

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra základního zpracování dřeva



**Vliv rostlinných alkaloidů na vybrané fyzikální vlastnosti  
dřeva smrku**

Bakalářská práce

Autor práce: Vojtěch Podzimek

Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vojtěch Podzimek

Dřevařství  
Dřevařství

Název práce

**Vliv rostlinných alkaloidů na vybrané fyzikální vlastnosti dřeva smrku**

Název anglicky

**Influence of plant alkaloids on selected physical properties of spruce wood**

---

### Cíle práce

Práce se zabývá vlivem rostlinných alkaloidů na bázi purinových derivátů xanthinu, zejména kofeinu, na navlhavost, barvu a další povrchové charakteristiky dřeva smrku.

### Metodika

- 1) Vzorky dřeva smrku budou ošetřeny roztokem kofeinu a následně testovány na vybrané fyzikální vlastnosti.
- 2) Hodnoceny budou změny barvy, případně lesku a kontaktního úhlu smáčení. Dále bude hodnocen dopad na navlhavost dřeva.
- 3) Naměřené výsledky budou analyzovány odpovídajícími statistickými metodami.

## Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

## Klíčová slova

dřevo, smrk, kofein, fyzikální vlastnosti, navlhavost

---

## Doporučené zdroje informací

ČSN 49 0104. Skúšky vlastností rasteného dreva. Metóda zisťovania nasiakavosti a navlhavosti. Praha: Úrad pro normalizaci a měření, 1988. 8 s.

PÁNEK, M. (2015): Nátěry na dřevo a jejich testování, FLD-CZU v Praze, 1. vydání, 111 s.

POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 2. vydání. Bratislava: Príroda, 1997. 485 s.

REINPRECHT, L., PÁNEK, M. (2016): Trvanlivost a ochrana dřeva, FLD-ČZU v Praze, 1. vydání, 133 s.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

## Vedoucí práce

doc. Ing. Aleš Zeidler, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

## Konzultant

doc. Ing. Miloš Pánek, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 27. 4. 2019

**doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 27. 03. 2020

## **Čestné prohlášení**

Tímto prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci „Vliv rostlinných alkaloidů na vybrané fyzikální vlastnosti dřeva smrku“ vypracoval samostatně za použití všech uvedených a citovaných zdrojů v této práci pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Aleše Zeidlera, Ph.D. Coby autor také prohlašuji, že jsem si vědom zveřejnění mé bakalářské práce v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat všem, kteří mi byli nápomocni při zpracování této bakalářské práce. Jmenovitě bych rád poděkoval panu docentu Aleši Zeidlerovi za vedení práce, panu docentu Miloši Pánkovi za poskytnutí zajímavých a užitečných zdrojů a paní inženýrce Kristýně Šimůnkové za její obětavost a pomoc při výzkumu. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině, která mi byla oporou.

V Praze dne: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Abstrakt:**

Práce se zabývá vlivem kofeinu na vybrané fyzikální vlastnosti dřeva smrku. Roztok kofeinu byl do dřeva vpraven impregnační máčením a pozorovány byly změny barvy, lesku, navlhavosti a smáčení povrchu.

V literárním rozboru práce je popsán význam výše zmíněných fyzikálních vlastností, jejich definice a určující faktory pro měření. Dále jsou uvedeny možné způsoby ochrany dřeva a popsány jsou také vlastnosti přírodních alkaloidů, zejména kofeinu.

V práci jsou také uvedeny poznatky získané z již proběhlých výzkumů zabývajících se impregnační dřeva kofeinem.

Metodická část popisuje rozměry zkušebních vzorků, přesné koncentrace impregnačních látek a způsob provádění jednotlivých zkoušek.

K referenčním a impregnovaným vzorkům byly také navíc zkoumány vzorky impregnované a zároveň vyplavované dle ČSN EN 84 a dále vzorky, u nichž bylo urychleno stárnutí pomocí Xenotestu.

Pro lepší porovnání byly u zkoušky navlhavosti zkoumány i vzorky dřeva borovice a buku.

Vliv kofeinu byl prokázán jen u zkoušky navlhavosti, kdy se vzorky impregnované kofeinem ustálily na vyšší rovnovážné vlhkosti než vzorky referenční a byla prokázána statistická významnost těchto rozdílů pomocí Tukeyova HSD testu.

**Klíčová slova:** dřevo, smrk, kofein, fyzikální vlastnosti, navlhavost

## **Abstract:**

This bachelor thesis deals with the influence of caffeine on some physical properties of the wood of spruce. Spruce was impregnated with caffeine solution and physical properties such as colour changes, gloss, contact angle and moisture content were observed.

In vol. 3, those physical properties and their key factors for measuring are described. Also, possible ways of wood protection are mentioned and the description of natural alkaloids, namely caffeine, is provided.

The thesis also contains a brief description of some recent research projects carried out by other authors on caffeine-impregnated wood.

In vol. 4, wood samples, concentrations of impregnation solutions and methods of measuring are described.

Apart from the measuring of the non-impregnated samples and caffeine-impregnated samples, caffeine-impregnated samples modified in accordance with CSN EN 84 or aged in simulation chamber were measured. To provide a better comparison, the moisture content was also measured on samples of pine and beech.

The caffeine influence on the wood was detected only for the moisture content. The moisture level for caffeine-impregnated samples was higher than for the non-impregnated samples. The statistical importance of the results was proven by Tukey HSD test.

**Keywords:** wood, spruce, caffeine, physical properties, moisture

# Obsah

1 Úvod.....	10
2 Cíl práce .....	11
3 Rozbor problematiky.....	12
3.1 Struktura a vlastnosti dřeva .....	12
3.1.1 Makroskopická struktura.....	13
3.1.2 Mikroskopická struktura.....	14
3.1.3 Chemické složení dřeva.....	15
3.2 Fyzikální vlastností dřeva.....	16
3.2.1 Navlhavost.....	16
3.2.2 Barva .....	18
3.2.3 Lesk .....	19
3.2.4 Smáčení .....	20
3.3 Ochrana dřeva.....	22
3.4 Rostlinné Alkaloidy.....	24
3.4.1 Purinové alkaloidy.....	25
3.4.2 Kofein.....	25
3.4.3 Impregnace kofeinem .....	26
4 Metodika.....	28
4.1 Vzorky .....	28
4.1.1 Vzorky na měření barvy, lesku a kontaktního úhlu smáčení.....	28
4.1.2 Vzorky na měření navlhavosti.....	29
4.2 Impregnace vzorků.....	30
4.2.1 Impregnace kofeinem .....	30
4.2.2 Hydrofobní úprava .....	30
4.2.3 Vyplavování .....	31
4.3 Xenotest.....	31
4.4 Sušení .....	31
4.5 Klimatizace.....	32
4.6 Stanovení Barvy .....	32
4.7 Stanovení lesku .....	33
4.7 Stanovení navlhavosti.....	34
4.8 Stanovení povrchového napětí .....	35
5 Zhodnocení výsledků .....	36
5.1 Zhodnocení barvy.....	37
5.3 Zhodnocení lesku .....	38
5.4 Zhodnocení navlhavosti .....	39



5.5 Zhodnocení smáčení.....	40
6 Diskuze.....	41
7 Závěr.....	42
8 Použitá literatura.....	43
9 Seznam internetových zdrojů .....	46
10 Použité normy .....	47
11 Přílohy .....	48

## Seznam Tabulek

Tabulka 1 třídy lesku (Pánek 2015) .....	19
Tabulka 2 Barevné změny (Cividini et al. 2007) .....	32
Tabulka 3 výsledky měření barevné diference .....	37
Tabulka 4 Výsledky měření lesku .....	38
Tabulka 5 výsledky měření navlhavosti .....	39
Tabulka 6 Výsledky měření kontaktního úhlu .....	40

## Seznam Obrázků

Obrázek 1 Zleva: příčný, tangenciální, radiální řez dřeva smrku (Zeidler 2012).....	13
Obrázek 2 Zleva: příčný, radiální, tangenciální řez dřeva smrku (Vavřík 2002) .....	14
Obrázek 3 CIE souřadný systém XYZ (Viková 2009).....	19
Obrázek 4 Kontaktní úhel smáčení (ERBIL 2006) .....	21
Obrázek 5 Molekula Kofeinu (Osecká 2012).....	25
Obrázek 6 Vzorky pro stanovení barvy, lesku a smáčení (zdroj: Autor) .....	28
Obrázek 7 Vzorky na měření navlhavosti 1-3 SM, 4-6 BK, 7-9 BO (zdroj: autor) .....	29
Obrázek 8 Spektrofotometr CM 600-d (zdroj: autor).....	33
Obrázek 9 Leskoměr MG 268-F2 (Zdroj: KSJ) .....	33
Obrázek 10 Měření smáčení na goniometru Krüss DSA 30E (zdroj: autor).....	35

## Seznam Grafů

Graf 1 Sloupcový graf porovnání barevné změny.....	37
Graf 2 Sloupcový graf porovnání čísel lesku (GU).....	38
Graf 3 sloupcový graf porovnání navlhavosti .....	39
Graf 4 sloupcový graf porovnání kontaktního úhlu smáčení .....	40

# 1 Úvod

Dřevo je tisíciletími prověřenou surovinou využívanou v mnoha odvětvích lidského průmyslu. Kombinace jeho výhodných vlastností, snadné zpracovatelnosti a dobré dostupnosti jsou patrně důvodem této jeho dlouhodobé popularity.

Pořád se však jedná o surovinu organického původu, podléhá tedy vlivům různých dřevokazných škůdců i atmosférickým vlivům prostředí. Vývoj technologií jde stále kupředu, a tak se nachází nové možnosti, jak dřevo chránit proti těmto nepříznivým vlivům. V poslední době je velice populární ošetřovat dřevo různými chemickými přípravky jak formou postřiků a nátěrů, tak i impregnací.

Ne všechny látky, které by mohly efektivně plnit úlohu ochrany dřeva, jsou ale neškodné pro zdraví člověka. Mnohé z nich jsou toxické a představují tak rizikový faktor nejen pro člověka, ale i pro životní prostředí. To vskutku neimponuje faktu, že se v dnešní době klade mnohem větší důraz na ekologickou nezávadnost výrobků, jak při výrobě, tak při samotné expozici.

Proto je dobré hledat další způsoby, jak dosáhnout zvýšené ochrany dřeva, a to bez ohrožení lidského zdraví či životního prostředí.

Jednou z těchto alternativ by mohly být přírodní alkaloidy, látky, které jsou obsaženy v rostlinách a mívají insekticidní, fungicidní či baktericidní účinky.

Tato práce se zabývá jedním z tzv. Purinových alkaloidů, kofeinem, a jeho vlivem na fyzikální vlastnosti dřeva smrku.

## **2 Cíl práce**

Práce se zabývá vlivem rostlinných alkaloidů na bázi purinových derivátů xanthinu, zejména kofeinu, na vybrané fyzikální vlastnosti dřeva smrku. Jedná se o barvu, lesk, navlhavost a kontaktní úhel smáčení.

## 3 Rozbor problematiky

### 3.1 Struktura a vlastnosti dřeva

Dřevo disponuje velikým množstvím výhod oproti jiným materiálům. Mezi jeho hlavní přednosti patří zejména snadná obnovitelnost, vysoká estetičnost, dostupnost, obrobiteľnosť, dobré tepelně-izolační vlastnosti, malá teplotní roztažnosť, výborné akustické vlastnosti (např. tzv. rezonanční smrk), snadná recyklovateľnosť či jeho vysoká pevnost a pružnosť vzhľadom k jeho objemové hmotnosti. Mimo to je hlavním zdrojem celulózy.

*(Horáček 2008)*

Za negativní vlastnosti dřeva jsou pak považovány následující skutečnosti:

Hygroskopicitá – schopnosť látek pohlcovať vlhkosť, čím dochádza k deformáciám ve dřevě

Nehomogenita – různorodost struktury, kvality a vlastností

Anizotropie – různé (například mechanické) vlastnosti v různých směrech

Dřevo je také hořlavým materiálem, je náchylné k degradaci působením biotických a abiotických činitelů.

*(Dejmal 2009, Bohm 2012)*

Tyto negativní vlastnosti jsou postupně eliminovány výrobou kompozitních materiálů ze dřeva. Ty však ztrácí i mnohé z výhod dřeva. Dále lze dřevo modifikovat například sušením či chemicky. Chemicky lze dřevo upravit různými postříky, máčením či tlakovou impregnací, přičemž se využívá různých látek. Stále se například využívá impregnace kreozotovými oleji, které sice mají vysokou účinnost, avšak jsou škodlivé pro životní prostředí. V dnešní době se ale dostává do popředí požadavek na zdravotní nezávadnost a snadnou recyklovateľnosť výrobků. Záleží však i na oblasti využití.

*(Reinprecht, Pánek 2016)*

Ošetření dřeva přírodními látkami, jako jsou například alkaloidy a touto prací zkoumaný kofein, by mohlo splňovat požadavky dnešní společnosti.

### 3.1.1 Makroskopická struktura

Makroskopickou strukturou dřeva se rozumí soubor znaků, které je možno pozorovat pouhým okem či lupou. Těmito znaky jsou letokruhy, jarní a letní dřevo, jádro, běl, vyzrálé dřevo, dřevné paprsky, cévy či různé zvláštnosti jako jsou například suky, nepravé jádro, svalovitost, reakční dřevo, prosmoly, zárosty či třeba dřevní rakovina. Všechny tyto znaky mají vliv na trvanlivost dřeva a jeho proimpregnovatelnost.

*(Kollmann 1968)*

Co se smrkového dřeva týče, jedná se o bělovou dřevinu žlutobílé až žlutohnědé barvy. Má výrazné letokruhy zřetelné na všech třech řezech, kde je jasně odlišitelné letní dřevo od jarního. Letní dřevo je výrazně tmavší a má až třikrát větší hustotu než dřevo letní.

*(Walker 2009)*

Je možno pozorovat pryskyřičné kanálky orientované jak horizontálně, tak i vertikálně, které jsou viditelné převážně na podélných řezech. V celkovém objemu dřeva jsou zastoupeny pouze v 0,2 %.

