

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ



Česká zemědělská univerzita v Praze

**Fakulta lesnická
a dřevařská**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

Bc. Lukáš JEROUŠEK

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

**HYDROFOBNI ÚPRAVY NA PRVOTNĚ STÁRLÉ
DŘEVO V EXTERIÉRU**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program:	Dřevařské inženýrství
Název katedry:	Katedra zpracování dřeva a biomateriálů
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

Praha 2021

Bc. Lukáš JEROUŠEK

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Jeroušek

Dřevařské inženýrství

Název práce

Hydrofobní úpravy na prvotně stárlé dřevo v exteriéru

Název anglicky

Hydrophobic treatment of initially weathered wood exposed in the exterior

Cíle práce

Cílem práce je porovnat dlouhodobou účinnost hydrofobní úpravy na prvotně zestárlém dřevě ve srovnání s nativním dřevem.

Metodika

V současné době je trendem nechat dřevo na fasádních prvcích přirozeně stárnout a zešednout. Po jisté době však vlivem vyšší nasákavosti povrchů může dojít i k zvýšenému riziku výskytu hniloby dřeva. Zvýšenou nasákavost lze redukovat použitím hydrofobních úprav.

Metodika.

1. příprava zkušebních vzorků
2. měření úvodní hodnoty smáčivosti povrchů vodou
3. vystavení vzorků v exteriéru a jejich průběžné hodnocení
4. statistické analýzy výsledků

Výsledkem práce je doporučení, jestli aplikace hydrofobní úpravy na prvotně zestárlé dřevo má požadovanou účinnost i v delším časovém horizontu.

Doporučený rozsah práce

70 s.

Klíčová slova

zestárlé dřevo, smáčivost, hydrofobní úprava, exteriér

Doporučené zdroje informací

- Hon, D. N. S., Chang, S. T. (1984): Surface degradation of wood by ultraviolet light, Journal of Polymer Science: Polymer Chemistry Edition 22(9): 2227-2241
- Oberhofnerová, E., Pánek, M., (2016): Surface wetting of selected wood species by water during initial stages of weathering, In Wood Research 61(4), 545–552, ISSN 1336-4561
- Pánek, M., Oberhofnerová, E., Zeidler, A., Šedivka, P. (2017): Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering, In: Coatings 7 (172), doi:10.3390/coatings7100172
- Pánek, M. (2015): Nátěry na dřevo a jejich testování, FLD-CZU v Praze, 1. vydání, 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7
- Petrič, M., Oven, P. (2015): Determination of wettability of wood and its significance in wood science and technology: A Critical Review, Reviews of Adhesion and Adhesives 3(2): 121-187
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. Irena Štěrbová

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 20. 10. 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Hydrofobní úpravy na prvotně stárlé dřevo v exteriéru* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Miloše Pánka, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V..... dne.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat rodině, která mi dala příležitost studovat a podporovala mě během studií. Také bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miloši Pánkovi, PhD. za předání osobních zkušeností, vědomostí a za věcné připomínky během průběhu měření a zpracování práce.

Abstrakt

V této diplomové práci je cílem porovnat dlouhodobou účinnost hydrofobní úpravy na prvotně zestárlém dřevě ve srovnání s nativním dřevem. Tato měření probíhala po dobu dvanácti měsíců na vzorcích vystavených běžným povětrnostním vlivům. Byly použity vzorky zestárlé tři roky, pět let a nativní (nestárlé) dřevo. Sledovány byly i následující vlastnosti: změna barvy, změna absolutní vlhkosti a nakonec drsnost povrchu před začátkem a po dvanácti měsících. Výsledky práce dokázaly, že lze úspěšně použít hydrofobizační prostředek ke zvýšení dlouhodobé hydrofobicity dřeva. Nejlepších výsledků dosáhly tři roky stárlé dřeviny s vysokým podílem extraktiv. Konkrétně dub s 10% koncentrací roztoku, poté modřín. U smrku docházelo k nejhorším výsledkům s 5% koncentrací. U 10% a 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku byl rozdíl nepatrný a vzorky i po roce dosahovaly vysokých hodnot mezi 100-120°.

Klíčová slova: zestárlé dřevo, smáčivost, hydrofobní úprava, exteriér

Abstract

The aim of this diploma thesis is to compare the long-term effectiveness of hydrophobic treatment on initially aged wood in comparison with native wood. These measurements were performed for twelve months on samples exposed to normal weather conditions. Samples aged three, five years and native wood were used. The following properties were also monitored: color change, moisture change and surface roughness before and after twelve months. The results of the diploma work proved that it is possible to successfully use a hydrophobic agent to increase the long-term hydrophobicity of wood. The best results were achieved by three years weathered wood with a high proportion of extracts. Specifically oak with a 10% agent concentration, then larch. Spruce had the worst results with a 5% concentration. At 10% and 15% concentrations of the hydrophobic agent, the difference was insignificant and the samples reached high values between 100-120° even after the one year.

Keywords: weathered wood, wettability, hydrophobic treatment, exterior

Obsah

Seznam tabulek a obrázků.....	15
Seznam grafů.....	16
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	17
1. Úvod	18
2. Cíle práce	19
3. Rozbor problematiky.....	20
3.1. Atmosférická degradace	20
3.1.1 Voda	21
3.1.2 Záření	21
3.1.3 Teplota.....	22
3.1.4 Proudění vzduchu.....	22
3.1.5 Kategorie jiné.....	22
3.2. Změny vlastností při atmosférické degradaci	23
3.2.1. Chemické	23
3.2.2. Barevné.....	23
3.2.3. Mikroskopické	24
3.2.4. Fyzikální	24
3.3. Hydrofobizace.....	25
3.3.1. Hydrofobní nátěry	25
3.4. Hydrofobicita	28
3.5. Barevné spektrum.....	30
3.5.1. Odstín	31
3.5.2. Živost neboli sytost barev.....	31
3.5.3. Světlost	31
3.6. Změny barevného spektra.....	32
3.6.1. Sférické měření	32
3.6.2. Víceúhlové měření barvy	32
3.6.3. Kolorimetry	32
4. Drsnost povrchu.....	33
5. Metodika	34
5.1. Příprava vzorků.....	34

5.1.1. Naformátování	34
5.1.2. Označení	34
5.1.3. Ošetření hydrofobním nátěrem	35
5.2. Měření drsnosti povrchu	38
5.3. Měření změny barvy	38
5.4. Měření smáčivosti povrchu	40
5.5. Určení vlhkosti vzorků hmotnostní metodou	41
5.6. Umístění vzorků do exteriéru	42
6. Výsledky	44
6.1. Drsnost povrchu	44
6.1.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrací hydrofobizačního roztoku	44
6.1.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	45
6.1.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku	46
6.1.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	47
6.1.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	48
6.2. Změna barvy	49
6.2.1. Smrk neošetřen a ošetřen všemi koncentracemi hydrofobizačního roztoku	49
6.2.2. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	54
6.2.3. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	58
6.3. Smáčivost povrchu	62
6.3.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrací hydrofobizačního roztoku	62
6.3.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku	63

6.3.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	64
6.3.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	65
6.3.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	66
6.4. Změna vlhkosti.....	67
6.4.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrace hydrofobizačního roztoku.....	67
6.4.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	68
6.4.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	69
6.4.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	70
6.4.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku.....	71
7. Diskuze	72
8. Závěr	75
Seznam literatury a použitých zdrojů	77
Seznam příloh.....	81

Seznam tabulek a obrázků

TABULKA 1 HMOTNOST NÁTĚRU.....	37
TABULKA 2 DATA Z METEOROLOGICKÉ STANICE.....	42
OBRÁZEK 1 HYDROFOBNI A HYDROFILNI KONTAKTNÍ ÚHEL.....	28
OBRÁZEK 2 KONTAKTNÍ ÚHEL SMÁČENÍ	29
OBRÁZEK 3 BAREVNÉ SPEKTRUM	30
OBRÁZEK 4 CIELAB PROSTOR.....	30
OBRÁZEK 5 OZNAČENÍ VZORKŮ KÓDEM.....	34
OBRÁZEK 6 ŘEDĚNÍ ROZTOKU 15% KONCENTRACE.....	35
OBRÁZEK 7 APLIKACE NÁTĚRU	35
OBRÁZEK 8 PROFILOMETR.....	38
OBRÁZEK 9 MĚŘENÍ POMOCÍ HROTU	38
OBRÁZEK 10 UMÍSTĚNÍ SPEKTROFOTOMETRU	39
OBRÁZEK 11 ODEČÍTÁNÍ HODNOT	39
OBRÁZEK 12 SCHÉMA ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU.....	40
OBRÁZEK 13 ZNÁZORNĚNÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU	40
OBRÁZEK 14 HYDROFOBNI POVRCH DŘEVA.....	40
OBRÁZEK 15 VYSTAVENÍ VZORKŮ V EXTERIÉRU	42
OBRÁZEK 16 ZMĚNA BARVY SMRK OŠETŘEN 5% KONCENTRACÍ HYDROFOBIZAČNÍHO PROSTŘEDKU	53
OBRÁZEK 17 ZMĚNA BARVY SMRK OŠETŘEN 10% KONCENTRACÍ HYDROFOBIZAČNÍHO PROSTŘEDKU	53
OBRÁZEK 18 ZMĚNA BARVY SMRK OŠETŘEN 15% KONCENTRACÍ HYDROFOBIZAČNÍHO ROZTOKU	53
OBRÁZEK 19 ZMĚNA BARVY SMRK NEOŠETŘENÝ HYDROFOBIZAČNÍM PROSTŘEDKEM	53
OBRÁZEK 20 ZMĚNA BARVY MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE (ODSHORA)	57
OBRÁZEK 21 ZMĚNA BARVY DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE (ODSHORA).....	61

