vysušeným ošetřeným dřevem bez působení dřevokazných hub (m_4). Tento koeficient je průměrem procentuálních vyjádření váhových přírůstků ($m_4 - m_0$) jednotlivých kontrolních vzorků k neošetřeným vysušeným kontrolním vzorkům (m_0). Korekční koeficient byl poté přičten k jednotlivým úbytkům váhy experimentálních vzorků. Z těchto korigovaných úbytků byl poté získán průměrný korigovaný úbytek každé ze šesti sad (dřevina–receptura: BO–A, BO–B, BO–C, BK–A, BK–B, BK–C).

Pro kontrolu virulence byl vypočítán průměrný úbytek hmotnosti neošetřených virulenčních těles.

Pro zobrazení výsledků byly použity průměrné, minimální a maximální hodnoty spolu s rozptylem a variačním koeficientem. Pro zjištění rozdílů středních hodnot korigovaných úbytků jednotlivých sad (2×4 sady: 3 receptury a referenční vzorky, pro obě dřeviny) byla použita jednofaktorová ANOVA a následně pro určení nezávislých sad Tukeyho test (test mnohonásobného porovnání pro všechny kombinace výběrů).

VÝSLEDKY

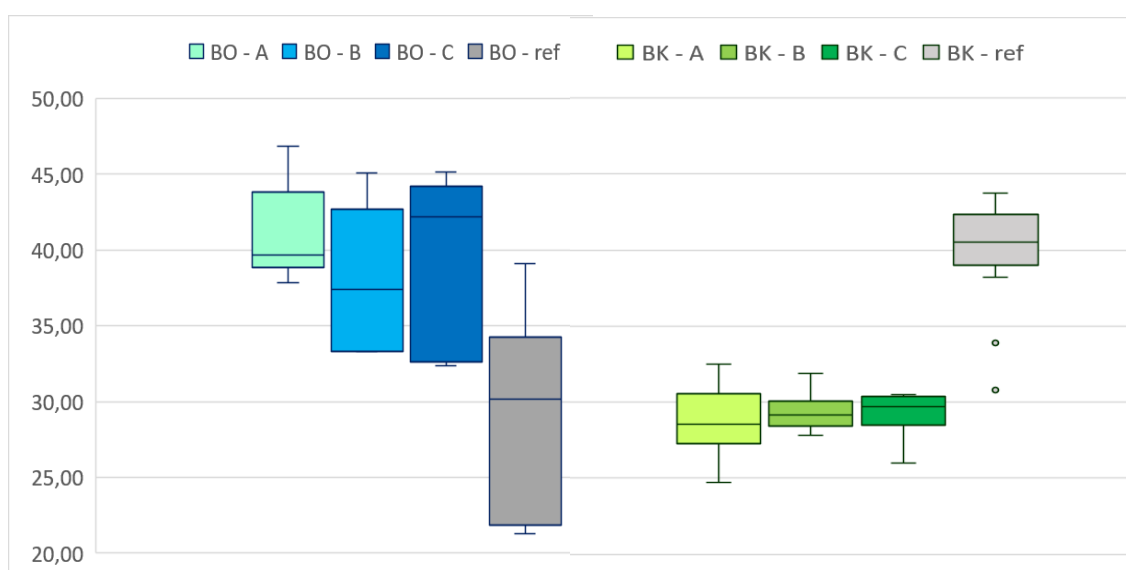
Příjmy ochranné látky

Tabulka 3: Příjmy ochranné látky u borových a bukových vzorků

příjem látky	BO-A	BO-B	BO-C	BK-A	BK-B	BK-C
průměr (g/m ²)	220,5	182,7	219,9	158,2	169,2	155,3
minimum (g/m ²)	157,3	157,9	175,8	142,5	150,1	133,5
maximum (g/m ²)	285,9	220,2	270,1	193,1	202,9	177,9
Rozptyl	1790,2	227,4	1300,0	183,6	213,3	187,5
variační koeficient (%)	19,19	8,25	16,40	8,56	8,63	8,82

Průměrný příjem ochranné látky se u borovice pohybuje mezi 180 a 220 g/m², u buku mezi 155 a 170 g/m². V rámci borových vzorků se výrazně liší příjem vzorků s aplikovanou recepturou B, jejich příjem je hodnotami bližší spíše příjmu bukových tělísek. U bukových vzorků receptura B nijak příjmově neodlišuje od ostatních. Borové vzorky A a C vykazují výrazně větší variační koeficient než ostatní sady.