*(Požgaj 1997)*



Obrázek 1 Zleva: příčný, tangenciální, radiální řez dřeva smrku (Zeidler 2012)

### 3.1.2 Mikroskopická struktura

Na rozdíl od makroskopické struktury je mikroskopická (neboli morfologická) struktura dřeva pozorovatelná pouze za použití vhodných přístrojů, např. mikroskopu. Díky tomu je možné více nahlédnout do podstaty struktury dřeva a objevit nové souvislosti.

Jehličnaté dřevo je vývojově starší a od toho se odvíjí i to, že má jednodušší strukturu oproti dřevu listnatých stromů. Je tvořeno přibližně z 90 % tracheidami. Na příčném řezu *Obr.2* lze pozorovat jejich uspořádání v řadách. Jsou 2 až 6 mm dlouhé a tím se stávají nejdelšími vlákny našich dřevin. Tracheidy letního dřeva mají užší buněčnou stěnu (0,001 až 0,003 mm) a plní převážně vodivou funkci. Naopak tracheidy letního dřeva jsou asi o 10% delší, s širší buněčnou stěnou (0,010 až 0,020), a plní mechanickou funkci. Zbytek pak tvoří parenchymatické buňky. Jejich úkolem je rozvod organických zásobních látek. Co se obsahu jednotlivých buněk týče, tak smrk obsahuje 94 % tracheid, 6,4 % dřevných paprsků a 0,6 % pryskyřičných kanálků.

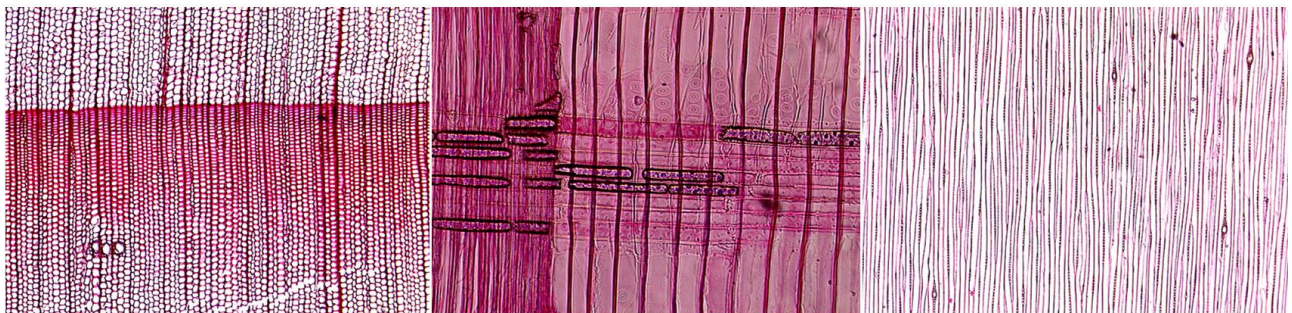
*(Bučko, Šutý, Košík 1988) (Kettunen 2006)*

Z pohledu impregnace dřeva jsou u jehličnatých dřevin tracheidy nejdůležitějším elementem. V radiálním směru jsou totiž tracheidy propojeny sítí dvojteček. Ty během růstu plní vodivou funkci ve dřevě, avšak ve zralém dřevě se uzavírají a jejich propustnost je velmi omezená. K tomuto jevu také dochází, když je dřevo vysušeno pod BNV.

*(Reinprecht, Pánek 2016)*

Zatímco borovice má na okraji dvojteček bradavičnatou vrstvu, a tudíž umožňuje po uzavření alespoň nějakou propustnost, smrk má tento povrch absolutně hladký, a tedy se po uzavření stává takřka neproniknutelný - a to i tlakovou impregnací.

*(Požgaj 1997)*



*Obrázek 2 Zleva: příčný, radiální, tangenciální řez dřeva smrku (Vavrčík 2002)*

### 3.1.3 Chemické složení dřeva

Chemické složení dřeva nemůže být definováno pro konkrétní dřevinu ani pro jeden celý strom. Chemické složení se liší i v závislosti na pozici ve stromu (kořeny, kmen, větve). Obecně se chemická analýza ale dělí mezi stromy listnaté a jehličnaté.

Dřevo obsahuje dva hlavní komponenty: lignin (35 %) a karbohydráty (65-75 %). Oba jsou komplexními polymerickými materiály. Dále pak dřevo obsahuje malé množství extraktivních látek, které jsou buď ve formě organických extraktiv nebo anorganických minerálů (popel). Celkově jsou ve dřevě přítomny v 4-10 %.

*(Rowell 1983)*

Celulóza je hlavním komponentem dřeva, ve kterém plní funkci jakési kostry. V jehličnatých dřevinách je její zastoupení mezi 45-50 %, v listnatých pak 40-45 %.

Lignin je složkou, jejíž hlavní funkcí ve dřevě je, že spojuje vlákna v mezibuněčných vrstvách a zpevňuje celulózové molekuly v rámci buněčných stěn. Dřevu pak dodává pevnost, zejména v tlaku. V jehličnatých dřevinách je její zastoupení mezi 25 - 30 %, v listnatých pak 20 – 25 %.

Hemicelulózy jsou průvodní látky celulózy. Mají vliv jak na mechanické, tak i fyzikální vlastnosti dřeva. Především se projevují při procesech sušení, vaření či lisování dřeva. Dřevo jich obsahuje 20 – 35 %. Vyskytují se více v listnatých dřevinách, kde se jedná především o xylány. V jehličnatých to jsou manány.

*(Reinprecht 2008)*

Extraktivní látky jsou ve dřevě obsaženy v nejmenším množství. Avšak plní významnou funkci z hlediska trvanlivosti a ochrany dřeva před různými škůdci, pro které je dřevo potravou. Těmito látkami jsou například sacharidy, fenoly, terpeny, acyklické kyseliny, alkoholy a bílkoviny.

*(Reinprecht, Pánek 2016) (Bučko, Šutý, Košík 1988)*

## 3.2 Fyzikální vlastnosti dřeva

Vlastnosti dřeva lze rozdělit na fyzikální a mechanické. Fyzikální vlastnosti jsou zjistitelné za pomoci nedestruktivních metod měření, tedy bez narušení celistvosti materiálu a chemického složení.

Mezi tyto vlastnosti lze zařadit vlhkostní, tepelné, elektrické, akustické a optické vlastnosti. Dále pak objemovou hmotnost, barvu, lesk, vůni, povrchové napětí či kresbu dřeva.

*(Horáček 2008)*

### 3.2.1 Navlhavost

Navlhavost neboli rovnovážná vlhkost dřeva je důležitým faktorem ovlivňujícím vlastnosti dřeva a do jisté míry i jeho strukturu. Napříč strukturou dřeva jsou jeho komponenty pektiny, lignin, hemicelulóza, některá extraktiva a amorfni části celulózy hygroskopická. Tedy přitahují vodu a tím ze dřeva dělají hygroskopický materiál.

*(Kettunen 2006)*

Voda může být ve dřevě vázána chemicky v 1-2 % sušiny dřeva, je tedy součástí chemických sloučenin a je možné ji ze dřeva odstranit pouze spálením. Proto je voda obsažena ve dřevě i při nulové absolutní vlhkosti.

Dále může být ve dřevě voda hygroskopická, tedy vázána v buněčných stěnách vodíkovými můstky na hydroxylové skupiny -OH amorfni části celulózy a hemicelulóz. Vyskytuje se při vlhkostech cca do 30% meze hygroskopicity. Má také velký vliv na fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva.

*(Horáček 2008)*

Nakonec voda volná neboli kapilární vyplňuje ve dřevě lumény buněk a mezibuněčné prostory.

Přijímáním vody dřevo zvětšuje svůj objem, tedy rozměry a hmotnost. Rozměry se zvětšují až do tzv. meze nasycení buněk neboli meze hygroskopicity. Ta dosahuje hodnot od 22 % do 35 % - liší se v závislosti na dřevině a její případné úpravě.



Pro smrk se udává MH 30-34 %.

Vlhkost dřeva se vyjadřuje podílem hmotnosti vody k hmotnosti dřeva v absolutně suchém stavu - vlhkost absolutní  $w_{abs}$ , nebo podílem hmotnosti vody ke hmotnosti mokrého dřeva - vlhkost relativní  $w_{rel}$ . Vlhkost se nejčastěji vyjadřuje v procentech a vypočítá se podle vzorce:

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_0}{m_0} * 100 \quad w_{rel} = \frac{m_w - m_0}{m_w} * 100$$

Kde:

$w_{abs}$  = absolutní vlhkost dřeva [%]

$w_{rel}$  = relativní vlhkost dřeva [%]

$m_w$  = hmotnost vzorku při dané vlhkosti [g]

$m_0$  = hmotnost vzorku při vysušení na nulovou vlhkost [g]

Dle normy ČSN 49 0104 o metodách zjišťování navlhavosti a nasákavosti se navlhavost neboli rovnovážná vlhkost, spočítá dle následujících vztahů:

$$w_{ri} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100$$

Kde:

$m_0$  = hmotnost vzorku při vysušení na nulovou vlhkost [g]

$m_1$  = hmotnost zkušebního tělesa po vlhkočním ustálení v prostředí  $i$  [g]

$i$  = označení zkušebního prostředí (číselný údaj relativní vlhkosti vzduchu)

### 3.2.2 Barva

Barva dřeva je základní charakteristikou vzhledu dřeva. Je především určena hlavními chemickými složkami, tj. lignin celulózu, hemicelulózu a extraktivními látkami. Tón barvy se určuje vlnovou délkou viditelného světelného spektra a čistota barvy stupněm zředění spektrální barvy bílou. Ta se pohybuje v rozmezí mezi 0 – 100 %.

*(Horáček 2008)*

Vlnová délka viditelného spektra elektromagnetického záření se pohybuje mezi 380 - 720 nm.

Jako všechny ostatní materiály má i dřevo schopnost pohlcovat a odrážet světelné paprsky různých vlnových délek. U dřeva je pohlcováno spektrum kolem 400 nm a odráženo v rozmezí 575 – 585 nm, což odpovídá spíše žluté části spektra.

Jelikož barvou se vlastně rozumí jakýsi zrakový vjem, založený na odrazu světelných paprsků od materiálu, je posuzování barvy pouhým pohledem značně subjektivní.

Proto se určením barvy zabývá kolorimetrie, která používá souřadnicový systém RGB. Ten říká, že můžeme dosáhnout jakéhokoli barevného vjemu míšením tří barev, a to červené, zelené a modré (Red – Green – Blue).

Jelikož tento systém může disponovat zápornými hodnotami souřadnic, byla v roce 1931 komisí CIE ustanovena transformace systému RGB do XYZ. Ten počítá pouze s kladnými hodnotami. Díky tomu pak můžeme vypočítat trichromatické souřadnice dle následujících vztahů:

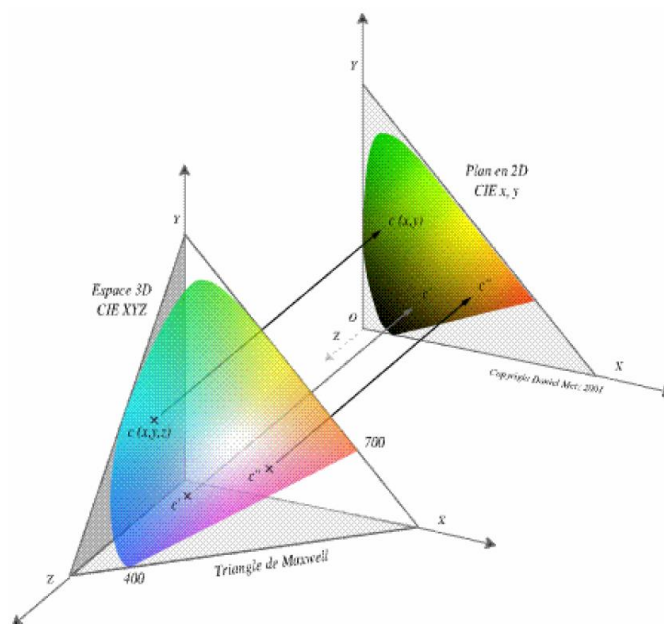
$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

Kde:

X, Y, Z jsou souřadnice dle obrázku 3.

*(Ohta, Robertson 2005)*



Obrázek 3 CIE souřadný systém XYZ (Viková 2009)

### 3.2.3 Lesk

Lesk je optická vlastnost povrchu, který plně nebo částečně odráží světlo. Nemusí záviset na barvě povrchu, ale záleží na vlastnostech světla, které osvětluje povrch, a na pozici pozorovatele.

(Whitehouse, et al. 1994)

Lesk je definován tzv. číslem lesku udávaném v jednotkách GU (z angl. Gloss units).

Dle normy ČSN EN ISO 2813 se jedná o 100násobek poměru světelného toku odraženého od vzorku a světelného toku odraženého od povrchu skla s indexem lomu 1,567 při vlnové délce 587,6 nm ve směru zrcadlového odrazu pro specifikovaný úhel odrazu a specifikované úhly apertur zdroje světla a akceptoru.

Třídy lesku jsou pak děleny takto:

Tabulka 1 třídy lesku (Pánek 2015)

Třída lesku	Číslo lesku (GU)
Mat	Do 10
Polomat	10-35
Pololesk	35-60
Lesk	60-80
Vysoký lesk	80 a více

### 3.2.4 Smáčení

Smáčivost látky je fyzikální veličina, za jejíž kvantifikační veličinu je považován tzv. kontaktní úhel smáčení.

Kontaktní úhel  $\rho$  jest úhlem, který je zformován kapkou kapaliny na rozmezí tří látek. Těmi látkami je již zmíněná kapalina, pevná látka, jejíž smáčitelnost se měří, a plyn. Za standartní kapalinu je považována voda, mohou být však použity i jiné roztoky.

Malé hodnoty úhlu  $\rho$  indikují velkou interakci mezi kapalinou a pevnou látkou. Povrch je tedy snadno smáčivý. Oproti tomu vysoké hodnoty úhlu  $\rho$  reprezentují malou smáčivost.

Konkrétně se dá říci, že pokud je kontaktní úhel menší než  $90^\circ$ , povrch je smáčivý. Pokud je větší než  $90^\circ$ , je povrch považován za nesmáčivý.