Seznam grafů

GRAF 1 DRSNOST POVRCHU SMRK 5% KONCENTRACE	44
GRAF 2 DRSNOST POVRCHU SMRK 10% KONCENTRACE	45
GRAF 3 DRSNOST POVRCHU SMRK 15% KONCENTRACE	46
GRAF 4 DRSNOST POVRCHU MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	47
GRAF 5 DRSNOST POVRCHU DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	48
GRAF 6 ZMĚNA PARAMETRU A^* SMRK VŠECHNY KONCENTRACE	49
GRAF 7 ZMĚNA PARAMETRU B^* SMRK VŠECHNY KONCENTRACE	50
GRAF 8 ZMĚNA SVĚTLOSTI L^* SMRK VŠECHNY KONCENTRACE	51
GRAF 9 CELKOVÁ ZMĚNA BARVY ΔE SMRK VŠECHNY KONCENTRACE	52
GRAF 10 ZMĚNA PARAMETRU A^* MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	54
GRAF 11 ZMĚNA PARAMETRU B^* MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	55
GRAF 12 ZMĚNA SVĚTLOSTI L^* MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	56
GRAF 13 CELKOVÁ ZMĚNA BARVY ΔE MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	57
GRAF 14 ZMĚNA PARAMETRU A^* DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	58
GRAF 15 ZMĚNA PARAMETRU B^* DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	59
GRAF 16 ZMĚNA SVĚTLOSTI BARVY L^* DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	60
GRAF 17 CELKOVÁ ZMĚNA BARVY ΔE DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	61
GRAF 18 SMÁČIVOST POVRCHU SMRK NEOŠETŘEN A 5% KONCENTRACE	62
GRAF 19 SMÁČIVOST POVRCHU SMRK NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	63
GRAF 20 SMÁČIVOST POVRCHU SMRK NEOŠETŘEN A 15% KONCENTRACE	64
GRAF 21 SMÁČIVOST POVRCHU MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	65
GRAF 22 SMÁČIVOST POVRCHU DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	66
GRAF 23 ABSOLUTNÍ VLHKOST SMRK NEOŠETŘEN 5% KONCENTRACE	67
GRAF 24 ABSOLUTNÍ VLHKOST SMRK NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	68
GRAF 25 ABSOLUTNÍ VLHKOST SMRK NEOŠETŘEN A 15% KONCENTRACE	69
GRAF 26 ABSOLUTNÍ VLHKOST MODŘÍN NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	70
GRAF 27 ABSOLUTNÍ VLHKOST DUB NEOŠETŘEN A 10% KONCENTRACE	71

Seznam použitých zkratk a symbolů

SM – smrk

MO – modřín

D – dub

a* - barevné rozmezí červená-zelená barva

b* - barevné rozmezí žlutá-modrá barva

L* - hodnota vyjadřující světlost barvy

IČ – infračervené

UV – ultrafialové

Ra – průměrná aritmetická úchylka drsnosti povrchu

1. Úvod

Dřevo jako přírodní materiál je velmi výjimečný, nabízí mnoho možností použití či opracování a v neposlední řadě i spoustu výhod oproti neobnovitelným materiálům. Především vysoký poměr pevnosti k hmotnosti, snadné opracování a jedinečný vzhled. Bohužel však, jako každý materiál, má i své nevýhody. Mezi největší nevýhody dřeva patří nevyhnutelně změna rozměrů (bobtnání/sesychání), anizotropie, tzn. různé vlastnosti v různých směrech a heterogenita, tzn. různorodost buněčné struktury a s tím spojené rozdílné vlastnosti v jedné ploše. Významná je také hygroskopicita, schopnost dřeva vyrovnávat vlhkost s okolním prostředím. Ve vlhkém prostředí totiž dochází k růstu vlhkosti ve dřevě a tím se zvětšují jeho rozměry, zároveň roste i riziko poškození biotickými činiteli, např. hnilobou či poškozením dřevokazným hmyzem. I přes tyto negativní vlastnosti je dřevo stále použitelnějším materiálem jak ve stavebnictví při výrobě domů, krovů nebo stavebních prvků, tak ve výrobě nábytku a různých doplňků v interiéru i exteriéru. V současné době je velice žádaným materiálem na obklady fasád, stavbu plotů, bran a přístřešků. Jelikož se jedná o přírodní materiál podléhající stárnutí, je stále obvyklejší nechat jej vystavený klimatickým změnám bez jakékoliv ochrany povrchu, např. nátěrem či postřikem. Bez této ochrany dřevo získává jedinečný, až šedostříbrný vzhled a hrubou strukturu vystupujícího letního (tvrdšího) letokruhu, zároveň ale dřevo rychleji degraduje. Takto poškozený povrch je více náchylný ke zvýšené nasákavosti, tím rostoucí vlhkosti a následnému zvýšenému riziku napadení biotickými činiteli.

Jedna z variant ochrany dřeva vystaveného v exteriéru je ošetření povrchu nátěrovými prostředky, které na něm vytvoří barevný či bezbarvý film. Zároveň může být ošetřen hydrofobizačním nátěrem, který nevytvoří film na povrchu, nezmění jeho barevný odstín, ale může výrazně pomoci při zachování struktury a neporušenosti povrchu. Tímto hydrofobním účinkem dochází ke snadnějšímu odtoku vody z povrchu, nedochází ke zvýšení vlhkosti ve dřevě a nevzniká prostředí pro růst hub, dřevokazného hmyzu či vznik hniloby. Pokud je dřevo vystavené povětrnostním vlivům bez nátěru, laku či konstrukční ochrany, např. zastřešením, je úprava povrchu dřeva hydrofobním nátěrem z dlouhodobého hlediska téměř nutná, i když ne tak rozšířená.

2. Cíle práce

Mezi cíle této diplomové práce patří především porovnání dlouhodobé účinnosti hydrofobní úpravy na prvotně zestárlém dřevě smrku, modřínu a dubu vůči vzorkům z nativního dřeva stejných dřevin. Dále bylo za cíl zjistit, zda je hydrofobní úprava zestárlého dřeva dlouhodobě účinná a případně doporučit alternativy. Hydrofobní úprava byla testována smáčivostí povrchu pomocí kapkové metody ve tříměsíčních intervalech po dobu trvání jednoho roku.

3. Rozbor problematiky

3.1. Atmosférická degradace

Atmosférická degradace probíhá jak v exteriéru, tak interiéru. Každá z nich je ale ovlivněna jinými faktory a mají rozdílný průběh. V interiéru prioritně působí záření procházející stavebními výplněmi, tj. sluneční záření. Tímto zářením jsou způsobeny fotochemické reakce probíhající na povrchu dřeva. Lignin, který není v interiéru vyplavován dešťovou vodou, způsobuje zhnědnutí dřeva a výrobků z něj. V exteriéru působí více vlivů dohromady, proto je degradace mnohem intenzivnější. Také dochází ke ztmavnutí dřeva z důvodu rozkladu ligninu v buňkách povrchových vrstev dřeva. Ten je ale působením dešťové vody vymýván a na povrchu se projevuje světlejší odstín celulózy, který jej mění za pomoci usazování nečistot a částic do šedé barvy. Tyto barevné změny dosahují pouze do hloubky 0,05mm až 2,5 mm. Podle nasbíraných dat z dvaceti a třiceti let stárých vzorků borovice vejmutovky bylo zjištěno, že pod touto šedou povrchovou vrstvou je v exteriéru vystavených vzorcích pouze 40-60 % ligninu, kdežto u stejných vzorků z interiéru je hodnota ligninu velmi podobná nativnímu dřevu (Feist, a další, 1984).

Atmosférická eroze je způsobována postupným vyplavováním ligninu, hemicelulóz a mechanickým uvolněním mikrofibril celulózy z povrchu dřeva. Výraznější úbytek je u měkčího jarního dřeva. Tímto nevyváženým úbytkem dochází k plastické textuře na povrchu dřeva. U jehličnanů je oproti listnáčům eroze intenzivnější, závisí však na použité dřevině, úhlu použití daného prvku, orientaci vůči světovým stranám a v neposlední řadě jsou důležitým faktorem i klimatické podmínky. V podmínkách podobných našim, je erozní úbytek z povrchu dřeva u jehličnanů obvykle 10–15 mm za období 100 let. U tvrdých listnáčů je úbytek 10x nižší.

Mezi hlavní faktory, které způsobují abiotickou neboli atmosférickou degradaci dřeva patří působení vody, záření, teploty, proudění a jiné.

3.1.1 Voda

Především v podobě dešťů nebo pokrývky sněhu či ledu, která se velmi rychle vsákne do povrchu nechráněného dřeva dále pokračuje póry a skrz buněčné stěny hlouběji do dřeva. Nejvýraznější změny vlivem degradace vodou se odehrávají v exteriéru, kde nedochází k zastřešení či skrytí dřevěných prvků a výrobků z nich. Dřevo, jako hygroskopický materiál, je schopné měnit svoji vlhkost v závislosti na jeho okolí a tím dochází ke tvarovým i rozměrovým změnám. Tyto změny jsou patrné do meze hygroskopicity. Ke změně vlhkosti dochází i v interiéru, zejména při nesprávně provedené konstrukci nebo stavbě. V případě tepelného mostu může dojít ke vzniku kondenzace vody. Zvyšováním vlhkosti zároveň roste i riziko a možnost napadení dřeva biotickými činiteli, např. dřevokaznými houbami. Také vyšší vlhkost dřeva má vliv při mrznoucích teplotách, kdy dochází ke změně skupenství na led, zvětšováním objemu a následným prasklinám. Praskliny umožňují prostup vody hlouběji do dřeva (Feist, 1989) (Feist, a další, 1984) (Pánek, 2015).