Hmotnostní úbytky



Obrázek 14: Krabicové grafy hmotnostních úbytků

Rozptyl hodnot úbytků váhy borovicových vzorků je výrazně větší oproti bukovým vzorkům. Mediány referenčních vzorků jak u borovice, tak u buku jsou nepodobné mediánům ošetřených sad.

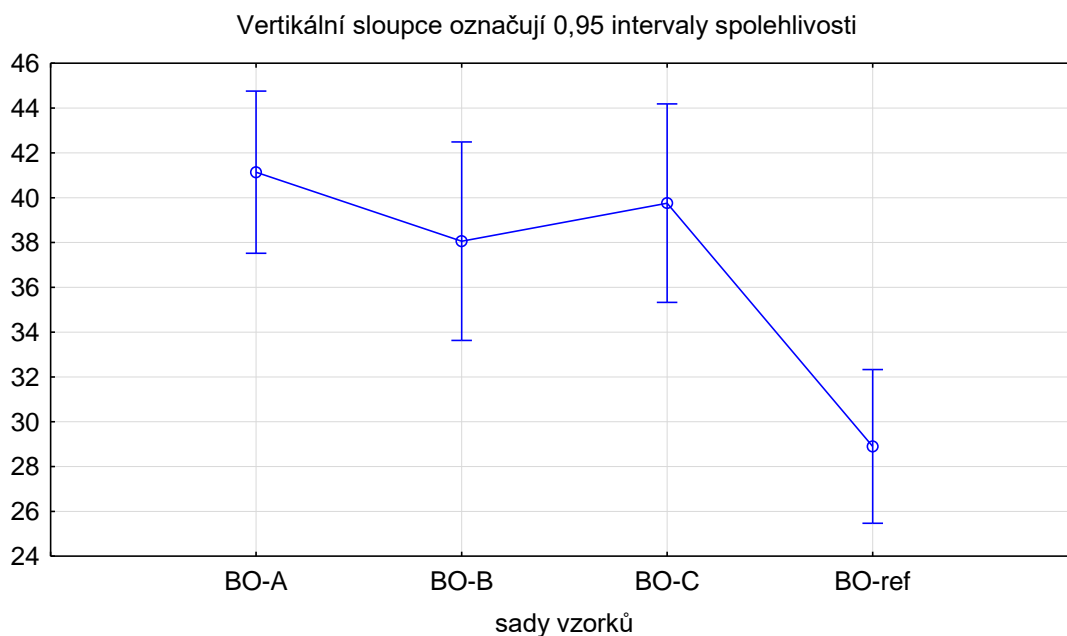
Borovicové vzorky

Průměrná hodnota váhového úbytku virulenčních borových vzorků je 26,18 %. Dle normy ČSN EN 839 je to dostatečný úbytek na to, aby zkouška byla považována za

platnou (váhový úbytek > 20 %). Průměrná hodnota úbytku hmotnosti ošetřených vzorků je kolem 40 %, u referenčních vzorků 29 %. Variační koeficient úbytků hmotností se pohybuje od 7,5 (BO-A) po 21,7 (BO-ref). Průměrná vlhkost všech sad je obdobná, od 58 % (BO-ref) po 74 % (BO-A). Variační koeficient vlhkosti je kolem 11 % pro borové sady A, C a referenční vzorky, u sady B je 3%.

Tabulka 4: Korigované úbytky hmotnosti a vlhkost borových vzorků vč. referenčních vzorků

úbytek hmotnosti	BO-A	BO-B	BO-C	referenční vz.
průměr (%)	41,14	38,06	39,76	28,90
minimum (%)	37,84	33,31	32,36	21,27
maximum (%)	46,84	45,06	45,17	39,13
Rozptyl	9,46	18,66	27,23	39,47
variační koeficient (%)	7,48	11,35	13,13	21,74
Vlhkost				
průměr (%)	73,65	66,26	68,82	58,44
minimum (%)	63,33	63,00	57,73	47,60
maximum (%)	91,39	69,07	78,61	69,64
Rozptyl	64,24	4,18	48,55	45,44
variační koeficient (%)	10,88	3,08	10,12	11,54



Obrázek 15: Jednofaktorová ANOVA korigovaných úbytků hmotnosti u borovicových vzorků

Porovnání hmotnostních úbytků jednotlivých sad pomocí jednofaktorové ANOVY ukázalo, že u porovnávaných sad existuje statistický významný rozdíl středních hodnot (viz Obrázek 15). Tukeyho test pak prokázal, že referenční vzorky jsou statisticky odlišné

od každé jedné ošetřené sady, zatímco ošetřené sady mají vzájemně statisticky shodné střední hodnoty (viz Tabulka 5).