(*ERBIL 2006*)

Z mikroskopického hlediska se dá usoudit, že pokud má pevná látka malé povrchové napětí, přitahuje molekuly kapaliny s menší silou, než přitahují molekuly kapaliny sebe navzájem.

Smáčivost povrchu se však dá změnit různými povrchovými úpravami, a to jak chemickými, tak mechanickými. Z hlediska ochrany, pokud by tedy nějaká látka zvýšila povrchové napětí dřeva, mohlo by to vést k větší odolnosti vůči vlhkosti, a tím by se zabránilo napadením různých hub, plísní či škůdců.

Matematicky popsal kontaktní úhel T. Young již v roce 1805 takto:

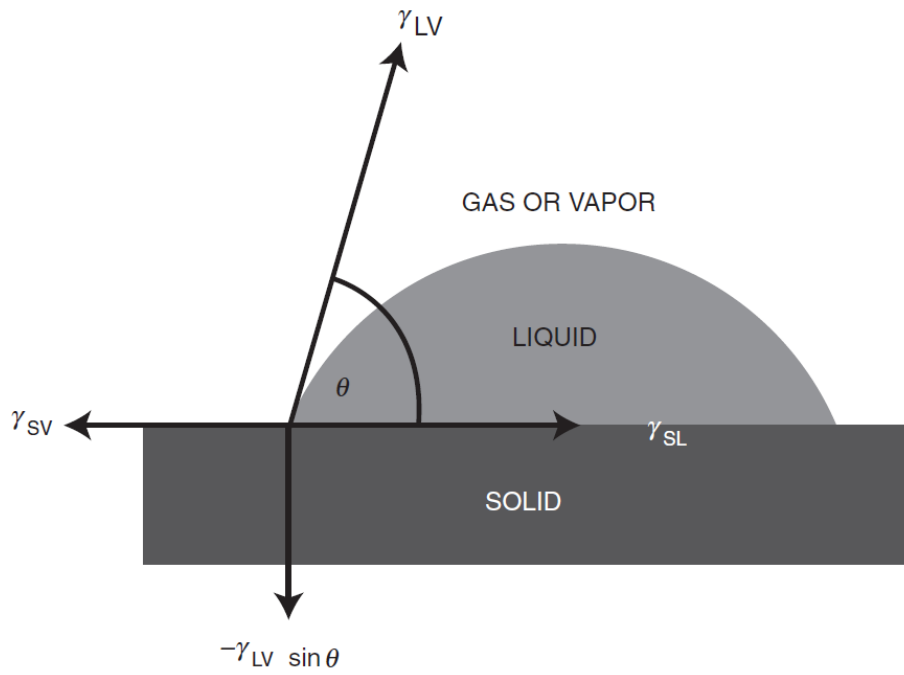
$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos \rho$$

Kde:

$\gamma_{SV}$  – napětí rozhraní mezi pevnou látkou a kapalinou

$\gamma_{SL}$  - napětí rozhraní mezi pevnou látkou a plynem

$\rho$  – kontaktní úhel smáčení



Obrázek 4 Kontaktní úhel smáčení (ERBIL 2006)

### 3.3 Ochrana dřeva

Dřevo je materiál s omezenou trvanlivostí a podléhá různým degradačním činitelům. Ty mohou být buď biotického, nebo abiotického původu. Trvanlivost dřeva se liší v závislosti na dřevině a třídě použití dřeviny.

Kupříkladu smrk patří do 4. třídy trvanlivosti, což ho klasifikuje jako málo trvanlivé. Je tedy třeba hledat způsoby zvýšení odolnosti dřeviny proti degradačním činitelům.

Způsobů, jak zvýšit schopnost dřeva odolávat vnějším vlivům, je mnoho. Základem je rozdělení na fyzikální a chemickou ochranu. Fyzikální zahrnuje suchou ochranu, mokrou ochranu a konstrukční ochranu dřeviny. Chemická zase zahrnuje různé fungicidy, baktericidy či insekticidy ve formě nátěrů, postřiků nebo impregnací.

#### Impregnace dřeva

Impregnace dřeva spadá do kategorie chemické ochrany.

Při aplikaci účinných látek může být pohlíženo na vlastní chemickou ochranu z různých úhlů pohledu:

- Z hlediska směrové účinnosti ochranných prostředků. Těmi mohou být:
  - Baktericidy – účinné látky proti bakteriím
  - Fungicidy – účinné látky proti plísním
  - Insekticidy – účinné látky proti hmyzu
  - Retardéry hoření – látky snižující hořlavost a potlačující termický rozklad
  - Inhibitory povětrnostní koroze dřeva – snižují vlivy povětrnostního rozkladu dřeva
  - Inhibitory chemické koroze dřeva – účinné vůči vlivům agresivních chemikálií
  
- Z hlediska doby trvání ochranné funkce chemické látky. Ty se dělí na:
  - Krátkodobou – při skladování či transportu (př. kulatina, řezivo, štěpky atp.)
  - Dlouhodobou – na různé výrobky (př. různé konstrukce, podvaly, sloupy atp.)
  
- Z hlediska aplikace ochranných prostředků dle technologie na:
  - Beztlakové – nátěry, postřiky či máčení
  - Tlakové – impregnace v tlakových kotlích

*(Reinprecht, Pánek 2016)*

Impregnovatelnost dřeva se liší v závislosti na druhu dřeviny, jeho morfologické struktuře a na zóně, která se zrovna impregnuje. Dle normy ČSN EN 350 existují celkem 4 třídy impregnovatelnosti od lehce impregnovatelných dřevin až po extrémně těžko impregnovatelné dřeviny.

Bělová zóna dřeva smrku spadá do 3. kategorie těžko impregnovatelných dřevin a vyzrálé dřevo smrku dokonce spadá do poslední 4. kategorie - tudíž extrémě těžko impregnovatelné skupiny.

Před samotnou impregnací jsou vykonávány úpravy dřeva jako je například odkornění, chemické, mechanické a fyzikální úpravy či úprava geometrických povrchů a čistoty povrchu dřeva. Důvodem je zvýšení proimpregnovatelnosti a tím i kvality samotné ochrany. Většina těchto úprav je prováděna plošně, některé z nich však v závislosti na situaci.

*(Reiprecht 2008)*

Za účelem dosažení dobré ochrany impregnovaného dřeva a zároveň nízké toxicity látky, která se pro impregnaci používá, se zkoumají různé alternativy na přírodní bázi.

Mohly by jimi být například tzv. esenciální oleje. Ty se však jeví jako nestabilní, jsou těžko rozpustné ve vodě, degradují při působení slunce a vypařují se již za mírných teplot.

*(Clerici 2018)*

U impregnace dřeva kofeinem byl zatím pozorován problém s jeho vyplavováním.

*(Ratajczak et. Al. 2018)*

Proto je vhodné ošetřit dřevo hydrofobizačními roztoky, které mohou zamezit vyplavování impregnačních látek ze dřeva.

Těmi mohou být přípravky jako například Lukofob, Horsemen Stonecare a ochrana betonu Horsemen Beton Protector (viz *příloha 1*). Tyto přípravky jsou také použity v rámci výzkumu této práce.

### 3.4 Rostlinné Alkaloidy

Jedná se o látky, které ve své struktuře obsahují jeden, nebo více dusíkových atomů, které jsou zabudovány do heterocyklického kruhu. Rostlinné alkaloidy se především vyskytují ve vyšších dvouděložných rostlinách, avšak mohou se vzácně vyskytovat i v nižších rostlinách či houbách.

*(Evans 2009)*

V rostlinách jsou pak volné nebo častěji vázané na některou organickou kyselinu ve formě soli. V celé rostlině nejsou obvykle alkaloidy zastoupeny ve stejném množství. V některých částech je jejich obsah vyšší. Tyto části jsou sbírány a z nich se mohou izolovat alkaloidy.

*(Minařík 1979)*

Alkaloidy jsou lipofilní, ve vodě těžko rozpustné látky, většinou pevné a bezbarvé.

Odhaduje se, že 10-20 % všech rostlin obsahuje alkaloidy. Význam alkaloidů pro rostlinu zatím není plně znám a je předmětem zkoumání. Předpokládá se, že jejich prudký účinek může být ochranou před býložravci a parazity. Koneckonců většina alkaloidů je pro člověka prudkým jodem. Není to však pravidlem. Např. chinin je pro člověka relativně nejedovatý, zatímco alkaloidy rulíku jsou prudce jedovaté.

Biogeneze většiny alkaloidů se odvíjí od několika aminokyselin:

- Fenylyalaninu a tyrosinu – protoalkaloidy, isochinolinové alkaloidy
- Tryptofanu – indolové, chinolinové alkaloidy
- Ornitinu a lysinu – pyridinové, chinolizidinové, tropanové a purinové
- Histydinu
- Kyseliny anthranilové

*(Moravcová 2006)*



### 3.4.1 Purinové alkaloidy

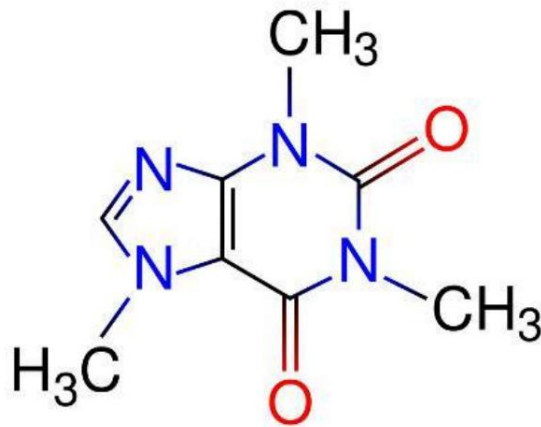
Purinové alkaloidy jsou malou skupinou alkaloidů odvozených od metyderivátu xantinu. Jejich základními stavebními jednotkami jsou nukleové kyseliny adenin a guanin.

Nejznámějšími z nich jsou:

- Kofein (1,3,7-trimetyl-2,6,-dioxypurin)
- Teofylin (1,3-dimetyl-2,6-dioxypurin)
- Teobromin (3,7-dimetyl-2,6-dioxy-purin)

### 3.4.2 Kofein

Kofein je bílá, krystalická hydrofilní látka bez zápachu. Z hlediska chemického složení se dá popsat vzorcem 1,3,7-trimetyl-2,6,-dioxypurin nebo také sumárním vzorcem  $C_8H_{10}N_4O_2$ .



Obrázek 5 Molekula Kofeinu (Osecká 2012)

V přírodě se kofein vyskytuje například v Kávovníku arabském (*Coffe arabica L.*) což je stálezelený keř pěstovaný převážně v Brazílii, Kolumbii, Mexiku, Guatemale atd. Obsah kofeinu je v této rostlině zhruba do 2,5 %.

Dalším příkladem by mohl být Čajovník čínský (*Thea sinensis L.*). Je pěstovaný v Číně, Indii, Barmě atd. Ve svých listech obsahuje až 4,5 % kofeinu. Čím jsou lístky mladší, tím více kofeinu obsahují.

(Moravcová 2006)

Při výrobě zeleného a černého čaje vznikají dimethylxanthiny a další puriny jakožto produkty katabolismu kofeinu. Při pražení kávy zůstává obsah kofeinu prakticky na stejných hodnotách.

Kofein získaný extrakcí z kávy a syntetický kofein se užívají ve farmaceutickém průmyslu a jako přísada do nealkoholických nápojů. Syntetický kofein se vyrábí methylací xanthinu, který je syntetizován z kyseliny močové.

(Osecká 2012)

### 3.4.3 Impregnace kofeinem

Co se impregnace dřeva týče, bylo dosaženo mnohých pokroků. Existuje spousta přírodních produktů, které jsou vhodné pro ochranu dřeva a jsou předmětem zkoumání. Kofein je v dnešní době snadno dostupnou látkou přírodního původu, která by mohla mít potenciál pro použití v rámci ochrany dřeva.

(Kwaśniewska-Sip 2019)

Tento způsob ochrany je však zatím na experimentální bázi. Skupina vědců z Univerzity přírodních věd v Poznani zkoumala vliv ošetření dřeva borovice lesní (*Pinus sylvestris*) kofeinem, kdy dřevo bylo ještě termicky upraveno při teplotách 100 °C, 120 °C, 140 °C, 160 °C, 180 °C, a 200 °C. Cílem jejich práce bylo zjištění, zda se po ošetření zvýší odolnost dřeva vůči kropidláku černém (*Aspergillus niger*).

Z výsledků práce vyplývá, že termická modifikace vzorků nezabránila růstu plísně v porovnání s neošetřenými vzorky. Naproti tomu vzorky ošetřené kofeinem vykazovaly zlepšení odolnosti vůči napadení houbou.

Nejlepší výsledky pak byly zjištěny u vzorků, které byly termicky upraveny na 160 °C. Dalším zjištěním bylo, že termická modifikace může částečně eliminovat unikání kofeinu ze dřeva.

Další výzkum proběhl na České zemědělské Univerzitě v Praze. Zde byly vzorky smrkového dřeva (*Picea abies*, L.) impregnovány máčením v roztocích kofeinu a extraktu z levandule lékařské (*Lavandula angustifolia*). Zkoumána byla účinnost těchto roztoků při napadení dřeva termity a stanovení stability testovaných extraktů.

Z výsledků práce vyplývá, že látky použité pro ochranu měly insekticidní účinek. A v porovnání s komerčním biochemitem si vedly vcelku dobře. Největší překážkou k dobrým výsledkům však činil fakt, že látky se vcelku snadno nechaly vyplavit a tím se rapidně snížila účinnost ochrany.

(Lišková, 2019)

Další práce také pochází z Univerzity přírodních věd v Poznani. Zde byla prezentována ochrana dřeva za využití tří chemických komponentů. Byli jimi propolis, kofein a organosilany: ethyltrimetoxysilan a octyltriethoxysilan. Látky byly do dřeva vpraveny pod tlakem.

Práce pak uvádí, že ošetřené dřevo vykazovalo zvýšenou odolnost vůči poprašce sklepní (*C. puteana*). Dále se zaobírala vyplavováním použitých látek, které zde opět probíhalo.

(Ratajczak et. Al. 2018)

Experiment z roku 2018 provedený na Varšavské univerzitě přírodních věd dokládá, že při ošetření dřeva 1% roztokem kofeinu zpomalí růst hub minimálně na 7 dní.