3.1.2 Záření

Obsahuje složky slunečního, IČ, UV a jiného záření, např. radioaktivního. Těmto typům záření se nedá zcela vyhnout. V exteriéru je intenzita, hlavně slunečního a UV, záření mnohem větší než v interiéru, protože není vystavený prvek ničím kryt. V interiéru dochází k utlumení záření pomocí oken nebo různých typů přístřešků. Záření má vliv hlavně na destrukci chemického složení dřeva. Nejvíce náchylný je paradoxně lignin, jinak velmi odolná složka dřeva oproti celulóze a hemicelulózám. K jeho rozsáhlejší destrukci dochází vlivem řetězových reakcí a volných radikálů. Urychlující faktor destrukce je IČ záření, které vytváří na povrchu dřeva vyšší teplotu (Feist, 1989) (Feist, a další, 1984) (Pánek, 2015).

3.1.3 Teplota

U teploty jsou nejvýznamnější její změny během dne a noci, střídání ročních období, případně náhlá změna počasí. K výrazným změnám teplot také dochází při pokrytí ledem, sněhem nebo přímým slunečním zářením (Feist, 1989) (Feist, a další, 1984) (Pánek, 2015).

3.1.4 Proudění vzduchu

Prachové a jiné drobné částice jsou dominující faktor v proudění. Dochází zde k degradaci hlavně částicemi unášenými větrem, které mají za následek pomalé obrušování povrchu dřeva nebo výrobků z něj. Nejvíce viditelný následek této degradace je u dřeva jehličnanů, které disponuje největšími rozdíly hustoty mezi jarním a letním dřevem (Feist, 1989) (Feist, a další, 1984) (Pánek, 2015).

3.1.5 Kategorie jiné

Obsahuje hlavně smog, imise a emise, případně vznik kyselých dešťů. Tato kategorie je nejvíce ovlivněna činností lidstva, kvůli které je vyšší koncentrace smogu a vznikají kyselá deště. V nich obsažené kyseliny mají za následek rychlejší degradaci chemického složení dřeva. Dochází k rozkladu hemicelulózy a celulózy, hlavně amorfní složky. Tím se snižuje pevnost dřeva. V prostředí s vyšší koncentrací smogu dochází k rychlejší změně barvy povrchu dřeva kvůli záchytům tmavších částic do struktury dřeva způsobující jeho zešednutí (Feist, 1989) (Feist, a další, 1984) (Pánek, 2015).

3.2. Změny vlastností při atmosférické degradaci

3.2.1. Chemické

Výzkumy dokazují, že při stárnutí dřeva dochází k úbytku mezibuněčné dřevní hmoty. Po dlouhodobém stárnutí dřeva v exteriéru dochází hlavně k degradaci ligninu, zatímco celulóza je, kromě vrstvy povrchu, méně ovlivněna. Nejjednodušeji se lignin rozkládá při vlnové délce menší než 350 nm, v rozmezí 350 až 400 nm není znatelný rozpad ligninu. Nad tuto hodnotu dochází k bělení ligninu. Úbytek hemicelulóz byl větší u arabanu a xyланu oproti glukózanu. Glukózové jednotky ve vzorku hydrolyzy vody odebrané na stárlém dřevě nebyly dominantní, avšak ve vzorku z nativního dřeva byl podíl většinový. Uvolňující se volné radikály pomocí UV záření mají vliv na změnu barvy povrchu při stárnutí dřeva. Jejich nejnižší koncentrace je v tmavém prostředí, jakmile se dřevo vystaví světelnému záření, jejich koncentrace se zvýší. Zároveň dochází k jejich rozkladu při kontaktu s kyslíkem, avšak ve vakuu jsou volné radikály stabilní. Degradací proces vzniká oxidací fenolických sloučenin. Jeho důsledkem je pokles obsahu ligninu i methoxyl sloučenin a zároveň nárůst koncentrace karboxyl sloučenin v dřevní hmotě (Feist, 1989).

3.2.2. Barevné

Barva dřeva vystaveného v exteriéru se mění velmi rychle, během chemického rozkladu ligninu a extraktivních látek každé dřevo žloutne až hnědne. Této barevné změny dosáhne během pár měsíců po vystavení do teplého prostředí a slunečního záření. Dřevo bohaté na extraktivní látky může také zbělet, než začne hnědnout. Velký vliv na změnu barvy mají také houby, které rostou na povrchu jak samotného dřeva, tak i na povrchových úpravách. Například rychlerostoucí podhoubí *Aureobazidium klíčivé* (*A. pullulans*) mění barvu povrchu do hnědé až černé. Vyskytuje se na organickém i anorganickém povrchu, měkkém i tvrdém dřevě. Výskyt je způsoben vyšší vlhkostí povrchu (Feist, a další, 1984) (Adelaide, 2016).

3.2.3. Mikroskopické

Při stárnutí dřeva a degradaci jeho povrchu je patrná změna i v mikroskopické struktuře. Především k rozkladu střední lamely z důvodu poklesu adheze mezi jednotlivými mikrofibrilami a to i u ošetřeného dřeva nátěrem. Proti UV záření je povrch tangenciální plochy odolnější než u radiální a příčné (Feist, 1989).

3.2.4. Fyzikální

U dřeva vystaveného atmosférické degradaci dochází i k fyzikálním změnám uvnitř. Mění se struktura a snižuje se pevnost buněk blízko povrchu. Vymýváním povrchových vláken dochází k úbytku dřevní hmoty, udávaná rychlost úbytku je závislá na dřevině a pohybuje se od 1 až ke 13 mm za 100 let. Všeobecně dřeviny s vyšší hustotou a tlustšími buněčnými stěnami odolávají více než měkké dřeviny. Jak je ale patrné z historie, i povrchově neošetřené dřevo dokáže vydržet několik století (Feist, 1989).

3.3. Hydrofobizace

Většina negativních vlastností dřeva závisí na zvýšené vlhkosti, ať už snížení mechanických vlastností, změna rozměrů, či vyšší pravděpodobnost výskytu hniloby nebo hub. Proto je snaha zamezit zvýšení vlhkosti dřeva, především úpravou povrchu a konstrukční ochranou (zastřešení, zkosení hran atd.). Protože se voda do dřeva nejčastěji dostává různými prasklinami, póry, neupravenými čely i plochami povrchu, ani nejkvalitnější povrchový nátěr nevydrží věčně a je nutné jej obnovovat. Výdrž u externích nátěrů může být pouze 1-2 roky kvůli UV záření dopadající na povrch. Je především ovlivněna vhodností úpravy, technikou nanášení a počasím. Upravený povrch v interiéru zpravidla neovlivňují vlastnosti dřeva (Feist, a další, 1984) (Feist, 1989).

3.3.1. Hydrofobní nátěry

Primárním cílem hydrofobního nátěru je ochránit povrch dřeva proti působení povětrnostních vlivů, hub, plísní a tím zachovat jeho původní, přírodní barvu. Hydrofobní nátěry se dělí na skupiny podle toho, zda se vsakují do struktury dřeva nebo na povrchu vytváří vodoodpudivou vrstvu, která pomáhá snadnějšímu odtoku vody a snižuje riziko výskytu hub. Dají se aplikovat jako finální úprava nebo na barevný nátěr, který jej zároveň ochraňuje proti odlupování a praskání. Samotné způsoby aplikace jsou možné pomocí nátěru, nástřiku, podtlakové impregnace nebo ponořením, což je nejčastěji používaná metoda. Mohou obsahovat barevná mořidla, konzervanty a fungicidy. Mořidla slouží pro vytvoření barevného odstínu a zlepšení odolnosti proti pronikání UV záření do materiálu. Dosahují nejlepších vlastností na zdrsněném nebo degradovaném povrchu, kde se špatně aplikují nátěry na jiné bázi. I přes to, že konzervanty nejsou považovány za hlavní složku povrchových úprav, pomáhají dřevu odolávat vůči hnilobě a stárnutí povrchu. Jsou známy 3 původy používaných konzervantů: konzervační oleje, vodní soli a roztoky organických rozpouštědel. Proti růstu hub jsou používány i fungicidní složky, aby proti nim byl hydrofobní nátěr odolný. Zároveň by měl být nátěr vodoodpudivý, jak již název napovídá. Takto vyvinuté materiály jsou nazývány jako vodoodpudivé konzervanty, které obsahují vosk, 10-20 %

pryskyřice, solvent a konzervanty proti hnilobě či růstu hub. V kombinaci s dalšími nátěry zvyšují odolnost dřeva i materiálů na bázi dřeva, které jsou náchylnější na vyšší vlhkost (např. dřevotříska). Hydrofobní prostředky se podle normy EN 1504-2:2004 dělí především na 3 základní skupiny podle chemické báze (Feist, a další, 1984) (Feist, 1989) (Reinprecht, a další, 2013) (Daňková, a další, 2014) (EN 1504-2:2004).

3.3.1.1. Silikonát

Patří zároveň do silikonových hydrofobních prostředků, jejich hlavní složkou jsou však sodné i draselné methylsilikonáty. Za pomoci oxidu uhličitého vytvářejí na povrchu hydrofobní gel kys. křemičité, který není rozpustný a nedá se odstranit. Při této reakci však vzniká i hydroxid sodný nebo hydroxid draselný, který se poté mění na uhličitan sodný (soda) nebo draselný (potaš). Tyto soli jsou rozpustné ve vodě a vytvářejí bílé výkvěty, případně degradují i samotný materiál. Jsou oproti ostatním silikonovým hydrofobním prostředkům levnější a rozpustné ve vodě (de Vries, a další, 1997) (Denkmalpflege, 1991).