Tabulka 5: Tukeyho test pro borovicové vzorky

	BO-A	BO-B	BO-C	BO-ref
BO-A		0,689730	0,959443	0,000299
BO-B	0,689730		0,944128	0,012067
BO-C	0,959443	0,944128		0,002617
BO-ref	0,000299	0,012067	0,002617	

Bukové vzorky

Průměrná hodnota váhového úbytku virulenčních bukových vzorků je 32,26 %. Dle normy ČSN EN 839 je to dostatečný úbytek na to, aby zkouška byla považována za platnou (váhový úbytek > 20 %). Hmotnostní úbytky všech ošetřených sad jsou kolem 29 %, u referenčních vzorků je úbytek průměrně 40 %. Rozptyl a variační koeficient úbytku hmotnosti jsou pro všechny buková tělíska srovnatelné. Průměrná vlhkost je srovnatelná u ošetřených sad (58–72 %) a výrazně vyšší u referenčních vzorků (127 %). Oproti ošetřeným vzorkům je rozptyl vlhkosti virulenčních vzorků asi pětinasobný a rozptyl referenčních vzorků zhruba desetinásobný. Variační koeficient vlhkosti se pro jednotlivé sady příliš neliší.

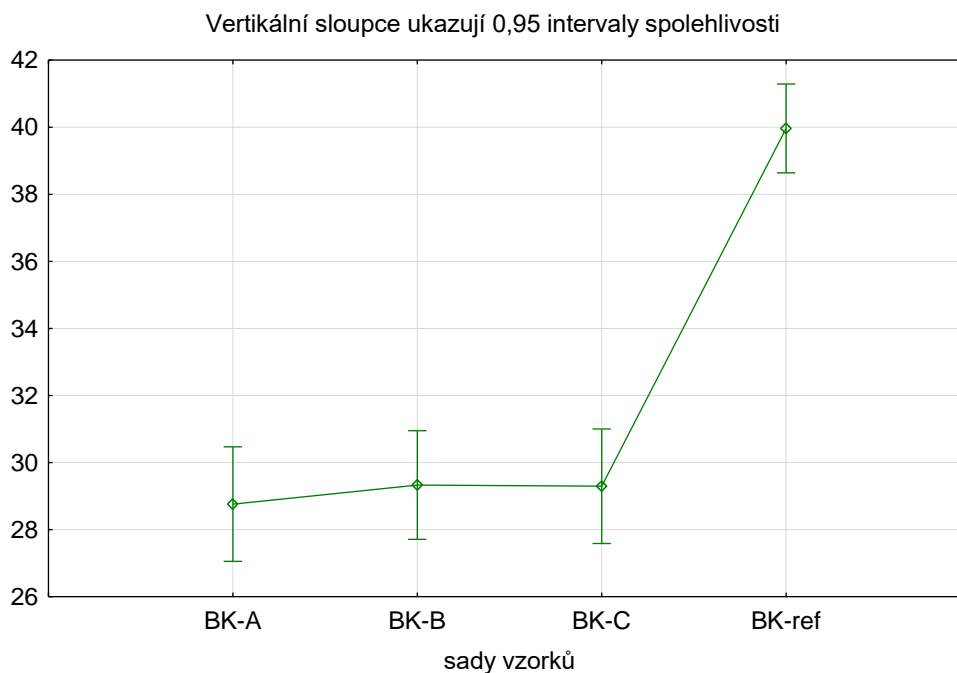
Tabulka 6: Korigované úbytky hmotnosti a vlhkost bukových vzorků vč. referenčních vzorků

úbytek hmotnosti	BK-A	BK-B	BK-C	referenční vz.
průměr (%)	28,76	29,33	29,30	39,96
minimum (%)	24,69	27,82	25,97	30,77
maximum (%)	32,50	31,87	30,52	43,76
Rozptyl	4,85	1,28	1,95	11,74
variační koeficient (%)	7,66	3,86	4,76	8,57
Vlhkost				
průměr (%)	58,89	72,00	64,54	127,25
minimum (%)	50,54	63,73	57,22	84,86
maximum (%)	71,49	78,86	80,57	152,23
Rozptyl	39,36	23,68	52,32	418,49
variační koeficient (%)	10,65	6,76	11,21	16,08

Úbytky hmotnosti bukových tělísek byly porovnány pomocí jednofaktorové rozptylové analýzy (viz Obrázek 16). Ta ukázala, že mezi sadami existují statisticky významné odlišnosti. Tukeyho test pak odhalil, že váhový úbytek bukových referenčních vzorků se

liši od všech ošetřených bukových sad, zatímco ty mají vzájemně mezi sebou statisticky shodné střední hodnoty (viz Tabulka 7).