Vzorky byly ošetřeny roztoky o koncentracích 1 %, 0,5 %, 0,25 %, a 0,0625 %. Zkoumán byl vliv na čtyři druhy hub. Jednalo se o *Aspergillus niger* (*kropidlák černý*), *Trichoderma viride* (*zelenatka obecná*), *Penicillium funiculosum* a *Paecilomyces variotii*.

(Cofta G. , Kwasniewska, Weltrowsky)

## 4 Metodika

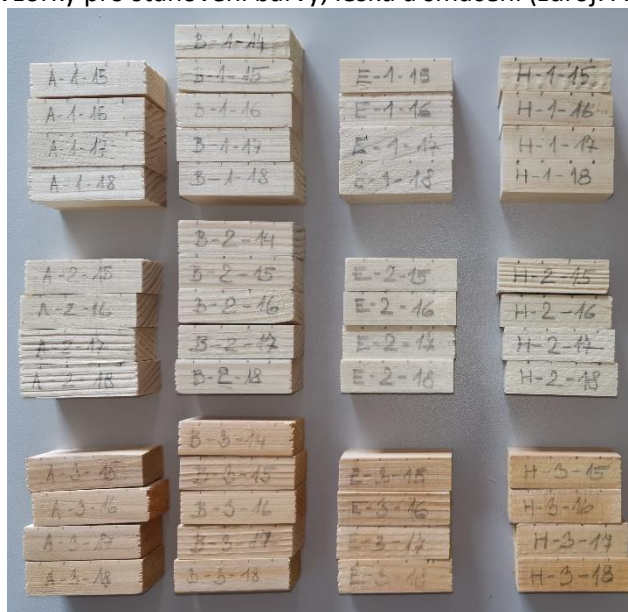
### 4.1 Vzorky

Všechny vzorky byly vyrobeny v dílně dřevařského pavilonu České zemědělské univerzity. Rozměry vzorků a jejich značení bylo přizpůsobeno odpovídajícím zkouškám.

#### 4.1.1 Vzorky na měření barvy, lesku a kontaktního úhlu smáčení

Vzorky byly vyrobeny ze smrkového dřeva (*Picea abies*, L.).

Rozměry vzorků byly stanoveny 50 x 15 x 20 mm (T x R x L). Po samotném zhotovení vzorků byly všechny vzorky popsány a rozděleny do čtyř skupin, kdy každá skupina měla tři podskupiny (viz. Obrázek 6) Obrázek 6 Vzorky pro stanovení barvy, lesku a smáčení (zdroj: Autor)



Obrázek 6 Vzorky pro stanovení barvy, lesku a smáčení (zdroj: Autor)

Zkoumané vzorky byly impregnovány různými účinnými látkami. Základem jsou vzorky referenční (bez impregnace) a vzorky ošetřené roztokem kofeinu. Dále byly některé vzorky stabilizovány pomocí impregnace Lukofobu, vyplaveny dle normy ŠSN EN 84, nebo byly simulovány exteriérové podmínky pomocí Xenotestu. Značení vzorků bylo následující:

A, B = referenční vzorky

1 = bez dalších úprav

E, H = vzorky ošetřené 2% roztokem kofeinu

2, 3 = další úpravy – vyplavení, Xenotest

B, H = navíc hydrofobní úprava

14-18 = pořadové číslo vzorku

#### 4.1.2 Vzorky na měření navlhavosti

Vzorky byly vyrobeny ze smrkového dřeva (*Picea abies*, L.). Pro lepší porovnání byly také vyrobeny vzorky ze dřeva borovice lesní (*Pinus sylvestris*) a buku lesního (*Fagus sylvatica*). Rozměry všech vzorků byly stanoveny dle normy podle ČSN 49 0104 na 20 x 20 x 30 mm (T x R x L). Po samotném zhotovení vzorků byly všechny vzorky popsány a rozděleny do tří skupin dle dřeviny, každá skupina se dělila na tři další.



Obrázek 7 Vzorky na měření navlhavosti 1-3 SM, 4-6 BK, 7-9 BO (zdroj: autor)

Pro účely měření navlhavosti byly vzorky tříděny takto:

SM = smrk

REF = referenční vzorky bez úpravy

BO = borovice

H2O = vzorky vymývané dle ČSN EN 84

BK = buk

KOF = vzorky ošetřené 2% roztokem kofeinu

## 4.2 Impregnace vzorků

### 4.2.1 Impregnace kofeinem

Vybrané vzorky z tabulek 3-6 byly impregnovány máčením v 2% roztoku kofeinu. Celkový objem roztoku byl 4 dm<sup>3</sup>. Máčení bylo vybráno z důvodu technologické nenáročnosti experimentu.

Použitý byl čistý kofein od firmy Fichema s.r.o. se sídlem v Brně.

K impregnaci došlo až po úplném rozpuštění kofeinu, které proběhlo po zhruba 24 hodinách, kdy vzorky byly přibližně každé dvě hodiny převažovány kvůli zjišťování hmotnostního rozdílu. Zda-li je vzorek dostatečně naimpregnovaný určil hmotnostní rozdíl, který odpovídal objemovému příjmu přibližně 120 kg/m<sup>3</sup>. Celková doba impregnace nakonec trvala zhruba 8 hodin.

### 4.2.2 Hydrofobní úprava

Za účelem zajištění stability impregnovaného materiálu byly některé vybrané vzorky ošetřeny hydrofobními látkami. Tedy látkami odpuzujícími vodu.

Stabilizace vzorků by měla zabránit vyplavení ochranných látek a tím zvýšit potenciální zlepšení fyzikálních vlastností.

Tyto hydrofobní látky se na vzorky aplikovaly máčením. Máčení nastává v momentě, kdy čas ponoření vzorků přesáhne 15 minut.

Máčení vzorků probíhalo ve vodotěsné nádobě, ve které byly vzorky vystaveny zhruba pěti hodinám impregnace. Roztok, ve kterém byly vzorky impregnovány, se skládal z kombinace tří hydrofobních látek. Jednalo se o 2 % Lukofob, 2% Horsemen Stonecare a 2% ochrana betonu Horsemen Beton Protector (*viz příloha 1*). Dostatečnost impregnace se opět zhodnotila dle hmotnostního rozdílu, který odpovídal objemovému příjmu přibližně 120 kg/m<sup>3</sup>.

### **4.2.3 Vyplavování**

U vybraných vzorků proběhlo vyplavování za účelem urychlení stárnutí ošetřeného dřeva dle *ČSN EN 84*.

K vyplavování vzorků sloužila destilovaná voda, která byla měněna v pravidelných intervalech. Celkově byly vzorky vyplavovány po dobu 14-ti dnů, kdy byly celé ponořeny pod hladinu vody.

### **4.3 Xenotest**

Jedním z metod pro urychlení stárnutí bylo vystavení vzorků v Xenotestu dle *ČSN EN 927-6*.

Některé ze vzorků tedy byly vystaveny UV záření, viditelnému světlu a postřiku vodou po dobu 14 dní. Po týdnu byly otočeny, aby zatížení bylo stejné na obou stranách vzorků.

Expozice probíhala v xenonové výbojce Q-SUN Xe-3.

### **4.4 Sušení**

Aby se mohla vypočítat navlhavost vzorků, musely vzorky dosáhnout nulové vlhkosti. Té se dosáhlo sušením vzorků v sušící komoře od výrobce Binder model FD – 23 – 201. Vzorky byly v komoře sušeny při 100 °C. Každé dvě hodiny byl kontrolován hmotnostní úbytek vybraných vzorků. Jakmile vzorky přestaly ztrácet hmotnost, byly všechny zváženy při nulové vlhkosti a mohla být vypočítána navlhavost.

## 4.5 Klimatizace

Před samotným měřením fyzikálních vlastností dřeva byly vzorky klimatizovány na standardní 12 % vlhkost. To se odehrávalo v klimatizační komoře CLC 707 od firmy BMT Medical Technology s.r.o.

Aby se docílilo požadovaných podmínek, byla klimatizační komora nastavena na teplotu 20 °C a 65 % vlhkosti.

(Horáček 2008)

## 4.6 Stanovení Barvy

Stanovení barvy probíhalo podle normy *ISO 7724*.

Barva byla měřena po naklimatizování vzorků na 12 % vlhkost. Použit byl Spektrofotometr CM-600d (Konica Minolta, Optics, INC. Japonsko) (viz Obrázek 8).

Každý vzorek byl měřen čtyřikrát a byly zkoumány rozdíly barevné diference mezi referenčními a modifikovanými vzorky.

Barva byla měřena pomocí systému CIE-L\*a\*b (The Commission International de l'Eclairage), kde jsou hodnoceny tyto parametry:

L\* - světlost od 100 k 0, čili čím menší hodnota, tím tmavší povrch

a\* - odstín mezi červenou (+) a zelenou (-)

b\* - odstín mezi žlutou (+) a modrou (-)

Z těchto parametrů byla vypočítána barevná diference  $\Delta E^*$  (CIE 1986) podle rovnice:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})}$$

(Slunská, Reinprecht 2015)

Tabulka 2 Barevné změny (Cividini et al. 2007)

$0,2 > \Delta E^*$	Neviditelný rozdíl
$0,2 < \Delta E^* < 2$	Malý rozdíl
$2 < \Delta E^* < 3$	Barevná změna viditelná s vysoce kvalitním filtrem
$3 < \Delta E^* < 6$	Barevná změna viditelná se středně kvalitním filtrem
$6 < \Delta E^* < 12$	Vysoké barevné změny
$12 < \Delta E^*$	Odlišná barva





Obrázek 8 Spektrofotometr CM 600-d (zdroj: autor)

#### 4.7 Stanovení lesku

Stanovení lesku probíhalo podle normy ČSN EN ISO 2813.

K měření byl použit leskoměr MG 268-F2 (KSJ, Quanzhou, Čína) obr. X

Stanovení čísla lesku proběhlo standardně při nastaveném úhlu dopadajícího světla  $60^\circ \pm 0,1^\circ$ , přičemž každý vzorek byl měřen na čtyřech místech.



Obrázek 9 Leskoměr MG 268-F2 (Zdroj: KSJ)

## 4.7 Stanovení navlhavosti

Stanovení navlhavosti probíhalo podle normy ČSN 49 0104.

Zkušební těleso bylo uloženo do klimatizovaného prostoru na své podélné ploše se vzdáleností od stěny minimálně 10 mm. Podmínky v klimatizační komoře byly následující:

Teplota – 20 °C +2 °C      Vlhkost vzduchu – 65 %

Po ustálení hmotnosti ve stanovených podmínkách bylo zkušební těleso zváženo s přesností na 0,01g. Použité vážicí zařízení bylo KERN PBS 4200-2M.

Norma uvádí, že se měření má opakovat při vlhkostech 33 %, 54 %, 75 %, 91 % a 96 %. Jelikož zde jsou poměřovány hodnoty navlhavosti referenčních, vyplavovaných a impregnovaných vzorků, bylo toto měření provedeno jen pro vlhkost 65 %.

Navlhavost dřeva se pak určí výpočtem:

$$w_{ri} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100$$

Kde:

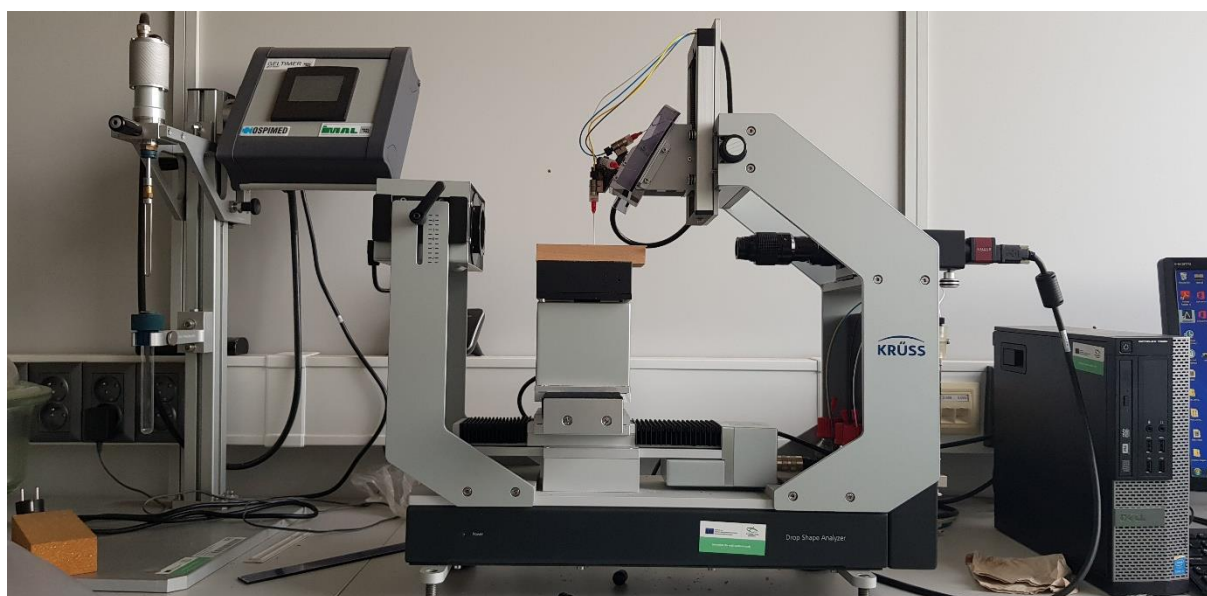
$m_0$  = hmotnost vzorku při vysušení na nulovou vlhkost [g]

$m_1$  = hmotnost zkušebního tělesa po vlhkostním ustálení v prostředí i [g]

i = označení zkušebního prostředí (číselný údaj relativní vlhkosti vzduchu)

## 4.8 Stanovení povrchového napětí

Povrchové napětí vzorku a kontaktní úhly byly vyhodnoceny na základě využití goniometru Krüss DSA 30E (Krüss, Hamburg, Německo) se stejnojmenným softwarem Krüss (Krüss, Hamburg, Německo). Byla využita kapková metoda s dávkovacím množstvím 5 uL destilované vody.



Obrázek 10 Měření smáčení na goniometru Krüss DSA 30E (zdroj: autor)

Měření samotného kontaktního úhlu probíhalo vždy pět vteřin po umístění kapky na smáčený povrch. Toto měření probíhalo pětkrát na každém ze vzorků.