3.3.1.2. Silikonové

Rozpuštěné siloxanové pryskyřice jsou v rozpouštědlech organického původu, například technický benzín. Společně vytváří bezbarvý či slabě nažloutlý roztok. Podíl pryskyřice je obvykle 3-8 % z roztoku. Hydrofobizace prostředky na silikonové bázi se dostavuje ihned po vypaření rozpouštědla z povrchu. Lze jimi upravovat již v minulosti hydrofobizované povrchy. Rozpouštědlo má negativní vliv na požární, zdravotní i ekologické hrozby. Chemicky podobné jsou polysiloxanové pryskyřice v roztoku s bíle zbarveným rozpouštědlem a vodou. Hydrofobní efekt se dostavuje ihned po zaschnutí na povrchu materiálu. Jelikož vytváří film z emulgátoru (smáčedla), má z počátku nižší účinnost. Po vyplavení smáčedla dešťovou vodou se účinnost mírně zvyšuje. Dalším druhem jsou prostředky na bázi oligomerů (nizkomolekulárních sloučenin). Ty dosahují bezbarvého vodoodpudivého povrchu polymerizací. Vytváření roztoku občas probíhá koncovým uživatelem před aplikací přidáním

rozpouštědlem, protože se dodává jako koncentrát. Vyznačují se vysokou schopností penetrace do porézní struktury povrchu materiálu. Roztoky z mikroemulze silikonů také polymerizují s vodou a lze se tak vyhnout rozpouštědlům. Mají také výbornou penetrační schopnost. Silikonové hydrofobní prostředky zlepšují vodoodpudivost povrchu, méně výrazně ovlivňují jeho odolnost vůči biotickým činitelům a sorpční vlastnosti. Zlepšení těchto vlastností má i hydrofobní nátěr Lukofob DxL, který má v koncentraci nad 10 % zároveň výraznější pozitivní vliv na odolnost vůči hnědé hnilobě (*Koniofora sklepní a Dřevomorka domácí*). S rostoucí koncentrací tohoto prostředku roste i účinnost proti rozměrovým změnám, a to až do 75 %. Do 24 hodin dochází k nerovnoměrnému vyplnění do lumenů buněk, který se směrem do středu materiálu zmenšuje (Daňková, a další, 2014) (de Vries, a další, 1997) (Denkmalpflege, 1991).

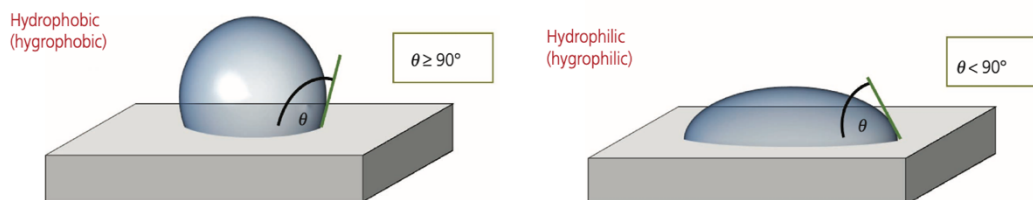
3.3.1.3. Silany neboli estery křemičité kyseliny

Vytváří bezbarvý roztok s ketonickými rozpouštědly (například aceton). Dodávané k okamžité aplikaci i jako koncentrát na další zředění rozpouštědly. Prostředky na bázi molekul silanů také dobře pronikají do dřeva, nejsou v něm ale stabilní a potřebují prvně zreagovat s -OH pomocí molekul vody. Rozpuštěné silikony proniknou a zůstávají v buněčných lumenech, protože nejsou schopny proniknout do buněčných stěn. (Feist, a další, 1984) (Feist, 1989) (Reinprecht, a další, 2013) (Denkmalpflege, 1991) (de Vries, a další, 1997).

3.4. Hydrofobicitá

Kontaktní úhel vyjadřuje úhel kapky, nejčastěji destilované vody, s povrchem materiálu a tím i funkčnost hydrofobní úpravy povrchu dřeva. Úhel smáčivosti závisí na povrchovém napětí tekutin. Nutnost znát úhel smáčivosti je důležitý při povrchové úpravě laky, hydrofobními či barevnými nátěry. Voda má větší napětí než jiné tekutiny používané na tato měření a záleží na povrchu materiálu. Povrch může být hladký, anebo drsný, u dřeva je však povrch dlouho řešený a diskutovaný, protože není ideální na tato měření. Nejpoužívanější jsou kapková metoda a Wilhelmy desková metoda. I když je v literatuře použita více kapková metoda, ukázalo se, že ideálnější na povrch dřeva je Wilhelmy desková metoda. Jelikož je vysoká diverzita ve výsledcích testovaných vzorků v literatuře, mají pouze relativní hodnotu, pokud jsou ve stejné testovací sadě (Petrič, a další, 2015) (Marmur, a další, 2017) (Pánek, a další, 2017) (KRÜSS, 2017).

Na hladkém povrchu použitého materiálu se může podle tohoto úhlu dále dělit povrch na hydrofilní, kde je úhel smáčení menší než devadesát stupňů, hydrofilní se stejnými podmínkami zahrnující všechny typy používaných kapalin. Hydrofobní povrch je charakteristický úhlem mezi povrchem materiálu a vody větším nebo rovným devadesáti stupňům, stejně tak u hydrofobního, který opět zahrnuje všechny běžně používané kapaliny. Ne každý hydrofobní povrch je však zároveň hydrofobní, protože ne všechny povrchy jsou hydrofobní pro všechny druhy kapalin. Je proto nutné předem definovat skupinu kapalin (Marmur, a další, 2017) (Pánek, a další, 2017).

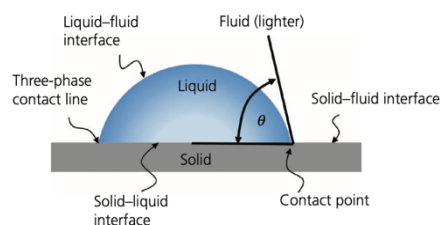


Obrázek 1 Hydrofobní a hydrofilní kontaktní úhel. Zdroj: (Marmur, a další, 2017)

Kvůli heterogenitě stavby by se dřevo dalo zařadit mezi materiály s drsným povrchem. Na tomto povrchu dochází vesměs pouze ke dvěma průběhům úhlu smáčení. V prvním případě dojde k úplnému vsáknutí látky do materiálu, ve druhém dojde pouze k částečnému vsaku. Při pomalém vsaku se povrchy ve styku s tekutinou označují jako parahydrofilní, kde dochází ke zmenšování kontaktního úhlu drsností povrchu. Při kompletním vsáknutí tekutiny do nulového úhlu se povrch označuje jako superhydrofilní. Zároveň je možná reakce kapaliny s povrchem kde se zvětšuje kontaktní úhel jeho drsností. Takto reakční materiál je definován jako parahydrofobní. Největšího úhlu smáčení (až 150°) je dosaženo na povrchu superhydrofobním. Takto smáčivý povrch také vytváří jev nazývaný lotusovým efektem, který má velký úhel mezi povrchem a kapkou, ta odtéká z povrchu pouze s malým odporem. Úhel svírající kapky vody s tímto povrchem je přirovnatelný k úhlu kdy už kapka začíná odtékat (Marmur, a další, 2017) (Pánek, a další, 2017) (KRÜSS, 2017).

Zjišťování smáčivosti povrchu a chování kapalin při měření pomocí Wilhelmy deskové metody spočívá v měření dynamického úhlu smáčivosti, povrchového napětí a napětí mezi dvěma kapalinami. Úhel smáčivosti se během měření stanoví na vzorku ve tvaru desky ponořen do kapaliny u které známe povrchové napětí (KRÜSS, 2017) (Moghaddam, a další, 2016).

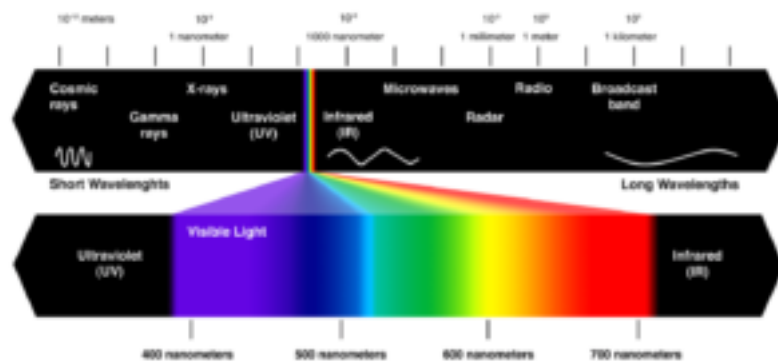
Kapková metoda pro zjištění úhlu smáčení je rozšířenější a častěji používána. Nazývá se také jako geometrická metoda. Dokáží se pomocí této metody změřit kontaktní úhly kapalin, například vody i olejů. Pro nejúčinnější měření je zapotřebí hladký a homogenní povrch materiálu. Samotné měření spočívá v umístění kapky na povrch tělesa a systém udělá fotografii pro přesné změření kontaktního úhlu (Tiab, a další, 2016) (Rudawska, 2019).