Vlhkosti všech sad odpovídají váhovým úbytkům: čím vyšší vlhkost, tím vyšší úbytek. Pokud by houba nedokázala substrát zvlhčit nebo by jej naopak převlhčila, úbytky by byly menší až žádné.



Obrázek 16: Jednofaktorová ANOVA korigovaných úbytků hmotnosti u bukových vzorků

Tabulka 7: Tukeyho test pro bukové vzorky

	BK-A	BK-B	BK-C	BK-ref
BK-A		0,961377	0,969784	0,000164
BK-B	0,961377		0,999992	0,000164
BK-C	0,969784	0,999992		0,000164
BK-ref	0,000164	0,000164	0,000164	

Shrnutí

Na ošetřených vzorcích byl vidět výrazný rozdíl v barvě před napadením a po napadení, borovicové vzorky viditelně změnily tvar. Použité receptury nelze považovat za účinnou ochrannou látku – za účinnou se podle normy ČSN EN 839 ochranná látka považuje, pokud:

- ne více než jeden testovací vzorek má váhový úbytek větší než 3.0 % a menší než 5.0 % nezávisle na počtu platných výsledků – tento vzorek může vykazovat známky pouze povrchové degradace, nebo

- ne více než jeden testovací vzorek vykazuje známky vnitřní (tedy nejen povrchové) degradace.



Obrázek 17: Ošetřené borové napadené a nenapadené vzorky

Zdroj: autor



Obrázek 18: Ošetřené bukové napadené a nenapadené vzorky

Zdroj: autor

DISKUZE

Použití norem

Normou pro stanovení účinnosti ochranného prostředku je norma ČSN EN 113 – Ochranné prostředky na dřevo – Zkušební metody pro stanovení ochranné účinnosti proti dřevokazným houbám Basidiomycetes – Stanovení hranice účinnosti. Pomocí postupů v ní uvedených je stanovena koncentrace, při níž je impregnované dřevo lehce napadnutelných dřevin účinně ochráněno proti dřevokazným houbám. Norma ale předpokládá použití takového ochranného prostředku, který je schopen hloubkového rovnoměrného průniku celým zkušebním tělesem. Bylo předpokládáno, že postupy použitými v této práci nebude dosaženo hloubkového průniku, smyslem však bylo přiblížení se reálným historickým aplikacím. Proto byla pro test použita norma ČSN EN 839 Ochranné prostředky na dřevo – Stanovení preventivního účinku proti dřevokazným houbám basidiomycetes – Aplikace ošetřením povrchu. Při experimentu se ukázalo, že použité receptury penetrovaly pouze čelními plochami do malé vzdálenosti (viz Obrázek 19). Důvodem neschopnosti látky prostoupit dřevem by mohla být viskozita: ochranné látky s nízkou viskozitou penetrují do dřeva daleko lépe než ty s vysokou viskozitou (Richardson, 2002). Podle Amina a Sirse (1985) je hovězí krev viskozitou podobná krvi člověka. Pro krev člověka se uvádí hodnota viskozity 2,87 mPa.s pro teplotu 35 °C (Anton Paar, 2016). Voda má při teplotě 35 °C viskozitu 0,72 mPa.s (Korson a kol., 1969), tedy asi 4× menší než krev.

Hmotnostní úbytky

Zatření čel

Jak již bylo řečeno, nejsnadnější přístup hub do dřeva je skrz přerušené buňky na čelních plochách. Houby se dále šíří lumeny buněk (Zabel & Morrel, 1992). Postup podle ČSN EN 839 zahrnuje zatření čelních ploch vzorků nefungicidní látkou neproniknutelnou pro testované houby, v tomto případě epoxidem. Tato úprava se ale týká pouze ošetřených vzorků, nikoli neošetřených (referenčních). Při hodnocení výsledků, ač jich bylo dosaženo podle výše zmíněné normy, je třeba zvážit, že testované houby měly značně ulehčený počátek degradace referenčních vzorků volným přístupem k přerušným lumenům buněk. Už díky tomu se dá předpokládat, že degradace neošetřených vzorků bude vyšší.