*(Pánek et al., 2019)*

## 5 Zhodnocení výsledků

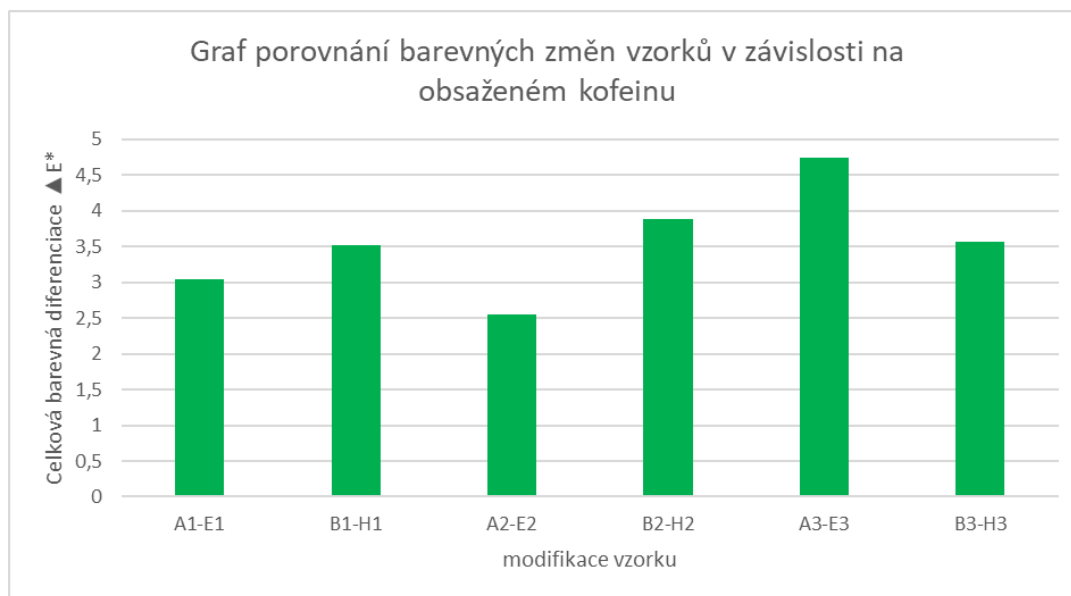
Data získána laboratorním měřením byla vyhodnocována zejména za použití programu Statistica 12 (Satsoft, USA) a MS Excell 2013 (Microsoft, USA). Hodnoceny byly průměrné hodnoty, směrodatné odchylky a byla provedena vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Zejména však byl proveden Tukeyův HSD test pro stanovení statistické významnosti mezi jednotlivými výběrovými průměry. Tento test měl stanovenou hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Vyhodnocení se zabývalo především porovnáním fyzikálních vlastností referenčních a modifikovaných vzorků a byla určena významnost jednotlivých konstant (druh dřeviny, použitá modifikace) v závislosti na proměnných (změny barvy a lesku, smáčivost a kontaktní úhel smáčení).

Výsledky mohou být ovlivněny vlastnostmi okolního prostředí (teplota, vlhkost) či lidským faktorem.

## 5.1 Zhodnocení barvy

Jak bylo popsáno v kapitole 4.7 pro hodnocení barvy je určujícím parametrem její barevná diference  $\Delta E^*$ . Tato průměrná hodnota je pro jednotlivé kombinace vzorků znázorněna v grafu 1 a jejich konkrétní hodnoty jsou obsaženy v tabulce 3.



Graf 1 Sloupcový graf porovnání barevné změny

Tabulka 3 výsledky měření barevné diference

označení	A1-E1	B1-H1	A2-E2	B2-H2	A3-E3	B3-H3
průměr $\Delta E$	3,05	3,52	2,55	3,89	4,75	3,56
Sm.odch. $\Delta E$	2,23	4,79	1,59	2,89	2,27	2,79

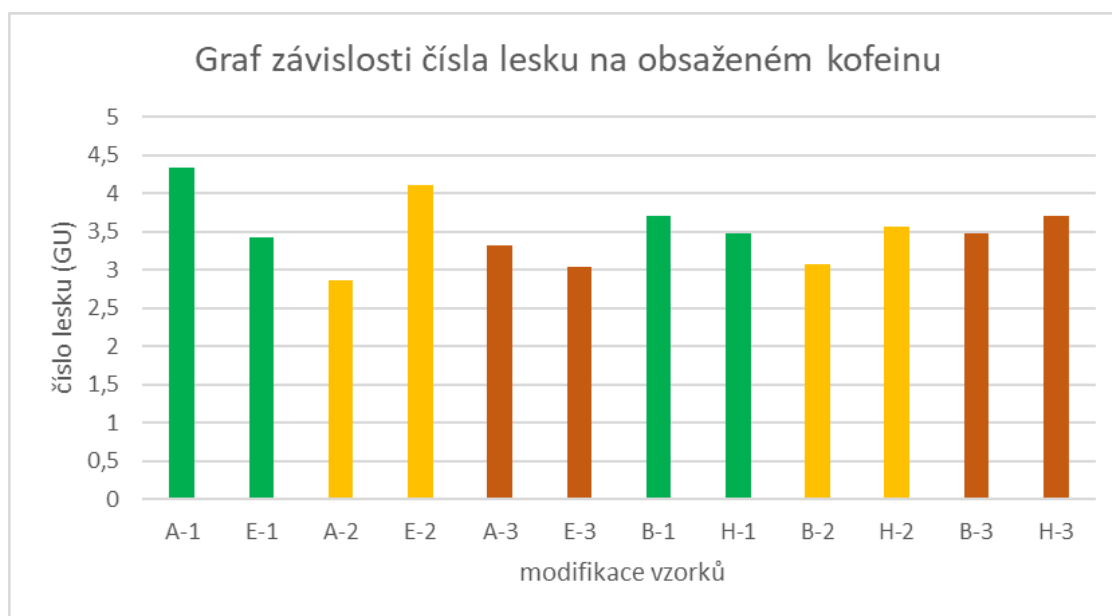
Je-li hodnocen vliv impregnace kofeinem na barevnou změnu vzorků, budou vždy porovnávány vzorky bez impregnace a s impregnací s tím, že budou mít vždy stejnou dodatečnou modifikaci (vyplavování, Xenotest).

Na základě naměřených hodnot lze usoudit, že největší barevná změna nastala mezi vzorky A3-E3 a nejmenší u A2-E2. Hodnoty všech barevných změn pak náleží intervalu (3;6) a tedy barevná změna může být pozorována jen středně dobrým filtrem.

Na základě Tukeyova HSD testu významnosti bylo zjištěno, že barevná změna mezi vzorky je z pohledu statistiky nevýznamná. Tj. že nebyla prokázána statisticky výrazná změna barvy u vzorků impregnovaných kofeinem (viz příloha 3).

### 5.3 Zhodnocení lesku

Při stanovení lesku byly opět hodnoceny rozdíly mezi čísly lesku referenčních vzorků a ošetřených vzorků. Aby se docílilo zjištění, zda má kofein vliv na hodnotu lesku dřeva, musely být porovnány vzorky se stejnou vedlejší úpravou (vyplavování, Xenotest). Výsledné rozdíly čísla lesku jsou zobrazeny v *grafu 2* a konkrétní hodnoty zobrazeny v *tabulce 4*.



Graf 2 Sloupcový graf porovnání čísel lesku (GU)

Tabulka 4 Výsledky měření lesku

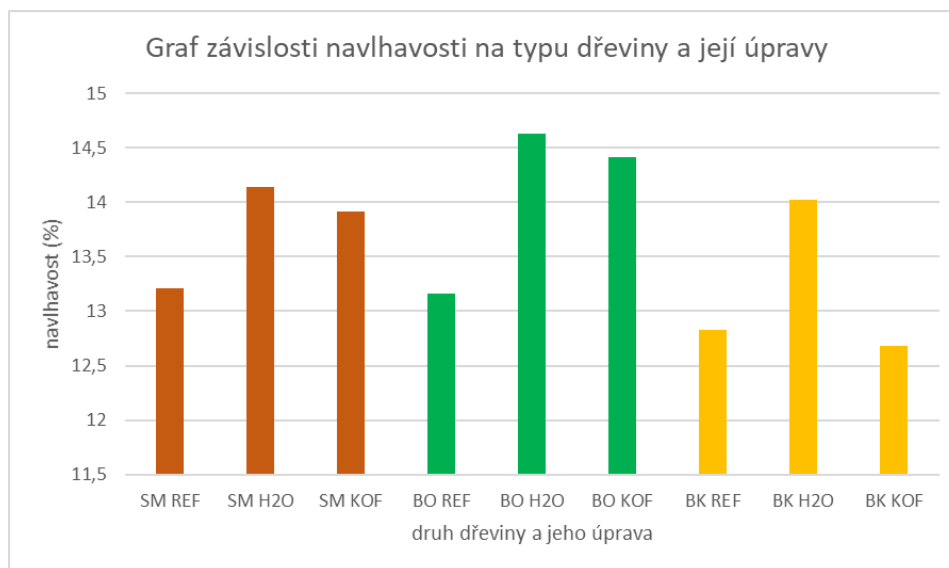
označení	A-1	E-1	A-2	E-2	A-3	E-3	B-1	H-1	B-2	H-2	B-3	H-3
Průměr (GU)	4,34	3,42	2,87	4,10	3,31	3,05	3,70	3,48	3,07	3,57	3,47	3,71
Sm.odch.	0,57	1,24	0,28	1,22	0,50	0,51	0,55	0,59	0,42	0,53	0,30	0,24

Z naměřených hodnot pak vyplývá, že všechny vzorky disponují velmi malou hodnotou lesku, a tedy spadají do skupiny matných materiálů (viz Tabulka 1). Nejvyšší průměrnou hodnotu čísla lesku vykazovaly vzorky A-1, tedy referenční vzorky bez úpravy. Nejnižší průměrnou hodnotou disponovaly vzorky ošetřeny kofeinem a následně vyplavovány, označeny jako A-2.

Mezi těmito dvěma skupinami byl po provedení Tukeyova HSD testu zjištěn statisticky významný rozdíl (viz příloha 3). Jelikož se však jedná pouze o vzorky referenční, je toto zjištění pro účely této práce bezvýznamné.

## 5.4 Zhodnocení navlhavosti

Při hodnocení navlhavosti u jednotlivých dřevin byla zaznamenána jistá grafická similarita mezi vzorky jehličnatých dřevin smrku a borovice. U těchto dřevin se nejvíce rovnovážné vlhkosti ustálilo ve vzorcích vyplavených vodou a poté ve vzorcích impregnovaných kofeinem. To samozřejmě vychází z průměrných hodnot navlhavosti (viz Tabulka 5).



Graf 3 sloupcový graf porovnání navlhavosti

Tabulka 5 výsledky měření navlhavosti

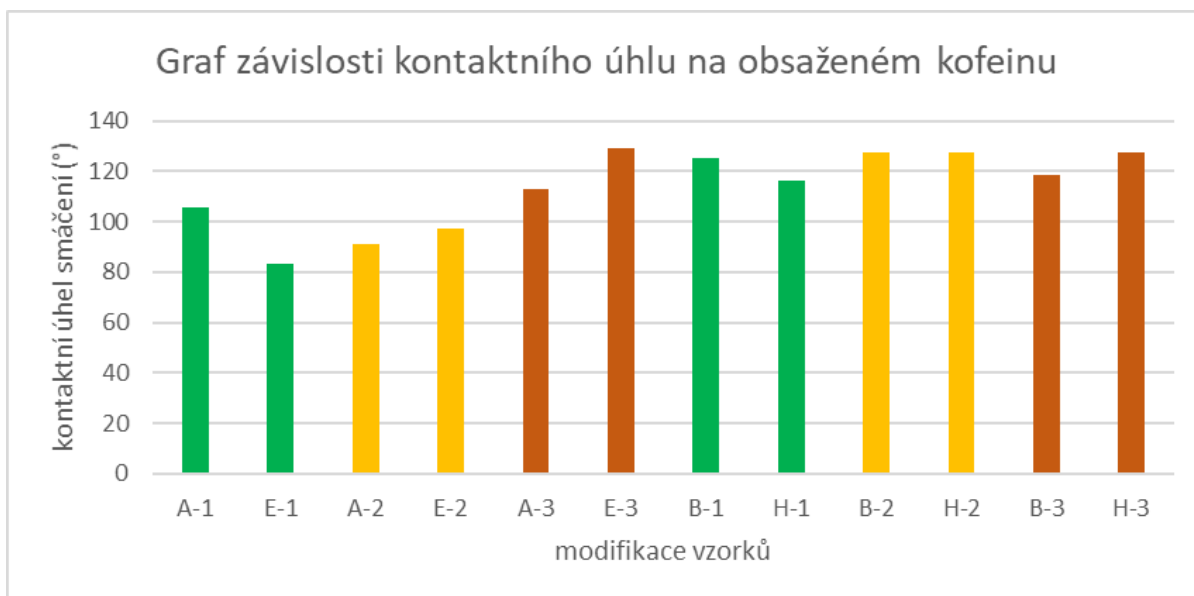
Označení	SM REF	SM H2O	SM KOF	BO REF	BO H2O	BO KOF	BK REF	BK H2O	BK KOF
Navlhavost (%)	13,21	14,14	13,91	13,16	14,63	14,42	12,83	14,02	12,68
Sm. odch.	0,28	0,52	0,56	0,25	0,20	0,30	0,18	0,47	0,17

Vzorky dřeva buku vymývané vodou vykazovaly podobné chování jako u předchozích dvou dřevin, avšak hodnota navlhavosti vzorků impregnovaných kofeinem byla menší než u referenčních vzorků. Lépe je to pak vyjádřeno krabicovými grafy, které jsou součástí přílohy.

To, zdali kofein zásadně ovlivnil navlhavost dřeva, dobře shrnuje tabulka Tukeyova HSD testu významnosti, kde bylo zjištěno několik statisticky významných rozdílů mezi průměrnými hodnotami navlhavosti (viz příloha 3). Ze vzorků ošetřených kofeinem byli jimi rozdíly mezi SM REF a SM KOF, BO REF a BO KOF, BK H2O a BK KOF. Lze tedy říci, že kofein navýšil navlhavost dřevin smrku a borovice.