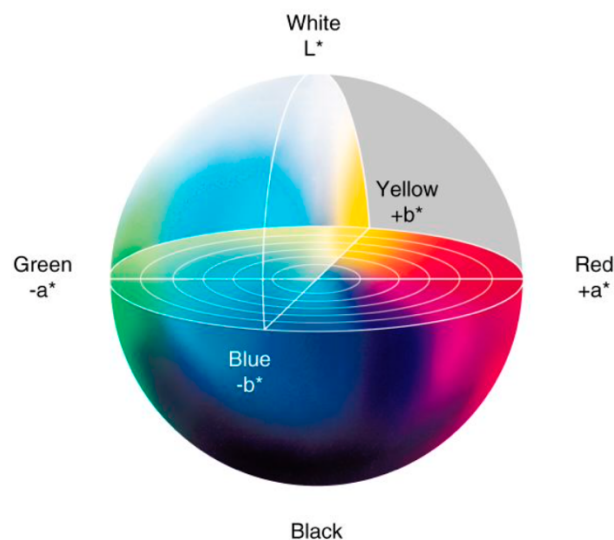
Obrázek 2 Kontaktní úhel smáčení. Zdroj: (Marmur, a další, 2017)

3.5. Barevné spektrum

Barva obsahuje vlnové délky, podle které je tříděna například do UV, IČ nebo viditelného spektra. Dále jsou viditelné vlastnosti barvy definovány podle tří charakteristických hodnot – odstín, sytost a světlost. Tyto hodnoty se vyskytují na souřadnicovém systému, který vytváří barevný prostor. Nejčastěji používaný pro měření barevných objektů je CIELAB vytvořen v roce 1976 a dnes je rozšířený mezi mnoho společností zabývajících se kontrolami barevnosti. V tomto barevném prostoru jsou souřadnice popsány jako L^* , a^* a b^* (Schanda, 2007) (MINOLTA, 2018).



Obrázek 3 Barevné spektrum. Zdroj: (once, 2020)



Obrázek 4 CIELAB prostor. Zdroj: (Agudo, a další, 2014)

3.5.1. Odstín

Patří jako první vjem, kterého si lidské oko všimne. Vyjadřuje jednoduše barvu objektu – zelená, modrá, ... Jednotlivé základní odstíny jdou mezi sebou různě kombinovat a vytvářejí tak další, složitější odstíny barvy. Dvě protilehlé barvy jsou vždy součástí jedné ze souřadnic hodnocených v CIELAB prostoru, konkrétně hodnoty na ose a^* probíhající zleva doprava vyjadřuje rozmezí od červené (kladné a^*) barvy po zelenou (záporné), b^* souřadnice popisuje barevné odstíny od žluté (kladné b^*) po modrou (záporné) barvu (Schanda, 2007) (MINOLTA, 2018) (x-rite, 2007) (Žlahtič, a další, 2016).

3.5.2. Živost neboli sytost barev

Popisuje, jak moc je barva vzdálená od osy světlosti. Uprostřed osy světlosti mezi černou a bílou je šedá barva, u které je barva mdlá. Čím je dále, barva získává sytost a blíží se k čistému odstínu dané barvy (x-rite, 2007).

3.5.3. Světlost

Je dána světelnou intenzitou dané barvy. Podle této veličiny mohou být rozdělené jako tmavé nebo světlé barvy. V CIELAB prostoru je světlost měřena na L^* souřadnici, barvy blíží se k 0 se stávají tmavší až černé, naopak blíže k hodnotě 100 jsou světlejší až do bílé (x-rite, 2007) (MINOLTA, 2018) (Schanda, 2007).

3.6. Změny barevného spektra

Ukazují, jak rozdíl mezi hodnotami barevných odstínů a^* , b^* , tak i světlosti L^* . Nejčastěji se změny měří pomocí spektrofotometrů využívající zaznamenání aktuálních hodnot těchto veličin z odraženého světla. Změny mohou být kladné i záporné, závislé na jejich směru pohybu po souřadnici. Ze změřených údajů se dále může vytvořit křivka, která je charakteristická a unikátní pro každou barvu, stejně jako otisk prstu u člověka. Měření probíhá čtyřmi nejčastějšími způsoby: sférickým, 0/45, víceúhlovým a kolorimetrickým (x-rite, 2007).

3.6.1. Sférické měření

Bylo dominantním způsobem za posledních 50 let, dochází při něm k zaznamenávání odlesku během měření. Tento odlesk prochází malou mezerou na povrchu kulatého profilu měřicího zařízení. Používá se nejčastěji na drsné povrchy nebo povrchy s nepravidelnou texturou, například v textilním průmyslu (x-rite, 2007).

3.6.2. Víceúhlové měření barvy

Je rozšířené převážně v odvětví auto průmyslu, kde dochází k lakování dílů pomocí perleťových laků nebo mikroskopických pigmentů vytvářející různé odlesky v různých úhlech pohledu. Než došlo k vynalezení bateriových přístrojů byly povrchy takto nalakovaných dílů obvykle měřeny drahými a velkými goniometry (x-rite, 2007).

3.6.3. Kolorimetry

Jsou zařízení používající filtry RGB systému barevné palety a nabízí nejlevnější způsob měření barvy. Nezaznamenávají změnu barvy povrchu během osvětlení vzorku a nejsou tedy spektrofotometry, které jsou schopny tuto změnu zachytit a slouží pro opětovné použití měření (x-rite, 2007) (Schanda, 2007).

4. Drsnost povrchu

Drsnost udává souhrn všech nerovností povrchu na malé vzdálenosti. Nerovnosti vznikají buď při výrobě a nebo vlivem okolního působení, například atmosférickou degradací. Profil drsnosti se vyjadřuje rovinou kolmou k povrchu a to buď ve 2D například dotykovou metodou nebo 3D pomocí laserové metody.

Kvalitativní hodnocení je získávání drsnosti povrchu lidskými smysly a jeho výsledek je tudíž závislý na schopnostech daného člověka. Nepřímé kvalitativní hodnocení vyjadřuje rozdíl mezi měřenou a referenční hodnotou. Nejčastěji používané jsou kvantitativní metody používající dotykové profiloměry, u nichž dochází k posunu měřicího hrotu dotýkající se povrchu a následném zaznamenávání rozdílů v profilu povrchu. Poslední možností měření drsnosti povrchu jsou bezdotykové profiloměry využívající moderní technologie – laserové metody (Vplyv vybraných faktorov na drsnosť povrchu dreva upraveného vodou riediteľ'nými náterovými látkami, 2010) (Bumbálek, a další, 1989).

Podle normy ČSN EN ISO 4287 a její změny ČSN EN ISO 4287:1999/A1 z roku 2010 se dělí charakteristiky povrchu na P-parametry (ze základního profilu), R-parametry (z profilu drsnosti) a W-parametry (z profilu vlnitosti). Nejčastěji používané parametry v praxi jsou R-parametry, které norma dále dělí na:

Celková výška profilu (R_t) je součtem nejvyššího a nejnižšího bodu profilu na měřené délce. *Průměrná aritmetická úchylka profilu (R_a)*, nejčastěji hodnocená veličina vyjadřuje aritmetický průměr všech výchylek profilu v absolutních hodnotách na měřené délce. Jelikož se jedná o průměrnou hodnotu, může být skladba profilu drsnosti u dvou materiálů odlišný. Kvadratickým průměrem hodnot na měřené délce se získává *průměrná kvadratická úchylka profilu (R_q)*. Dále jsou měřeny hodnoty jako *šikmost (R_{sk})* a *špičatost (R_{ku}) profilu*, *průměrná šířka prvků v profilu (R_{Sm})*, *průměrný kvadratický sklon ($R_{\Delta q}$)*, *materiálový poměr (R_{mr})*, *rozdíl výšek úseku v profilu ($R_{\delta c}$)* a také velmi často používaná *výška nerovností deseti bodů (R_z)* vyjadřující střední hodnotu pěti výšek a pěti hloubek profilu (ČSN EN ISO 4287, 1999) (Bumbálek, a další, 1989) (Vplyv vybraných faktorov na drsnosť povrchu dreva upraveného vodou riediteľ'nými náterovými látkami, 2010)

5. Metodika

5.1. Příprava vzorků

5.1.1. Naformátování

K uskutečnění měření bylo potřeba zajistit nativní (nezestárlá) prkna modřínu, smrku a dubu. Z tohoto materiálu byly nařezány vzorky o rozměrech 375 mm na délku, 78 mm na šířku a 20 mm na tloušťku. Dále byly použity také prvotně stárlé, neupravené vzorky z předchozích výzkumů, které byly vystaveny přirozenému stárnutí v exteriéru po dobu tří a pěti let v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Stárlé vzorky tři roky měly délku 300 mm, šířku 78 mm a tloušťku 20 mm. Pět let stárlé vzorky měly stejný rozměr jako čerstvě naformátované vzorky všech dřevin.

5.1.2. Označení

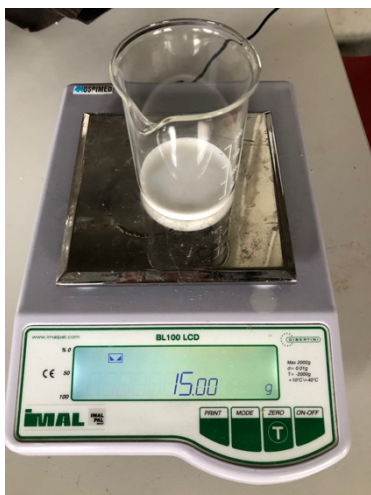
Za pomoci grafitové tužky došlo také k označení samotných vzorků a míst sloužících k následnému měření barvy. Značky k měření barvy se nachází na obou bocích vzorků, jsou očíslovány od 1 do 8, na každém boku čtyři značky stejně vzdálené od sebe. Označení vzorků též probíhalo pomocí grafitové tužky ve tvaru X-Y-Z, kde X značí zkratku použité dřeviny (SM, MO, D), Y použitou koncentrací nátěru v procentech (N = nenatřeno, 5, 10, 15) a Z označuje číslo vzorku (1-5).