Slabě fungicidní účinky použitých receptur tak lze vysledovat vůči houbě bílého tlení, outkovce, kde byl hmotnostní úbytek referenčních vzorků (39,96 %) větší než u ošetřených vzorků (BK-A 28,76%; BK-B 29,33 %; BK-C 29,30 %). Tento rozdíl lze ale vysvětlit výše zmíněným snadnějším přístupem hub do dřeva neošetřených vzorků díky nezatřeným čelům. V účinnosti jednotlivých receptur proti outkovce v podstatě nejsou rozdíly.

Účinek železa na houby hnědého tlení

Váhový úbytek borových referenčních vzorků (28,9 %) byl ale menší než u vzorků všech ošetřených sad (BO-A 41,14 %; BO-B 38,06 %; BO-C 39,76 %). To indikuje, že aplikovaná látka naopak přispěla k vyšší degradaci dřeva. Houby hnědého tlení využívají v prvotní fázi rozkladu neenzymatický systém, kde mají vápník a zejména železo nezastupitelnou roli (Goodell a kol., 1997; Schwarze, 2007). To může být důvodem, proč ošetření dřeva prostředkem obsahujícím vápník a železo ve výraznějším množství napomohlo degradaci.

Změna tvaru

Na rozdíl od testovaných bukových vzorků změnilo borové vzorky výrazně tvar. To odpovídá rozdílu mezi houbami bílého a hnědého tlení, kdy působení hub hnědého tlení vede k výraznému zmenšení objemu, zatímco u hub bílého tlení je objem zachován (Reinprecht, 2008).

Vliv příměsí

Zajímavý je fakt, že zatímco mezi váhovými úbytky, a tedy degradací dvou dřevin, jsou rozlišitelné rozdíly, mezi recepturami byly rozdíly velmi malé. To naznačuje, že výše uvedené důsledky se dají připisovat v podstatě krevi samotné, jelikož samotná krev byla recepturou A. Příměsí vápna, mléka, tvarohu nebo žluči zjevně účinnost vůči houbám neovlivnily. To znamená, že jsou jejich kombinace použité ve směsích obdobně fungicidní jako krev, jinak by účinnost snížily nebo zvýšily.

Rozdíly mezi experimentem a praxí

S jistotou se ví, že nátěry obsahující krev se v minulosti používaly. Není však jasné proč. Ochrana proti houbám jak hnědého, tak bílého tlení se dá díky výsledkům této práce vyloučit. Pravdou je, že zkušební proces se od předpokládané praxe poněkud lišil: zatímco testované vzorky byly ponořovány, stropní trámy a vůbec stropy jako celky, nábytek a případně další interiérové prvky se natíraly. Dále jde o materiál. Na konstrukce

se používalo smrkové, jedlové, modřínové, případně dubové dřevo. Výstavba z borového a zejména z bukového dřeva se v nějaké zásadní míře nevyskytuje (Vinař, 2010). Pro experiment byly tyto dřeviny použity z důvodu snadné propustnosti, proto je norma ČSN EN 839 předepisuje. Přesto se však dá předpokládat rozdíl v příjmu ochranné látky, ale ne v účinku.

Nestandardní kroky

Vzhledem k neobvyklým poměrům na pracovišti a specifickým podmínkám nutným pro aplikaci krevních receptur nakonec došlo k nanesení ochranného prostředku před tím, než byla čela zatřena epoxidem, v tomto kroku tak nebyla norma ČSN EN 839 dodržena. V případě předepsaného procesu – zatření čel epoxidem před aplikací ochranného prostředku – se dají předpokládat nižší příjmy ochranné látky. Po rozštípnutí ošetřených vzorků je vidět vyšší příjem čely borovice oproti buku (viz Obrázek 19), což vysvětluje rozdíly v hmotnosti přijaté látky (155–170 g/m² v případě buku a 180–220 g/m² u borovice).



Obrázek 19: Rozdíl v příjmu látky mezi borovicí (vzorky vlevo) a bukem (vzorky vpravo)

Zdroj: autor

Vzhledem k viditelně většímu příjmu ochranné látky čely než boky a faktu, že zde se jedná o propustné dřeviny, se dá předpokládat, že v případě skutečných natíraných prvků by byl příjem o dost menší. Při jiném experimentu v rámci projektu NAKI II byl příjem ochranné látky natírané štětcem ve dvou vrstvách 120 g/m². Účelem nátěrů na bázi hovězí krve by tak mohlo být vytvoření nepropustné vrstvy na povrchu dřeva zabraňující přístupu hmyzu, případně o dekorativní nátěr, jak tvrdí některé zdroje (Schießl, 1981; Čoban, 2016; Janků, 2017; Pikula, 2017).