## 5.5 Zhodnocení smáčení

Smáčení bylo hodnoceno na základě kontaktního úhlu smáčení. Z výsledků uvedených v grafu 4 a tabulce 6 je vidět, že nejméně smáčely povrch vzorky E-3, tedy vzorky impregnované kofeinem a modifikované v Xenotestu. Nejvíce pak smáčely povrch vzorky E-1, tedy vzorky impregnované kofeinem bez dalších úprav.



Graf 4 sloupcový graf porovnání kontaktního úhlu smáčení

Tabulka 6 Výsledky měření kontaktního úhlu

označení	A-1	E-1	A-2	E-2	A-3	E-3	B-1	H-1	B-2	H-2	B-3	H-3
KÚ průměr	105,56	83,37	90,90	97,48	113,15	129,39	125,49	116,21	127,47	127,66	118,58	127,33
KÚ Sm. Odch.	16,41	13,61	22,43	7,96	17,90	5,48	6,01	9,80	13,71	5,68	6,14	3,86

Tukeyův HSD test pak poukázal na významné rozdíly mezi některými skupinami vzorků. Jelikož je však posuzován čistě vliv kofeinu na smáčivost povrchu, jsou předmětem zkoumání vzorky impregnované proti referenčním, kdy obě skupiny mají stejnou dodatečnou modifikaci.

Z tohoto výběru se pak ukázal statisticky významný rozdíl jen mezi vzorky A-1 a E-1, kdy vzorky impregnované kofeinem smáčely povrch lépe než k nim přiřazené referenční vzorky. Ostatní kombinace se ukázaly jako statisticky nevýznamné.



## 6 Diskuze

V rámci této práce byl zjištěn vliv kofeinu na navlhavost dřeva, kdy rovnovážná vlhkost byla vyšší než u reference. Tento výsledek nepovažuji za moc pozitivní, jelikož s přibývajícím vlhkostí klesají mechanické vlastnosti dřeva a je zde větší pravděpodobnost napadení biotickými škůdci.

*(Reinprecht, Pánek 2016)*

Na druhou stranu v práci jiných autorů (Kwaśniewska-Sip, Ratajczak, Cofta) byly zjištěny inhibiční účinky kofeinu proti některým druhům hub. Proto by nemuselo být větší riziko ohrožení dřeva kvůli vlhkosti tak závažné.

Zároveň také nebyla potvrzena barevná změna ani změna lesku. Jelikož se ale jedná spíše o estetické faktory, může být tento výsledek považován za pozitivní. Jelikož u kofeinu byla prokázána účinnost proti některým biotickým škůdcům, dalo by se uvažovat o použití impregnace v prostorách chráněných před povětrnostními vlivy.

Při porovnání kontaktního úhlu smáčení byl pozorován pokles kontaktního úhlu u skupiny vzorků impregnovaným kofeinem bez další úprav. To trochu nahrává tvrzení, že by dřevo impregnováno kofeinem nemělo být využíváno při venkovní expozici.

Bohužel při zpracovávání této bakalářské práce nebyly nalezeny výzkumy zabývající se vlivem kofeinu na fyzikální vlastnosti. Proto v diskusi není srovnání s výsledky jiných autorů.

## 7 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývala fyzikálními vlastnostmi kofeinem impregnovaného dřeva. Jednalo se o smrkové dřevo impregnované metodou máčení a byl hodnocen vliv kofeinu na změnu barvy, lesku, navlhavosti a kontaktního úhlu smáčení. Některé vzorky byly také vymývány vodou či podrobeny stárnutí v Xenotestu.

Změny barvy a lesku vzorků byly statisticky vyhodnoceny jako nevýznamné, a tedy nebyl pozorován vliv kofeinu na tyto charakteristiky dřeva.

Potvrzen byl vliv na navlhavost, kdy se rovnovážná vlhkost vzorků dřeva smrku a borovice ošetřených kofeinem ustálila na vyšší hladině než u vzorků referenčních, a to přibližně o 1 %. Z výsledků se však také zjistilo, že vymývání dřeva tuto hladinu zvyšuje o pár desetin procenta.

Při hodnocení výsledků z buku byl pozorován u vzorků s kofeinem opačný stav, kdy se navlhavost snížila o pár desetin procenta. To bylo však statisticky vyhodnoceno jako nevýznamné.

Při hodnocení kontaktního úhlu smáčení byl pozorován pouze jeden významný případ, kdy smáčivost povrchu skupiny vzorků ošetřených kofeinem byla menší než u vzorků referenčních. Kontaktní úhel smáčení byl menší o 22,19°. Ostatní výsledky měření byly hodnoceny jako nevýznamné, a tedy u nich nebyl prokázán vliv kofeinu na smáčivost.

Závěrem lze tedy říci, že u kofeinu nebyl prokázán vliv na většinu zkoumaných fyzikálních vlastností.

## 8 Použitá literatura

- BÖHM, M. - REISNER, J. - BOMBA, J. 2012. Materiály na bázi dřeva (Učební text). Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2251-6, 2012, 181 str.
- BUČKO, Ján, Ladislav ŠUTÝ a Martin KOŠÍK. Chemické spracovanie dreva. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1988.
- CLERICI, D. J. et al. Effects of nanostructured essential oils against subterranean termites (*Coptotermes gestroi*). *Journal of Applied Entomology*. 2018, vol. 142, no. 4, s. 406-412. ISSN 0931-2048
- CIVIDINI, R.; TRAVAN, L.; ALLEGRETTI, O. White beech: A tricky problem in drying process. In: International Scientific Conference on Hardwood Processing. 2007. September 24-26, Québec City, Canada.
- COFTA, GRZEGORZ; KWAŚNIEWSKA-SIP, PATRYCJA; WELTROWSKI, KRZYSZTOF. Caffeine as anti-mould additive for wood preservative contain copper. *Warsaw University of Life Sciences*, 101.
- DEJMAL, A. 2009. Sušení a modifikace dřeva (Učební text). Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2009. dostupné z: <https://docplayer.cz/107308396-Suseni-a-modifikace-dreva-ucebni-texty.html>
- GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. Nauka o dřevě. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1996. ISBN 80-7157-194-6.
- HORÁČEK, Petr. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva I. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. ISBN 978-80-7375-169-2.
- JANKOVSKÝ, M., J. LACHMAN a L. STASZKOVÁ. Chemie dřeva. Praha, 1999. Skripta. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA PRAHA
- KETTUNEN, P. O. Wood: structure and properties. Uetikon-Zuerich: Trans Tech Publications, 2006. ISBN 9780878494873;0878494871;.
- KOLLMANN, Franz F. P. a Wilfred A. CÔTÉ. Principles of wood science and technology. London: Allen, 1968.
- Kwaśniewska-Sip, Patrycja & Bartkowiak, Monika & Cofta, G. & Nowak, Piotr. (2019). Resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) after treatment with caffeine and thermal modification against *Aspergillus niger*. *BioResources*. 14. 1890-1898. 10.15376/biores.14.1.1890-1898.
- LIŠKOVÁ, T. Odolnost dřeva modifikovaného rostlinnými extrakty vůči termitům. Praha, 2019, s. 66-69.
- MATOVIČ, Anton. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva: Určeno pro posl. les. fak. obor dřevař a les. Brno: Vysoká škola zemědělská, 1993. ISBN 80-7157-086-9.

MORAVCOVÁ, Jitka. Biologicky aktivní přírodní látky. Praha, 2006, 108 s. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/23052933/pomucka-biologicky-aktivni-prirodni-latky>

MINAŘÍK, Jan. Farmakognosie: učební text pro střední zdravotnické školy, studijní obor farmaceutický laborant. Praha: Avicenum, 1979. s. [6]. Dostupné také z: <https://ndk.cz/uuid/uuid:4d4c1850-5dc2-11e6-9dd6-5ef3fc9ae867>

LU, Xi a Yingcheng HU. Layer-by-layer Deposition of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles in the Wood Surface and its Superhydrophobic Performance. *Bioresources*. 2016, vol. 11, no. 2, s. 4605-4620. ISSN 1930-2126.

EVANS, William Charles. Trease and Evans Pharmacognosy: Alkaloids [online]. 16. vyd. printed in China: Elsevier, 2009, s. 353-415 [cit. 2020-30-5]. ISBN 978-0-7020-2933-2.

ERBIL H. Y.: Surface Chemistry of Solid and Liquid Interfaces. Blackwell Publishing, Oxford 2006. ISBN-10: 1-4051-1968-3.

OHTA, Noboru a Alan ROBERTSON. Colorimetry: Fundamentals and Applications [online]. 1. Aufl. Hoboken: Wiley, 2006;2005;. ISBN 9780470094723;0470094729;9780470338056;0470338059;.

OSECKÁ, K. Vliv polysacharidů na vstřebávání kofeinu z nápojů [online]. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. 2012.

PÁNEK, Miloš et al. Colour Stabilization of Oak, Spruce, Larch and Douglas Fir Heartwood Treated with Mixtures of Nanoparticle Dispersions and UV-Stabilizers after Exposure to UV and VIS-Radiation. *Materials* (Basel, Switzerland). 2018, vol. 11, no. 9, s. 1653. ISSN 1996-1944.

PÁNEK, Miloš et al. Durability of the Exterior Transparent Coatings on Nano-Photostabilized English Oak Wood and Possibility of Its Prediction before Artificial Accelerated Weathering. *Nanomaterials* (Basel, Switzerland). 2019, vol. 9, no. 11, s. 1568. ISSN 2079-4991.

PÁNEK, M. (2015): Nátěry na dřevo a jejich testování, FLD-CZU v Praze, 1. vydání, 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7

POŽGAJ, A., CHOVANEC, D., KURJATKO, S., BABIAK, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda a.s., 1997. 485 s. ISBN 80-07-00960-4

PRCHAL, Václav a Naděžda FASUROVÁ. Návod pro Praktikum z koloristiky a kolorimetrie. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2007. ISBN 978-80-214-3454-7.

Ratajczak, I., Woźniak, M., Kwaśniewska-Sip, P. et al. Chemical characterization of wood treated with a formulation based on propolis, caffeine and organosilanes. *Eur. J. Wood Prod.* 76, 775–781 (2018). <https://doi.org/10.1007/s00107-017-1257-9>

REINPRECHT, Ladislav a Miloš PÁNEK. Trvanlivost a ochrana dřeva. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.

REINPRECHT, Ladislav. Ochrana dřeva: vysokoškolská učebnica. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.

ROWELL, Roger M. a American Chemical Society. Cellulose, Paper, and Textile Division. The Chemistry of solid wood. Washington, D.C: American Chemical Society, 1984. ISBN 9780841223899;0841223890;.

SLUNSKÁ, Sylvie a Ladislav REINPRECHT. STÁLOBAREVNOST DŘEVA BOROVICE, BUKU A SMRKU UPRAVENÉHO HNEDÝM NÁTEREM SUPERWAX PRI URÝCHLENÉM STÁRNUTÍ V XENOTESTU/COLOUR STABILITY OF PINE, BEECH AND SPRUCE WOOD TREATED WITH BROWN SUPERWAX COATING AT ACCELERATED WEATHERING IN XENOTEST. Acta Facultatis Xylogiae Zvolen Res Publica Slovaca. 2015, vol. 57, no. 2, s. 61. ISSN 1336-3824.

VIKOVÁ, M. Kolorimetrie funkčních barviv [online]. Publikováno 2009. [cit. 5. 6. 2020]. dostupné z: <https://uloz.to/file/xFqMYVm4/kolorimetrie-funkcnich-barviv-pdf>

WALKER, Aidan, ed. Dřevo: velká encyklopedie : 150 druhů dřeva : podrobný průvodce "strom za stromem" : svět nejvšestrannějšího přírodního zdroje. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2858-2.

WHITEHOUSE, D. J. et al. Gloss and Surface Topography. CIRP Annals - Manufacturing Technology. 1994, vol. 43, no. 2, s. 541-549. ISSN 0007-8506.

## 9 Seznam internetových zdrojů

Climacell. BMT [online] [cit. 2020-06-02] dostupné z: <https://www.bmt.cz/climacell-112>

Drying and heating chamber. Binder [online] [cit. 2020-06-02] dostupné z: <https://www.binder-world.com/en/products/drying-and-heating-chambers>

Fichema bezpečnostní list Kofein [online] [cit. 2020-05-05]. Dostupné z <https://fichema.cz/kofein/972-kofein-ist-pharma-100-g-8592861047031.html>

Homola, V. 2012. Kontaktní úhel jako kvantifikátor smáčitelnosti materiálu. [online] [cit. 2020-06-01] dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~hom50/SLBGEOST/KUH/GS13.HTM>

Horsemen stone care [online]. [cit. 2019-05-18]. Dostupné z: <http://www.fasadyaterasy.cz/produkty/detail/horsemen-stone-care>

Kreozotové oleje [online]. [cit. 2020-06-01] dostupné z: <https://cs.qwe.wiki/wiki/Creosote#Medical>

KSJ Gloss meters [online]. [cit. 2019-06-10] Dostupné z: <https://glossmeter268.com>

Lukofob DxL [online]. [cit. 2020-05-18]. Dostupné z <https://www.lucebni.cz/cs/lukofob/69-hydrofobizacni-pripravek-lukofob-dxl.html>

Přírodní látky/Chemie přírodních látek/Přehled přírodních látek/Alkaloidy. *Wikiknihy: Hlavní strana* [online]. 2008, 2011 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: [http://cs.wikibooks.org/wiki/Přírodní\\_látky/Chemie\\_přírodních\\_látek/Přehled\\_přírodních\\_látek/Alkaloidy](http://cs.wikibooks.org/wiki/Přírodní_látky/Chemie_přírodních_látek/Přehled_přírodních_látek/Alkaloidy)

Q-SUN XE-3 XENON TEST CHAMBER. *Q-LAB* [online]. [cit. 2020-06-02]. Dostupné z: <http://www.q-lab.com>

VAVRČÍK et al., 2002. Anatomická stavba dřeva – lexikon dřev [online] [cit 2020-05-03]. Dostupné na: [http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba\\_dreva/lexikon/mikro/index.html?drevina=sm](http://ldf.mendelu.cz/und/sites/default/files/multimedia/stavba_dreva/lexikon/mikro/index.html?drevina=sm)

Zeidler, A. 2012. Lexikon dřeva - Fakulta lesnická a dřevařská - Česká zemědělská Univerzita v Praze.[online] [cit 2020-05-18].Dostupné z: <https://www.yumpu.com/xx/document/read/21591914/lexikon-dreva-fakulta-lesnicka-a-drevarska-ceska-zemedelska->

## 10 Použité normy

ČSN 49 0104 – *Zkoušky vlastností rostlého dřeva. Metoda zjišťování nasákavosti a navlhavosti.*

ČSN EN ISO 2813 – *Nátěrové hmoty. Stanovení lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20°, 60° a 85°.*

ČSN EN 350 - *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Přírozená trvanlivost rostlého dřeva.*

ČSN EN 84 - *Ochranné prostředky na dřevo. Urychlené stárnutí dřeva na biologické zkoušky. Postup vyplavováním.*

ČSN EN 927-6 *Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody.*

ISO 7724 - *Paints and varnishes — Colorimetry*

## 11 Přílohy

Příloha 1 Technické listy přípravků pro hydrofobizační úpravu.....	49
Příloha 2 Krabicové grafy zkoušky navlhavosti .....	54
Příloha 3 Tukeyovi HSD testy .....	55





Lučební závody a.s. Kolín  
Pražská 54, 280 02 Kolín, Česká republika  
tel.: +420 – 321 741 546-7, fax: +420 – 321 721 578  
e-mail: [odbyt@lucebni.cz](mailto:odbyt@lucebni.cz), <http://www.lucebni.cz>



## LUKOFOB DxL

### silikonový hydrofobizační přípravek

**Lukofob DxL** je silikonový hydrofobizační přípravek určený k finální povrchové vodoodpudivé impregnaci savých stavebních materiálů nebo jako vnitřní hydrofobizační přísada disperzních systémů. Účinnou složkou je silan-siloxan emulgovaný ve vodě s vysokou účinností vůči alkaliťe betonových podkladů.