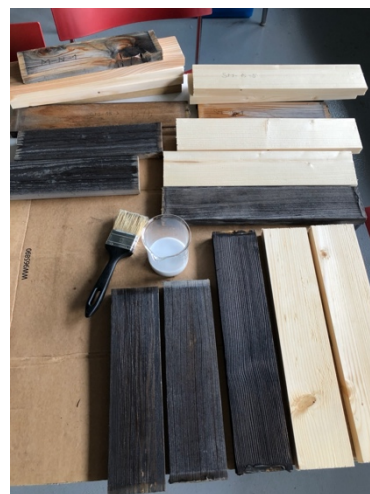
Obrázek 5 Označení vzorků kódem

5.1.3. Ošetření hydrofobním nátěrem

Po kompletním označení všech vzorků došlo k následnému roztrídění a natření hydrofobizačním nátěrem LUKOFOB DxL od výrobce Lučební závody a.s. Kolín, což je hydrofobizační, vodou ředitelná nízkoviskózní kapalina mléčné barvy na bázi silikonu tvořící mikrofilm na povrchu. Podle doporučení výrobce, viz Příloha č. 15, se pro aplikaci nátěrem doporučuje rozmezí poměru 1:4 – 1:10 při aplikaci nátěrem nebo postřikem a 1:150 – 1:300 při máčení, které je doporučeno spíše pro pórovité střešní krytiny. Kvůli těmto omezením a doporučením se aplikoval nátěr 5% a 10% koncentrace, který se v daném rozmezí nachází. Vzhledem k dostatku hydrofobizačního přípravku a předpokladu lepších vlastností byla zvolena ještě vyšší koncentrace, konkrétně 1:15. Tyto koncentrace aplikačního nátěru byly vytvořeny pomocí hmotnostní metody. Původní, 100% roztok byl rozředěn na 5%, 10% a 15% koncentraci. Samotné ředění roztoku se skládá z umístění odměrného válce na váhy, vynulování vah, navážení potřebného množství hydrofobizační látky v gramech (5, 10 a 15) a následného dolití destilovanou vodou na hodnotu sto gramů. Nátěr byl následně nanášen pomocí štětce s takovým množstvím, aby bylo dosaženo úplného nasycení povrchu. Zbylý hydrofobizační prostředek, který povrch materiálu neabsorboval, se otřel papírovým ubrouskem. Pokud by se tak nestalo, byl by možný výskyt nepravidelných lesklých ploch na povrchu materiálu.



Obrázek 6 Ředění roztoku 15% koncentrace



Obrázek 7 Aplikace nátěru

Lukofob DxL je, jak již bylo zmíněno, hydrofobizační vodný přípravek na bázi polysiloxanů a alkyalkoxysilanu určen k povrchové impregnaci povrchů savých materiálů ke stavbě. Je možné jej také použít jako hydrofobizační přísadu do disperzních systémů. Účinná složka v přípravku je silan-siloxan, který je emulgovaný ve vodě. Dále obsahuje nebezpečné látky jako je etoxylovaný alkohol mastné kyseliny C12 – C15 v obsahu menším než 3 % a oktyltrietoxysilan s obsahem menším než 20 %, proto je dráždivý ve styku s kůží a očima, avšak není dráždivý pro dýchací cesty. Přípravek by měl také omezovat podmínky pro růst hub či plísní na povrchu, být odolný vůči UV záření, povětrnostním vlivům a změnám teploty. Je mléčně bílé barvy, po vyschnutí se stává transparentním. Jeho životnost je uváděna mezi pěti a deseti lety, poté je možné jej znovu natřít pro zvýšení účinnosti. Na tento povrch se dále nedoporučují používat disperzní barevné nátěry kvůli snížené adhezi na hydrofobním povrchu materiálu (Kolín, 2021) (Kolín, 2016).

Sada smrku zestárlého po dobu pěti let obsahuje tři vzorky ošetřené každou koncentrací. Smrk zestárlý tři roky obsahuje celkem šest vzorků, kde každá koncentrace je po dvou vzorcích, to samé platí u vzorků z nativního smrku. K měření byly použity i referenční (nezestárlé) vzorky bez nátěru po dvou kusech.

U sady vzorků z modřínu byly použity dva kusy ošetřené 10% koncentrací hydrofobizačního nátěru, jeden kus zestárlý po dobu tří let a jeden kus nezestárlý. To samé u neošetřených vzorků. Celkem tedy sada vzorků z modřínu obsahovala čtyři kusy.

Zkušební vzorky z dubu obsahovaly celkem tři kusy: jeden zestárlý tři roky, ošetřený 10% koncentrací, referenční vzorky jeden ošetřený a druhý neošetřený hydrofobizačním nátěrem.

Aplikace nátěru probíhala zejména na jedné zkusné podélné ploše o rozměrech 378 x 78 mm. Čelní plochy nebyly ošetřeny nátěrem z důvodu skrytí při uchycení vzorku. Natřené vzorky byly ihned po aplikaci hydrofobizačního roztoku zváženy. Opět na 2 desetinná místa na vahách BL100 LCD. Hmotnost aplikovaného nátěru je vidět v Tabulce 1.

Před měřením hodnot byly vzorky umístěny k přirozenému sušení v laboratoři po dobu 24 hodin. Jelikož je laboratoř s umístěnými vzorky klimatizovaná, podle teploty 20°C a vzdušné vlhkosti 65 %, byla stanovena počáteční vlhkost všech vzorků na 10 %. Hmotnosti vzorků bez nátěru, s nátěrem i samotného nátěru jsou uvedené v Tabulce 1.

Tabulka 1 Hmotnost nátěru

vzorek	hmotnost bez nátěru	hmotnost s nátěrem	hmotnost nátěru
	[g]	[g]	[g]
SM-5-1	226,01	233,00	6,99
SM-5-2	221,73	229,53	7,80
SM-5-3	282,30	289,19	6,89
SM-5-4	241,81	244,31	2,50
SM-5-5	211,64	214,33	2,69
SM-10-1	231,40	239,06	7,66
SM-10-2	208,86	218,24	9,38
SM-10-3	324,13	331,33	7,20
SM-10-4	256,19	259,30	3,11
SM-10-5	292,07	295,14	3,07
M-10-1	224,89	231,81	6,92
M-10-2	310,06	312,25	2,19
D-10-1	349,29	358,46	9,17
D-10-2	421,06	423,16	2,10
SM-15-1	231,40	238,23	6,83
SM-15-2	208,28	217,87	9,59
SM-15-3	329,18	335,20	6,02
SM-15-4	252,02	254,86	2,84
SM-15-5	301,39	303,83	2,44
SM-N-1	215,64	215,64	0,00
SM-N-2	210,37	210,37	0,00
M-N-1	260,68	260,68	0,00
M-N-2	291,36	291,36	0,00
D-N-1	398,16	398,16	0,00

5.2. Měření drsnosti povrchu

U všech vzorků probíhalo měření drsnosti povrchu v příčném směru pomocí drsnoměru Talysurf Intra 2 od britského výrobce Taylor Hobson. Měření probíhalo po zaškolení způsobilou osobou, která vysvětlila nastavení snímacího hrotu. V softwaru přímo od výrobce se po každém měření odečítala hodnota R_a . Pro místo měření drsnosti povrchu bylo využito označení grafitovou tužkou určené k měření barvy. Proběhly tedy čtyři měření na každém vzorku ve dvou obdobích - před vystavením vzorků do exteriéru a po uplynutí jednoho roku vystavení povětrnostním vlivům. Nejvýznamnější změna drsnosti se dala předpokládat vlivem rychlejší degradace jarního, čili měkkého dřeva.



Obrázek 8 Profilometr



Obrázek 9 Měření pomocí hrotu

5.3. Měření změny barvy

Barevný odstín byl zaznamenáván na počátku před vystavením vzorků do exteriéru a v následných tříměsíčních intervalech po dobu trvání dvanácti měsíců pomocí spektrofotometru CM-600D značky KONICA MINOLTA. Nastavení měření barvy bylo v prostoru CIELAB, tedy došlo k odečtení hodnot L^* , a^* a b^* potřebné k výpočtu změny barvy, kde hodnota L^* vyjadřuje světlost od 0 (černá) do 100 (bílá), hodnota a^* červená (+) až zelená (-), hodnota b^* žlutá (+) až modrá (-).

K měření byly zvoleny pouze nativní (nezestárlé) vzorky z důvodu předpokladu větší barevné změny a to i pouhým okem. Měření každého vzorku se uskutečňovalo na vrchní ploše, kdy je spektrofotometr umístěn zároveň s hranou vrchní a boční plochy vzorku, v místech předchozího označení tužkou.



Obrázek 10 Umístění spektrofotometru



Obrázek 11 Odečítání hodnot

Dochází tedy k osmi různým měřením každého vzorku z důvodu heterogenosti dřeva. Změny naměřených hodnot mohou být jak kladné, tak záporné. Avšak následný výpočet, celková změna barvy E je vždy kladná.