ZÁVĚR

Cílem práce bylo ověřit, zda jsou tradované ochranné prostředky na bázi hovězí krve účinné proti působení dřevokazných hub. Výsledky ukázaly oproti neošetřenému dřevu lehce zvýšenou degradaci ošetřeného borovicového dřeva houbou hnědého tlení pórnatkou (*Poria placenta*) a lehce sníženou degradaci bukového dřeva houbou bílého tlení outkovkou (*Trametes versicolor*). Mezi testovanými recepturami byly minimální rozdíly, příměsi přidané ke krvi tedy mají malý vliv. Ani jedna ze zkoušených receptur nemůže být dle normy ČSN EN 839 hodnocena jako funkční fungicidní prostředek.

V teoretické části bylo zjištěno, že nátěry na bázi hovězí krve se bezpochyby používaly. Přesné složení receptur a jejich účinek je ovšem otázkou dalšího výzkumu. Nejpravděpodobnější funkce krve v nátěrových hmotách je jako barvivo, případně jako pojivo (díky krevním bílkovinám). Zdroje informací o nátěrech krví jsou kusé, primárními jsou ústní sdělení pamětníků a zaznamenané praktické zkušenosti restaurátorů a historiků.

Jediné zaznamenané současné použití krve v nátěrových prostředcích mimo oblast experimentální historie je použití krevních proteinů jako fixátorů pro účinnou látku na bázi mědi, případně boru.

CITOVANÉ ZDROJE

- Amin, T. M., & Sirs, J. A. (1985). The blood rheology of man and various animal species. *Quarterly Journal of Experimental Physiology* 70, stránky 37-49.
- Barnes, H. M. (2002). Wood Preservation. V D. Pimentel, *Encyclopedia of Pest Management*. New York: CRC Press.
- Boonstra, M. J., Van Acker, J., Tjeerdsma, B. F., & Kegel, E. V. (2007). Strength properties of thermally modified softwoods and its relation to polymeric structural wood constituents. *Annals of Forest Science* 64, stránky 679-690.
- Brocco, V. F., Paes, J. B., da Costa, L. G., Brazolin, S., & Arantes, M. D. (2017). Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. *Journal of Cleaner Production* 142, stránky 2093-2099.
- Clausen, C. A., & Frederick, G. (2003). Oxalic acid overproduction by copper-tolerant brown-rot basidiomycetes. *International Biodeterioration & Biodegradation* 51, stránky 139-144.
- Coronas, M. V., Vaz Rocha, J. A., Salvadori, D. M., & Vargas, V. M. (2016). Evaluation of area contaminated by wood treatment activities: Genetic markers in the environment and in the child population. *Chemosphere* 144, stránky 1207-1215.
- Čoban, J. (1. září 2016). Ústní sdělení. (H. Remešová, Tazatel)
- Dahlgren, J., Takhar, H., Schecter, A., Schmidt, R., Horsak, R., Paepke, O., . . . Anderson-Mahoney, P. (2011). Residential and biological exposure assessment of chemicals from a wood treatment plant. *Chemosphere* 67, stránky 279-285.
- Dahlgren, J., Warshaw, R., Horsak, R. D., & Parker III, F. M. (2003). Exposure assessment of residents living near a wood treatment plant. *Environmental Research* 92, stránky 99-109.
- De Medeiros, F. C., Gouveia, F. N., Bizzo, H. R., Vieira, R. F., & Del Menezzi, C. H. (2016). Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. *International Biodeterioration & Biodegradation* 114, stránky 87-93.
- Deflorio, G., Hein, S., Fink, S., Spiecker, H., & Schwarze, F. W. (2005). The application of wood decay fungi to enhance annual ring detection in. *Dendrochronologia* 22, stránky 123-130.
- Dvořák, L. (21. duben 2017). Ústní sdělení. (H. Remešová, Tazatel)
- Ebel, M. (2016). Elektronická komunikace. Národní technické muzeum.
- Esteves, B. M., Domingos, I. J., & Pereira, H. M. (2008). Pine wood modification by heat treatment in air. *BioResources* 3, stránky 142-154.
- Florinus, F. F. (1722). *Oeconomus prudens et legalis*. Norimberk.
- Fröde, F. W. (1910). *Das Konservieren der Baumaterialien*. Vídeň.
- Gilbertson, R. L. (1980). Wood-rotting fungi of North America. *Mycologia* 72, stránky 1-49.
- Goodell, B., Jellison, J., Liu, J., D. G., Paszczynski, A., Fekete, F., . . . Xu, G. (1997). Low molecular weight chelators and phenolic compounds. *Journal of Biotechnology* 53, stránky 133-162.