Přípravek je dodáván jako koncentrát - před použitím se ředí vodou.

#### Působení přípravku

- zajištění vodoodpudivosti - minimalizace nasákavosti podkladu vodou, odpuzuje ji
- zachování propustnosti materiálu pro vodní páry
- omezení vnikání vodorozpusných nečistot - snížení špinivosti a vylepšená samočisticí schopnost ošetřeného podkladu
- ochrana před mrazovým poškozením
- ochrana podkladu proti chemickým rozmrazovacím látkám
- snížení výskytu povrchových výkvětů vznikajících transportem vody v pórech materiálu
- omezení podmínek pro výskyt mikroorganismů
- zachování tepelné izolace a prodloužení životnosti silikátových materiálů
- dlouhodobá životnost hydrofobní úpravy díky vysoké odolnosti silikonových přípravků vůči povětrnosti, UV záření a teplotním cyklům

#### Základní parametry

Vzhled	mléčně bílá kapalina (po vyschnutí transparentní)
Obsah účinné složky (%)	50
Hustota (g/cm <sup>3</sup> )	0,98 - 0,99
Viskozita (mPa.s/20°C)	5 - 30
pH	4 - 6
Pracovní teplota (°C)	+5 až +30
Mísitelnost	neomezená s vodou
Nefilmotvorný	penetrace do podkladu
Balení	25 kg / 1000 kg menší obal na objednávku
Skladovatelnost	12 měsíců / +5 až +40°C nesmí zmraznout!



#### Výhody

ekologický výrobek bez rozpouštědel a zápachu  
aplikace bez rizika výkvětů nebo lesklých míst  
zachování paropropustnosti  
zvýšená odolnost vůči alkalickému prostředí

#### Oblast použití

Pro povrchovou hydrofobní impregnaci méně nasákavých podkladů s menšími póry, tmavých a členitých povrchů, kde by mohlo hrozit riziko tvorby výkvětů nebo lesklých ploch, především

- umělý kámen (na cementové bázi), oblady, ploty, zahradní prvky
- vyzrálé betonové plochy, konstrukce a dílce
- betonové dlažby
- minerální nátěry
- pálená nebo betonová střešní krytina máčením

Nepoužívá se na neporézní materiály – asfalt, syntetické pryskyřice a nátěry, kovy, plasty, dřevo, dřevotříska. Přípravek není určen jako izolace proti působení tlakové vody (základy, nádrže) nebo na utěsnění trhlin proti průniku vody.

Další použití jako vnitřní hydrofobizační přísada pro zvýšení hydrofobity, snížení špinivosti a zlepšení samočisticích schopností

- modifikace disperzních omítkovin
- modifikace disperzních nátěrových hmot

### Podmínky při aplikaci

optimální teplota okolí, podkladu a přípravku je mezi +5 až + 30°C

- Aplikace na příliš osluněný podklad nebo za silného větru se nedoporučuje, nedojde k hloubkové penetraci přípravku.
- Ošetřený povrch je nutné chránit do 24 hodin před deštěm. Přípravek zasychá několik hodin dle okolních podmínek (minimálně 2 hodiny).

### Příprava podkladu

- Aplikuje se na suché, čisté, soudržné plochy. Lze nanášet i na slabě zavlhlé podklady, může však dojít ke snížení účinnosti.
- Vápenné výkvěty, staré, loupající se nátěry je třeba otryskat nebo okartáčovat. Prach, nečistoty a zbytky čistících prostředků se důkladně omyjí čistou, nejlépe tlakovou vodou.
- Trhliny, spáry a nesoudržná místa se vyspráví před aplikací hydrofobizačního přípravku.
- Podklad a spáry musí být dostatečně zkarbonizované (dle druhu materiálu 2–4 týdny).
- Přílehlé neporézní plochy (okna, dveře), části fasád, dlažby, které nemají být hydrofobizovány, rostliny apod. je nutné zakrýt.

### Způsob povrchové hydrofobizace

stříkání nízkotlakým postřikovačem  
nános válečkem nebo nátěr širokým štětcem  
máčení lázeň

- Přípravek předem otestujte na malé ploše pro ověření požadovaného efektu a spotřeby.
- Přípravek se nanáší pouze po naředění vodou. Koncentrát před použitím důkladně promíchejte.
- Obvykle se aplikuje opakovaně bez mezi vyschnutí (mokrý do mokrého), v množství, které stačí vsakovat a minimálně stéká. Další vrstva se nanese až po vsáknutí předchozího nánosu.

pro zajištění maximální hydrofobní ochrany se aplikace provádí až do nasycení podkladu

- Na vodorovných, méně nasákových plochách se přebytečný nevsáklý roztok před zaschnutím povrchu setře. Jinak hrozí riziko vzniku nepravidelných lesklých skvrn.
- Při natírání nebo válečkování se pracuje vždy s dostatečně napuštěnými nástroji.
- Při stříkání se volí tlak a průměr trysky tak, aby se netvořila mlha a tryska se pohybovala podél podkladu v minimálním odstupu.
- Přípravek musí být nanesen rovnoměrně v celé ploše, aby nedošlo ke vzniku míst bez ošetření.
- Hydrofobizace máčením se obvykle provádí po dobu 1 – 5 minut dle nasákovosti materiálu.

- Stabilita naředěného přípravku je omezená, naředěný přípravek vždy důkladně promíchejte.

### Ředění vodou

1:4 – 1:10	stříkání, nátěr
1:150 – 1:300	máčení – střešní krytina

### Spotřeba

0,3 až 1 l/m <sup>2</sup> naředěný přípravek	10 - 33 m <sup>2</sup> / 1 l koncentrát, ředění 1:9 (dle nasákovosti podkladu a vydatnosti nánosu)
nástup hydrofobního účinku ihned po zaschnutí plný efekt se projeví po omytí dešťovou vodou	

### Životnost

- Podle kvality provedení, druhu podkladu a intenzity povětrnostního namáhání činí 5 – 10 let. Zvýšení účinnosti je možné následným nátěrem, nástřikem pouze po předchozím odzkoušení míry nasákovosti podkladu.

### Vnitřní modifikace disperzních systémů

Přídavek silikonové emulze (bez ředění) k formulovanému disperznímu systému činí 6 – 8 %.

### Čištění

- Nářadí a potřísněné nesavé podklady ihned omytí důkladně vodou ještě před zaschnutím. Zaschlý přípravek lze odstranit rozpouštědlem (benzín, xylol, S 6005/S 6006).

### Důležité

- Hydrofobizovaný podklad se obtížně přetírá disperzními barvami, při nanášení omítky může dojít ke snížení adheze. Tyto povrchové úpravy je doporučováno provádět až v časovém odstupu a vždy po ověření přilnavosti.
- **Dodržujte pokyny uvedené na etiketě, před použitím přečtěte informace v technickém listě a technologických pravidlech** od výrobce na [www.lucebni.cz](http://www.lucebni.cz) nebo u prodejce.
- Údaje uvedené v technickém listě obsahují všeobecné informace o výrobku a jeho použití, které odpovídají našim současným znalostem. V praxi se mohou vyskytnout odchylky v závislosti na způsobu aplikace a působení vnějších vlivů.

### Bezpečnost, likvidace

- Informace ohledně likvidace a bezpečnosti při manipulaci, skladování a dopravě naleznete v bezpečnostním listě na [www.lucebni.cz](http://www.lucebni.cz).

Tento prospekt obsahuje nezávazné údaje, které jsou pro zákazníka informativní. Uvedené typy aplikací nejsou zcela vyčerpávající. V případě pochybností nebo nejasností se obraťte na Oddělení obchodně-technických služeb Lučebních závodů a.s. Kolín, tel.: 321 741 351-2, e-mail: [ots@lucebni.cz](mailto:ots@lucebni.cz), [www.lucebni.cz](http://www.lucebni.cz) 1 / 2017



## MILIEUVRIENDELIJK IMPREGNEERMIDDEL VOOR POREUZE STEEN, BETON EN MINERALE ONDERGRONDEN ZOALS KALKVERF, KALEI OF KALKSTUCCO'S.

horsemen stone care betonprotectie is een watergedragen water- en vuilwerende bescherming voor zuigende steen en minerale ondergronden.

Door toepassing van deze nieuwe ontwikkeling met uiterst kleine deeltjes kunnen wij stenen materialen beschermen tegen water, algenvorming en luchtvervuiling zonder het originele uitzicht te veranderen. De uiterst kleine wasdeeltjes van de **horsemen stone care betonprotectie** zorgen voor een indringing in de porie van de steen en vormen een ademende, waterafstotende en vuilafwerende protectie. De reiniging en het onderhoud wordt een stuk gemakkelijker. Doordat de porie van de steen gevuld is met wasen, kunnen algen en mossen zich niet meer vasthechten en waar er nog mosvorming ontstaat (de diepere plaatsen) kunnen deze gemakkelijk verwijderd worden.

### TOEPASSING

- Behandeling van poreuze minerale ondergronden zoals kalksteen, zandkalksteen, leien, klinkers, beton, cementvloeren, terracotta, poreuze gevelstenen, onbehandelde kleipannen, kalkverf, kalei, kalkstucco's.....
- Vooral aan te bevelen voor betonbalkons waarvan de zijanten vlug groen worden door algenvorming.

### EIGENSCHAPPEN

- Goede penetratie dankzij de minuscule wasemulsie.
- Na droging behoudt het oppervlak zijn originele kleur!
- De porie van de steen wordt gevuld met natuurlijke wasen zodanig dat algen en mossen zich niet kunnen vasthechten.
- Beschermt tegen regenwater, luchtvervuiling en pollutie.
- Bevat anti-bacteriële eigenschappen en is volledig dampdoorlatend.
- Bevat geen silicone-olie of oplosmiddelen (0 gram VOC)
- Eenvoudig aan te brengen.
- Ongevaarlijk voor mens, milieu en steen.
- Maakt geen vlekken op andere materialen ( druppels en plasjes afvegen)
- Is gemakkelijk verwijderbaar met een alkalische reiniger (PH10)
- Bezorgt uw oppervlak vuil-, water- en algenwerende eigenschappen
- Een hoog rendement in de onderhoudskost
- Door een duurzame behandeling kan men de frequentie tot onderhoud zeer sterk verminderen.
- Bezorgt uw steenoppervlak een slijtvaste bescherming door de aanwezigheid van glasparels.

## WERKING

Na het verdampen van het water bekomt het behandelde oppervlak een laagje natuurlijke wassen die water- en vuilafwerend werkt. Wij raden toch aan minimaal tweemaal te behandelen om er zeker van te zijn dat alle pories gevuld zijn. Na 24 uur droging bij een maximale relatieve vochtigheid van 60 % verkrijgt men zijn optimale kenmerken. De lagen moeten wel egaal aangebracht worden. Er ontstaat geen verkleuring van de steen en de glans van het oppervlak verandert niet. Bij hardere oppervlaktes waar de emulsie moeilijker indringt kan, door gebruik van meerdere lagen, de glans wat verhogen. Na enkele maanden zal de glansgraad wel verminderen.

## TECHNISCHE GEGEVENS

- Densiteit: 1,06
- Ph-waarde: 9,4
- Geur: zwakke wasgeur
- Viscositeit: 12"/DIN.4mm
- Uitzicht: melkachtige vloeistof

## VERWERKING

Voor gebruik goed omroeren en enkele minuten tot rust laten komen. Tijdens gebruik regelmatig doorroeren daar de glasparels sedimenteren en voor glansverschillen kunnen zorgen. Aanwenden op gereinigde en ontvette ondergronden. Indien er mossen of algen aanwezig zijn, deze eerst verwijderen met een geschikte ontmosser of reiniger en laten drogen. Let op: bij zeer zuigende oppervlaktes niet te veel aanbrengen in één keer; daardoor zou na droging een witte waas kunnen ontstaan. Daarom altijd met verschillende lagen werken tot het oppervlak verzadigd is.

## APPLICATIE

Onverdund aanbrengen met borstel of rol. Voor grotere oppervlaktes kan het product met een lage drukspuit aangebracht worden; nadien steeds het aangebrachte product met borstel of rol gelijkmatig verdelen. Men kan ook

het product via een airless-pistool aanbrengen maar daar opnieuw het product nadien gelijkmatig verdelen. Plassen en druppels vermijden en indien deze voorkomen ze mooi uitborstelen. Nooit op te warme oppervlaktes (in volle zon) gebruiken daar het water te vlug verdampt zodanig dat het product te snel droogt en niet meer gelijkmatig kan verdeeld worden. (dit om streepvorming te voorkomen). Alle gebruikte materialen zijn met water te reinigen.