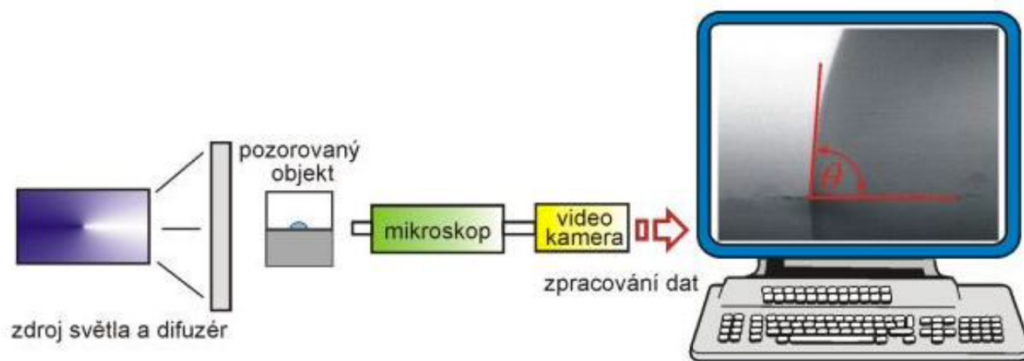
Změna barvy se vypočítá pomocí následujícího vzorce:

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

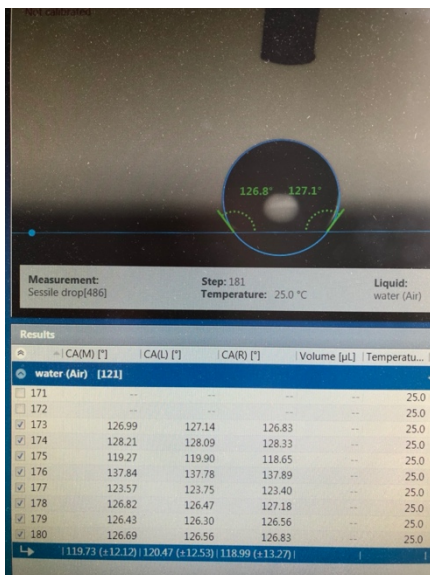
kde hodnoty ΔL^* , Δa^* a Δb^* vyjadřují rozdíl mezi počátečními a konečnými hodnotami L^* , a^* a b^* (MINOLTA, 2020)

5.4. Měření smáčivosti povrchu

K provedení měření smáčivosti povrchu byl zapotřebí přístroj Krüss DSA 30E připojen k počítači se softwarem přímo dodávaným k danému přístroji. Funkční schéma přístroje je na Obrázku 12. Měření probíhalo podle dodaného návodu umístěného v laboratoři.



Obrázek 12 Schéma zařízení pro měření kontaktního úhlu. Zdroj: (Bartovská, a další, 2005)



Obrázek 13 Záznam měření kontaktního úhlu



Obrázek 14 Hydrofobní povrch dřeva

Po zapnutí přístroje je zapotřebí seřídit sklon světla, zarovnat jej s kamerou do jedné úrovně a doplnit zásobník tekutiny – v tomto případě destilované vody.

V softwaru je nutné nastavit výšku stolku se vzorkem do snímané úrovně kamerou, výšku vývodní hadičky (kapky) od vzorku, aby probíhalo ke správnému dotyku s povrchem vzorku. Před začátkem měření se elektronicky

naplní váleček kapalinou ze zásobníku a zvolí velikost kapky. U tohoto měření byla zvolena velikost kapky 4 μl .

Postup měření po správném nastavení přístroje i softwaru se skládá z umístění vzorku na stolek, vytvořením kapky, pohybu aparátu s kapkou směrem ke vzorku, po styku s povrchem k navrácení do výchozí polohy, odpočítání pěti sekund a následném odečtení průměrného úhlu kapky ze softwaru. Tento postup byl opakován u všech vzorků, dokud nedošlo ke splnění počtu měření na jednotlivých dřevinách.

5.5. Určení vlhkosti vzorků hmotnostní metodou

Při zahájení práce došlo ke zvážení všech vzorků k určení změny vlhkosti v průběhu experimentu. Úvodní měření spočívalo ve zvážení hmotnosti každého z vzorků uložených 24 hodin v klimatizované laboratoři. Klimatizovány byly za tuto dobu na desetiprocentní absolutní vlhkost (+/- 1 %).

Toto měření se opakovalo při každém sundání vzorků ze střechy, tedy každé tři měsíce. Pro výpočet absolutní vlhkosti byl použit následující vzorec:

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_0} * 100 \quad [\%],$$

kde m_w je hmotnost vzorku dřeva po každém sundání ze střechy a m_0 je hmotnost vzorků při úvodním měření.

5.6. Umístění vzorků do exteriéru

Vzorky byly na začátku i po každém cyklu měření upnuty do ocelové konstrukce umístěné na střeše dřevařského pavilonu České zemědělské univerzity v Praze. Konstrukce se skládá z U profilů, do kterých se vzorky upnou vertikálně za čelní plochy. Tyto profily se zajistí proti pohybu pomocí matic, kdy dochází k zafixování s rámem konstrukce stojanu. Sklon vzorků ve stojanu byl 45°. Průměrné denní teploty, srážky a vlhkost za uvedené období ukazuje Tabulka 2.

Tabulka 2 Data z meteorologické stanice

čas	denní průměrné hodnoty		
	teplota [°]	srážky [mm]	vlhkost [%]
0 - 3 měsíce	10	1,1	59
3 - 6 měsíců	17,1	3	61,8
6 - 9 měsíců	12,4	1,8	74,8
9 - 12 měsíců	8,6	0,9	82,3



Obrázek 15 Vystavení vzorků v exteriéru

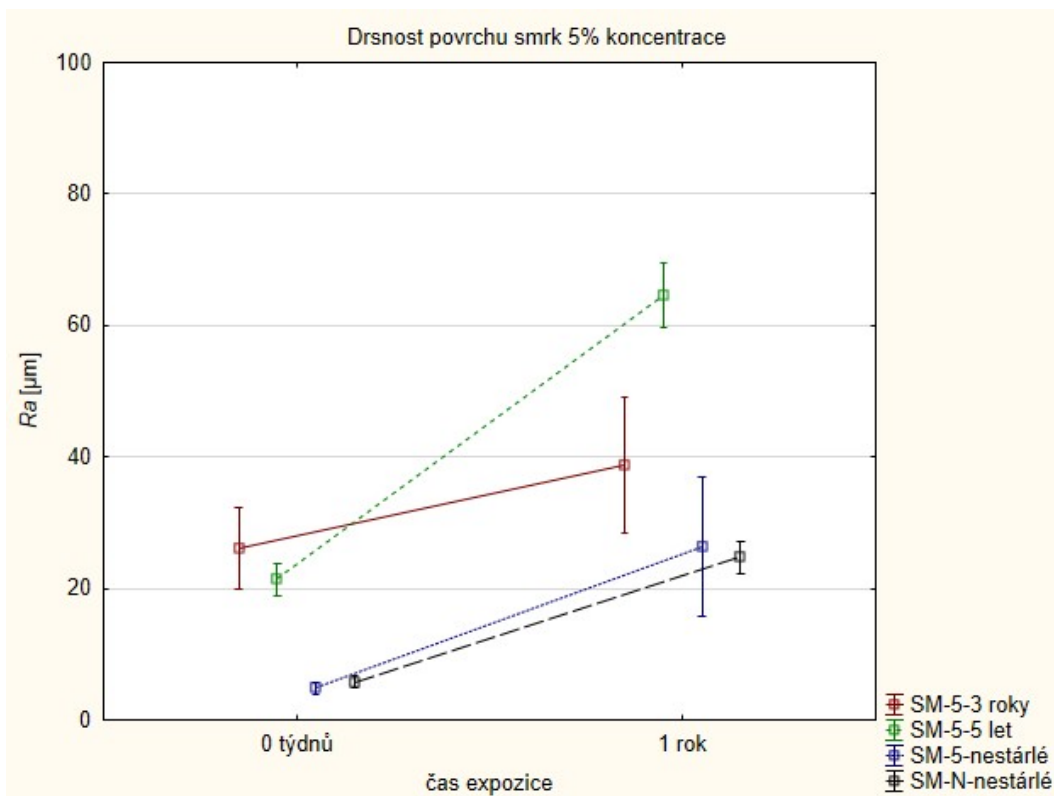
5.7. Grafické a statistické vyhodnocení výsledků

Vyhodnocování výsledků jednotlivých sad vzorků roztríděných na smrk, modřín a dub probíhalo v programu STATISTICA za pomoci means grafů a ANOVA více faktorové analýzy Tukeyova testu. Grafy vyjadřují v jednotlivých obdobích 95% přesnost měření. Tukeyovy testy jsou vyhodnocovány s 95% pravděpodobností, jinak řečeno s hladinou významnosti 0,05. Pokud hladina $P < 0,05$; je hodnota statisticky významná, $P > 0,05$; není statisticky významná. Když je hodnota rovná nule, jde o hranici statistické významnosti. Statisticky významné hodnoty jsou v tabulkách označeny červenou barvou, statisticky nevýznamná data jsou zbarveny černě.