- Hill, C. A. (2006). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. Chichester: Wiley.
- Hrdina, J. (2014). *Elektronická komunikace*. Moravská galerie v Brně.
- Humar, M., & Lesar, B. (2013). Efficiency of lindseed- and tung-oil-treated wood against wood-decay fungi and water uptake. *International Biodeterioration & Biodegradation* 85, stránky 223-227.
- Humar, M., & Pohleven, F. (2005). Influence of a nitrogen supplement on the growth of wood decay. *International Biodeterioration & Biodegradation* 56, stránky 34-39.
- Hyde, S. M., & Wood, P. M. (1997). A mechanism for production of hydroxyl radicals by the brown-rot fungus *Coniophora puteana*: Fe(III) reduction by cellobiose dehydrogenase and Fe(II) oxidation at a distance from the hyphae. *Microbiology* 143, stránky 259-266.
- Janků, P. (14. duben 2017). Ústní sdělení. (H. Remešová, Tazatel)
- Koenigs, J. W. (1974). Production of hydrogen peroxide by woodrotting. *Archives of Microbiology* 99, stránky 129-145.
- Komorowitz, M., Wróblewska, H., Fojutowski, A., Kropacz, A., Noskowiak, A., & Pomina, I. (2017). The impact of 5 years' underwater exposure in the Baltic Sea (Puck Bay) on selected properties of English oak wood samples. *International Biodeterioration & Biodegradation*, stránky 1-11.
- Korson, L., Drost-Hansen, W., & Millero, F. J. (1969). Viscosity of Water at Various Temperatures. *The Journal of Physical Chemistry* 73, stránky 34-39.
- Kučerová, I., & Novotný, V. (2000). Ochrana dřeva - současnost a tradice (mýty). *Setkání na zbečenské rychtě - Křivoklát 2000* (stránky 8-14). Zbečno u Křivoklátu: STOP - Společnost pro technologie ochrany památek.
- Liptáková, E., & Sedliačik, M. (1989). *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa.
- Losos, L. (2000). Volská krev a jiné historické způsoby povrchové úpravy dřeva. *Setkání na zbečenské rychtě - Křivoklát 2000* (stránky 15-17). Zbečno u Křivoklátu: STOP - Společnost pro technologii ochrany památek.
- Mlázovský, V. (2008). Poznámky k tradičním technikám ochrany a konzervace tesařských konstrukcí. *Setkání na zbečenské rychtě - Historické úpravy dřeva* (stránky 19-20). Zbečno u Křivoklátu: STOP - Společnost pro technologii ochrany památek.
- Paar, A. (nedatováno). Viscosity Measurement of Whole Blood .
- Pallaske, M. (2004). *Chemical wood protection: Improvement of biocides in use*. Lisabon: COST Action E22 - Environmental Optimisation of Wood Protection.
- Pikula, J. (2. květen 2017). Ústní sdělení. (H. Remešová, Tazatel)
- Polus-Ratajczak, I., & Mazela, B. (2004). The use of blood protein in preservatives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 62, stránky 181-183.
- Ptáček, P. (2009). *Ochrana dřeva*. Praha: Grada Publishing.
- Ramage, M. H., Burridge, H., Busse-Wicherc, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shaha, D. U., . . . Schermane, O. (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68, stránky 333-359.