## DROOGTIJD

Stofdroog na ongeveer 30 minuten afhankelijk van de ondergrond en de weersomstandigheden. Het product minimaal 24 uur laten doorharden vooraleer te belasten!

## VERBRUIK

5 tot 10 m<sup>2</sup> per liter afhankelijk van de aanbrengmethode en het zuigen van de steen. Bij een tweede laag heeft men maar de helft meer nodig. De optimale werking bekomt men wanneer het oppervlak volledig verzadigd is.

## VERPAKKING EN STOCKERING

**Beschikbare verpakkingen:** 2500 ml. blik, 5 liter blik.  
**Houdbaarheid:** maximaal 2 jaar in gesloten verpakking  
**Bewaren:** buiten bereik van kinderen en vorstvrij.

## VEILIGHEID

Dit product is volkomen veilig voor mens en milieu. Het preparaat is geclassificeerd als ongevaarlijk en bevat 0 gram oplosmiddel.

De in de technische fiche beschreven gegevens zijn gedaan na de nodige testen en jarenlange ervaring. De gebruiker dient de toepassing van bewust product te toetsen aan de voor hem geldende en bestaande omstandigheden. Uit de technische fiche kan geen enkele garantie afgeleid worden. Bij twijfel, voer zelf eerst een test uit.





# Horsemen Stone Care



### Popis výrobku:

Horsemen Stone Care je vodou ředitelná vosková emulze bez rozpouštědel. Původně byla vyvinuta pro ochranu kamene, ale velmi se osvědčila jako ochranný nátěr pro wpc terasy, ploty, lavičky a fasády. Takto natřená wpc prkna se výrazně lépe čistí.

Emulze Horsemen Stone Care je jednoduše odstranitelná, má neutrální film, je hydrofobní, prodyšná a neškodí životnímu prostředí.

### Technické údaje:

Vzhled:	bílá tekutina
Zápach:	slabě po vosku
Hustota:	1
pH t:	9,4
Skladovatelnost:	2 roky v uzavřeném originálním obalu a správném skladování (+10 až +25°C)

**Příprava:** Plocha musí být suchá, zbavená nečistot a mastnoty.

**Pokyny:** Před použitím dobře promíchejte. Neředěný přípravek nanášejte štětcem, houbou nebo jej nastříkejte na ošetřovaný povrch. Na neošetřenou plochu naneste minimálně 2 vrstvy.

**Doba schnutí:** Proti prachu: po 2 hodinách  
Pro přetírání: po 24 hodinách pro druhou vrstvu  
Vlhkost, teplota a proudění vzduchu ovlivňují rychlost schnutí.

**Vydatnost:** 7 m<sup>2</sup> / litr

**Následná péče:** Dříve neupravované plochy doporučujeme natřít dvěma nátěry. Jednosložkový systém je bezpečný, bez rizika při zpracování a je jednoduše odstranitelný alkalickým čističem nebo vodou pod vysokým tlakem. Proto je vhodný jako antigrafiti systém.

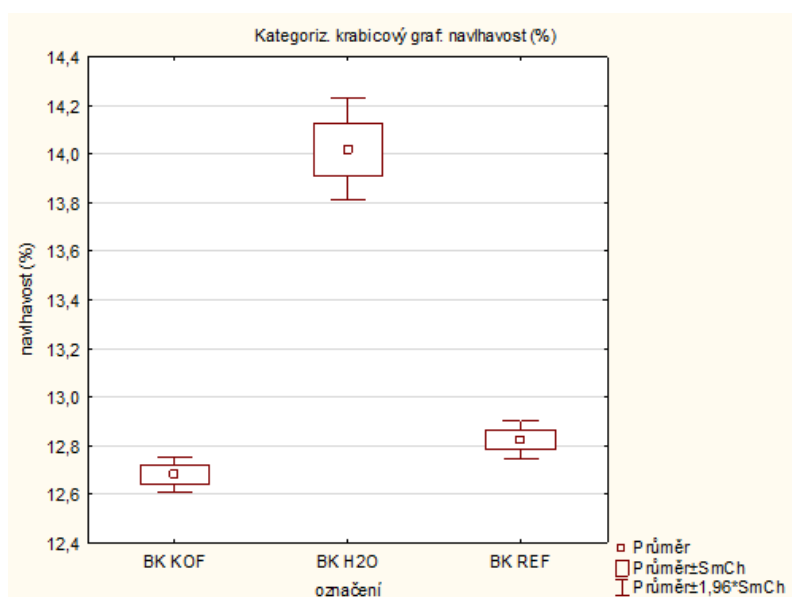
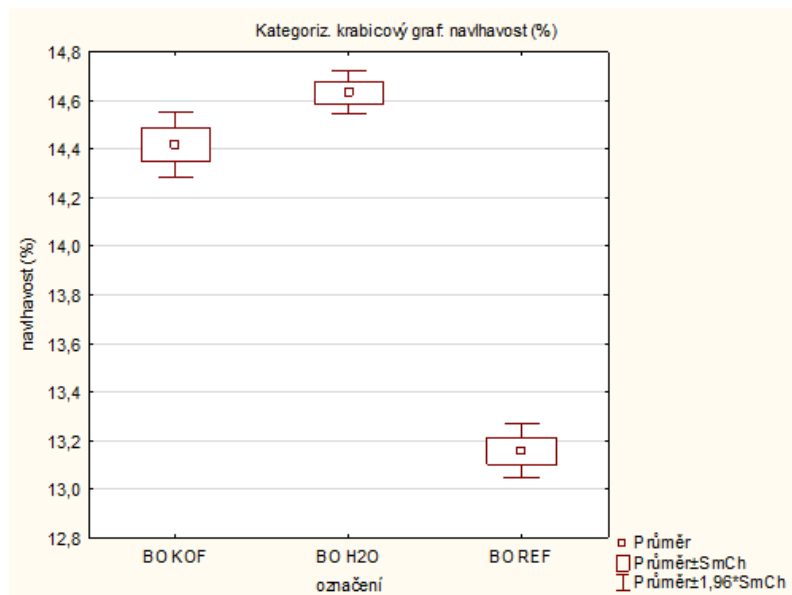
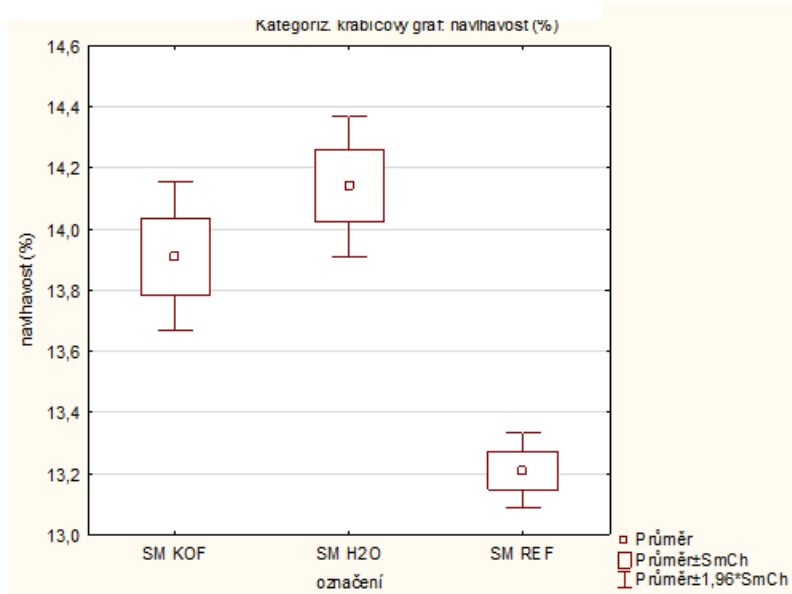
Horsemen Stone Care ničí bakterie a tím zabraňuje i vzniku plísně.

**Balení:** 5 lt, 20 lt, 120 lt a 1000 lt

**Zvláštní informace:** Chránit před mrazem. Výrobek neobsahuje organická rozpouštědla. Je prodyšný (PAM/ASTM E96-80) a výborně chrání. Je hydrofobní

**Dodavatel:** FASÁDY & TERASY s.r.o., Budějovická 1035, 252 42 Jesenice u Prahy

Příloha 2 Krabicové grafy zkoušky navlhavosti



označení	Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	M=13,91 1	M=14,141	M=13,210	M=14,417	M=14,631	M=13,158	M=12,680	M=14,019	M=12,825
SM KOF 1		0,513198	0,00001	0,000263	0,00001	0,00001	0,00001	0,989181	0,00001
SM H2O 2	0,513198		0,00001	0,253868	0,000473	0,00001	0,00001	0,976976	0,00001
SM REF 3	0,00001	0,00001		0,00001	0,00001	0,999951	0,000121	0,00001	0,018442
BO KOF 4	0,000263	0,253868	0,00001		0,613365	0,00001	0,00001	0,012099	0,00001
BO H2O 5	0,00001	0,000473	0,00001	0,613365		0,00001	0,00001	0,000012	0,00001
BO REF 6	0,00001	0,00001	0,999951	0,00001	0,00001		0,000748	0,00001	0,075398
BK KOF 7	0,00001	0,00001	0,000121	0,00001	0,00001	0,000748		0,00001	0,93505
BK H2O 8	0,989181	0,976976	0,00001	0,012099	0,000012	0,00001	0,00001		0,00001
BK REF 9	0,00001	0,00001	0,018442	0,00001	0,00001	0,075398	0,93505	0,00001	

označení	Tukeyův HSD test; proměn.:KÚ Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	M=105,56	M=90,897	M=113,15	M=125,49	M=127,47	M=118,58	M=83,367	M=97,479	M=129,39	M=116,21	M=127,66	M=127,32
A-1 1		0,243488	0,962078	0,019128	0,005788	0,4202	0,004848	0,941663	0,001707	0,720439	0,005143	0,006328
A-2 2	0,243488		0,004657	0,000124	0,000123	0,000207	0,964311	0,98718	0,000123	0,000664	0,000123	0,000123
A-3 3	0,962078	0,004657		0,505989	0,276275	0,99752	0,000138	0,163053	0,127791	0,999991	0,258092	0,290546
B-1 4	0,019128	0,000124	0,505989		1	0,981168	0,000123	0,000187	0,999893	0,86191	1	1
B-2 5	0,005788	0,000123	0,276275	1		0,892629	0,000123	0,000135	1	0,645523	1	1
B-3 6	0,4202	0,000207	0,99752	0,981168	0,892629		0,000124	0,009547	0,70084	0,999999	0,878328	0,902733
E-1 7	0,004848	0,964311	0,000138	0,000123	0,000123	0,000124		0,296663	0,000123	0,000124	0,000123	0,000123
E-2 8	0,941663	0,98718	0,163053	0,000187	0,000135	0,009547	0,296663		0,000125	0,037405	0,000133	0,000137
E-3 9	0,001707	0,000123	0,127791	0,999893	1	0,70084	0,000123	0,000125		0,400496	1	1
H-1 10	0,720439	0,000664	0,999991	0,86191	0,645523	0,999999	0,000124	0,037405	0,400496		0,621348	0,663596
H-2 11	0,005143	0,000123	0,258092	1	1	0,878328	0,000123	0,000133	1	0,621348		1
H-3 12	0,006328	0,000123	0,290546	1	1	0,902733	0,000123	0,000137	1	0,663596	1	

označení	Tukeyův HSD test; proměn.: číslo lesku (GU)											
	Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	M=4,3350	M=3,6950	M=3,4150	M=3,4750	M=2,8700	M=3,0650	M=4,1000	M=3,5650	M=3,3100	M=3,4700	M=3,0450	M=3,7050
A-1 1		0,922265	0,551206	0,648244	0,040215	0,12571	0,999988	0,782846	0,387435	0,640257	0,112768	0,92962
B-1 2	0,922265		0,999929	0,999994	0,703017	0,92962	0,997685	1	0,998528	0,999992	0,914424	1
E-1 3	0,551206	0,999929		1	0,973944	0,999394	0,883082	1	1	1	0,998989	0,999899
H-1 4	0,648244	0,999994	1		0,945924	0,997422	0,933119	1	1	1	0,996068	0,99999
A-2 5	0,040215	0,703017	0,973944	0,945924		0,999998	0,15499	0,87302	0,995223	0,948843	0,999999	0,68761
B-2 6	0,12571	0,92962	0,999394	0,997422	0,999998		0,373002	0,986436	0,999981	0,997685	1	0,922265
E-2 7	0,999988	0,997685	0,883082	0,933119	0,15499	0,373002		0,977266	0,75492	0,92962	0,344974	0,99815
H-2 8	0,782846	1	1	1	0,87302	0,986436	0,977266		0,999972	1	0,981634	1
A-3 9	0,387435	0,998528	1	1	0,995223	0,999981	0,75492	0,999972		1	0,999959	0,99815
B-3 10	0,640257	0,999992	1	1	0,948843	0,997685	0,92962	1	1		0,996443	0,999988
E-3 11	0,112768	0,914424	0,998989	0,996068	0,999999	1	0,344974	0,981634	0,999959	0,996443		0,906091
H-3 12	0,92962	1	0,999899	0,99999	0,68761	0,922265	0,99815	1	0,99815	0,999988	0,906091	

označení	Tukeyův HSD test; proměn.: ▲ E					
	Označ. rozdíly jsou významné na hlad. $p < ,05000$					
	1	2	3	4	5	6
	M=3,0503	M=3,5189	M=2,5524	M=3,8928	M=4,7496	M=3,5639
A1-E1 1		0,999851	0,999799	0,997341	0,939013	0,999766
B1-H1 2	0,999851		0,994887	0,999951	0,984515	1
A2-E2 3	0,999799	0,994887		0,977426	0,840836	0,993681
B2-H2 4	0,997341	0,999951	0,977426		0,997099	0,999974
A3-E3 5	0,939013	0,984515	0,840836	0,997099		0,986887
B3-H3 6	0,999766	1	0,993681	0,999974	0,986887	