- Reinprecht, L. (2008). *Ochrana dřeva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- Reinprecht, L. (2010). Fungicides for Wood Protection - World Viewpoint and Evaluation/Testing in Slovakia. V O. C. (ed.), *Fungicides* (stránky 95-122). InTech.
- Reinprecht, L. (2016). *Wood deterioration, protection and maintenance*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Richardson, B. A. (2002). *Wood preservation*. Londýn: E & FN Spon.
- Rypáček, V. (1957). *Biologie dřevokazných hub*. Praha: Československá akademie věd.
- Savory, J. G. (1954). Breakdown of timber by ascomycetes and fungi imperfecti. *Annals of Applied Biology* 41, stránky 336-347.
- Schießl, U. (1981). "Ochsenblut" — ein Farbbindemittel und ein Farbname. *Nachrichtenblatt der Denkmalpflege in Baden-Württemberg*, 10(3).
- Schilling, J. S., & Bissonnette, K. M. (2008). Iron and calcium translocation from pure gypsum and iron-amended gypsum by two brown rot fungi and a white rot fungus. *Holzforschung* 62, stránky 752-758.
- Schilling, J. S., & Jellison, J. (2007). Extraction and translocation of calcium from gypsum during wood. *International Biodeterioration & Biodegradation* 60, stránky 8-15.
- Schwarze, F. W. (2007). Wood decay under the microscope. *Fungal Biology Reviews*, stránky 133-170.
- Singh, T., & Singh, A. P. (2012). A review on natural products as wood protectant. *Wood Science Technology* 46, stránky 851-870.
- Sluka, L. (2014). Elektronická komunikace. restaurátor.
- Štefko, J., & Reinprecht, L. (2004). *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. Bratislava: Jaga.
- Šujanová, O., & Mirzová, M. (1981). *Odporúčania pre ochranu drevených konštrukcií pamiatkových objektov*. Bratislava: Slovenský ústav pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody.
- Thevenon, M.-F., Pizzi, A., & Haluk, J.-P. (1997). Non-toxic albumin and soja protein borates as ground-contact wood preservatives. *Holz als Roh- und Werkstoff* 55, stránky 293-296.
- Unger, A., Schniewind, A. P., & Unger, W. (2001). History of Wood Conservation. V A. Unger, A. P. Schniewind, & W. Unger, *Conservation of Wood Artifacts* (stránky 3-7). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Urbánek, R. (10. červen 2014). Elektronická komunikace. Regionální muzeum ve Vysokém Mýtě.
- Ušák, J. (1995). Ochrana dřeva v ľudovom staviteľstve. *Konzervovanie poškodeného dreva*. Zvolen: Technická univerzita Zvolen.
- Války, M. (2006). História, súčasnosť a moderné trendy povrchovej úpravy dreva. Nitra.
- Vinař, J. (2010). *Historické krovky*. Praha: Grada Publishing.

- Vokoun, L. (2008). Experiment s ošetřením dřevěné konstrukce hovězí krví. *Sanace dřevěných konstrukcí staveb* (stránky 43-46). Praha: STOP - Společnost pro technologii ochrany památek.
- Wang, S.-Y., Chen, P.-F., & Chang, S.-T. (2005). Antifungal activities of essential oils and their constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*) leaves against wood decay fungi. *Bioresource Technology* 96, stránky 813-818.
- Weiss, H. F. (1915). *The preservation of structural timber*. New York: McGraw-Hill.
- Wenzel, F. (1912). *Handbuch für Maler*. Lipsko: Verlag Jüstel u. Gottel.
- Xu, G., & Goodel, B. (2001). Mechanisms of wood degradation by brown-rot fungi. *Journal of Biotechnology* 87, stránky 43-57.
- Young, G. Y. (1961). *Copper tolerance of some wood-rotting fungi. Report 2223*. Madison: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products.
- Zabel, R. A., & Morrel, J. J. (1992). *Wood Microbiology - Decay and Its Prevention*. San Diego: Academic Press.
- Žáček, P. (2014). Elektronická komunikace. První humpolecká stavební.
- Žák, J., & Reinprecht, L. (1998). *Ochrana dřeva ve stavbě: odborná příručka pro stavebníky, investory, projektanty a architekty*. Praha: Arch.

SUMMARY

This paper deals with efficiency of wood treatment with cattle blood against wood-decaying fungi. In the theoretical part the main goal was to summarize and settle obtainable information about cattle-blood wood impregnation. In the practical part, there were three different recipes based on cattle blood practically tested against brown-rot fungi (*Poria placenta*) and white-rot fungi (*Trametes versicolor*). The experiment was done according to the ČSN EN 839 standard.

The samples (50×25×15 mm) were made from pine (*Pinus sylvestris*) and beech (*Fagus sylvatica*) naturally dried wood. Each of the recipes was applied to each of the wood species. Above that there were two control groups, each for one tree species. Treated and control samples were exposed to referring fungi for 16 weeks. The weight loss was measured and the degree of decay was reviewed.

The weight losses of pine wood ranged between 38 and 41 % while the pine control samples weight loss was 29 %. The difference between treated and untreated samples could be caused by the degrading mechanism of brown-rot fungi that uses supplied iron. The weight loss of beech wood oscillated around 29 %, the weight loss of the beech control samples was 40 %. Bigger weight loss of untreated samples may be caused by easier approach to cell lumens (treated samples were end-sealed, untreated were not).

Not one of the recipes against either wood-decaying fungi reported fungicidal effect according to the ČSN EN 839 standard.