6. Výsledky

6.1. Drsnost povrchu

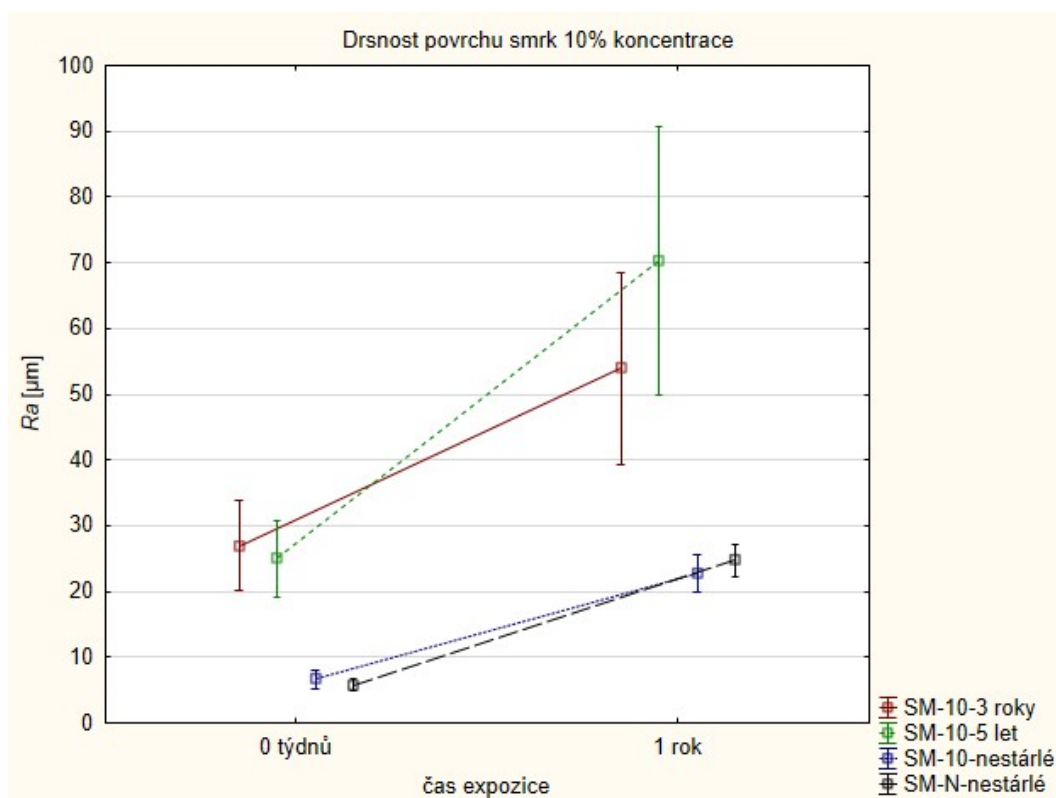
6.1.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 1 Drsnost povrchu smrk 5% koncentrace

Podle výše znázorněného grafu je možné říci, že největší změna drsnosti povrchu je u pět let stárlých vzorků, kde došlo k nárustu úchylny přes 40 μm . U obou nestárlých sad vzorků je také výrazná změna. Nejmenší rozdíl byl zaznamenán u tři roky zestárlé sady vzorků, která měla nejmenší rozdíl mezi měřeními před a po konci vystavení v exteriéru. Nejnižší hodnotu R_a má v počátečním měření sada SM-5-nestárlý. Sada stárlá pět let zaujímá druhou nejvyšší drsnost na začátku, na konci experimentu měla již výrazný rozdíl oproti dalším sadám.

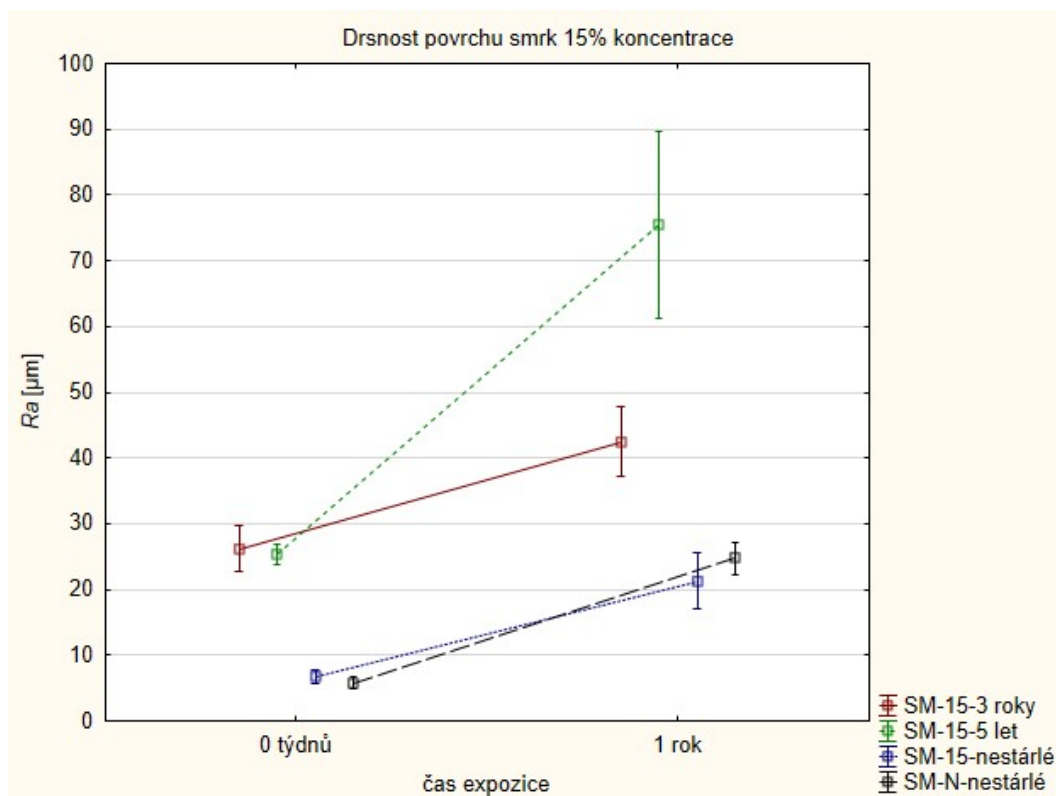
6.1.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 2 Drsnost povrchu smrk 10% koncentrace

U smrku zestárlého pět let a zároveň ošetřeného 10% koncentrací byla také nejvýraznější změna, přibližně o 45 μm . Dále má zároveň nejvyšší hodnotu R_a po jednom roce v exteriéru. Na začátku měření byla nejnižší průměrná aritmetická úchylka drsnosti u neošetřené a nestárlé sady vzorků. Po vyjmutí vzorků z exteriéru a následném měření byla nejmenší hodnota u nestárlých vzorků ošetřené 10% koncentrací. Nejvyšší počáteční hodnotu R_a měly vzorky ošetřené 10% koncentrací a stárlé tři roky, u kterých se zároveň během stárnutí v exteriéru zvýšila přes hodnotu 50 μm . S touto hodnotou se vyskytuje na druhém místě, již po zmíněné pět let stárlé sady vzorků smrku ošetřených 10% koncentrací.

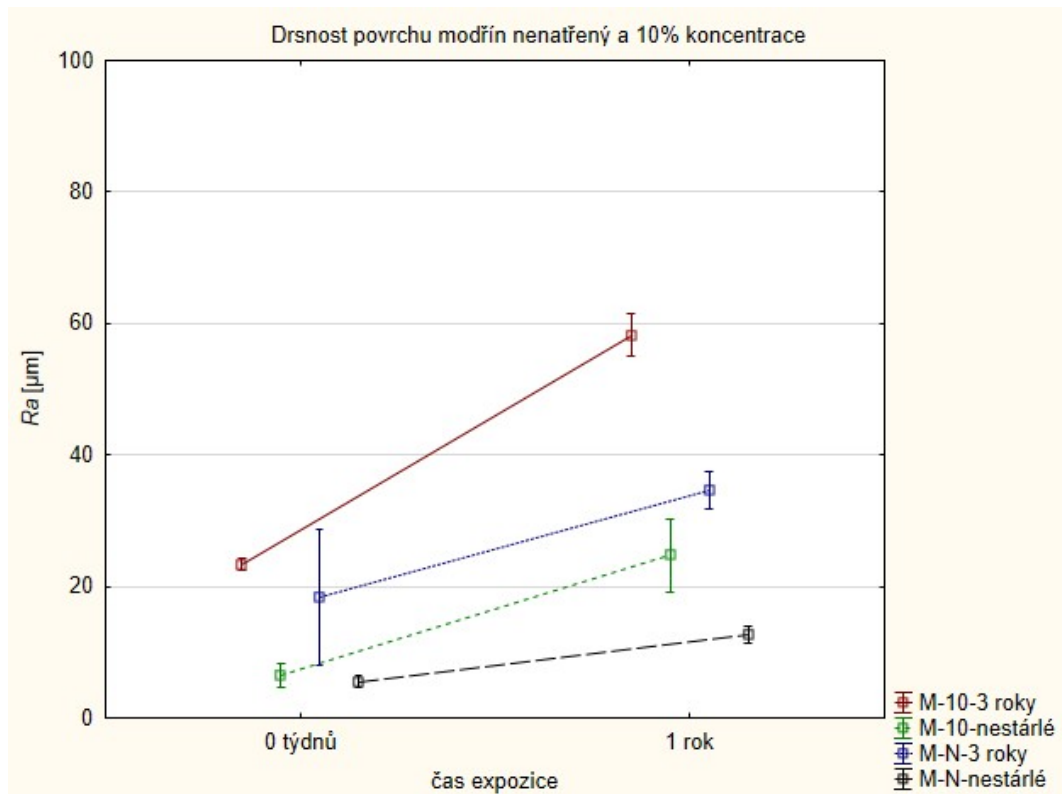
6.1.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 3 Drsnost povrchu smrk 15% koncentrace

Z tohoto výše zobrazeného grafu lze říci, že počáteční hodnoty byly u vzorků ošetřenými 15% koncentrací tři a pět let stárlé téměř identické, stejně jako mezi nestárlými vzorky nebyly výrazné rozdíly. Konečné hodnoty se však výrazně liší. Největší změny drsnosti povrchu dosáhla s velkým odstupem sada pět let stárlá, která měla výslednou průměrnou úchylku nad 70 µm. Nejnižších hodnot u počátečního měření dosahovaly neošetřené nestárlé vzorky, jejichž finální hodnota byla nepatrně nad nestárlými, ale ošetřenými vzorky 15% koncentrací hydrofobizačního prostředku. Tři roky stárlé vzorky měly na počátku nejvyšší drsnost povrchu, v posledním měření však dosáhla nejvyšších hodnot již zmíněná, pět let stárlá, sada vzorků smrku.

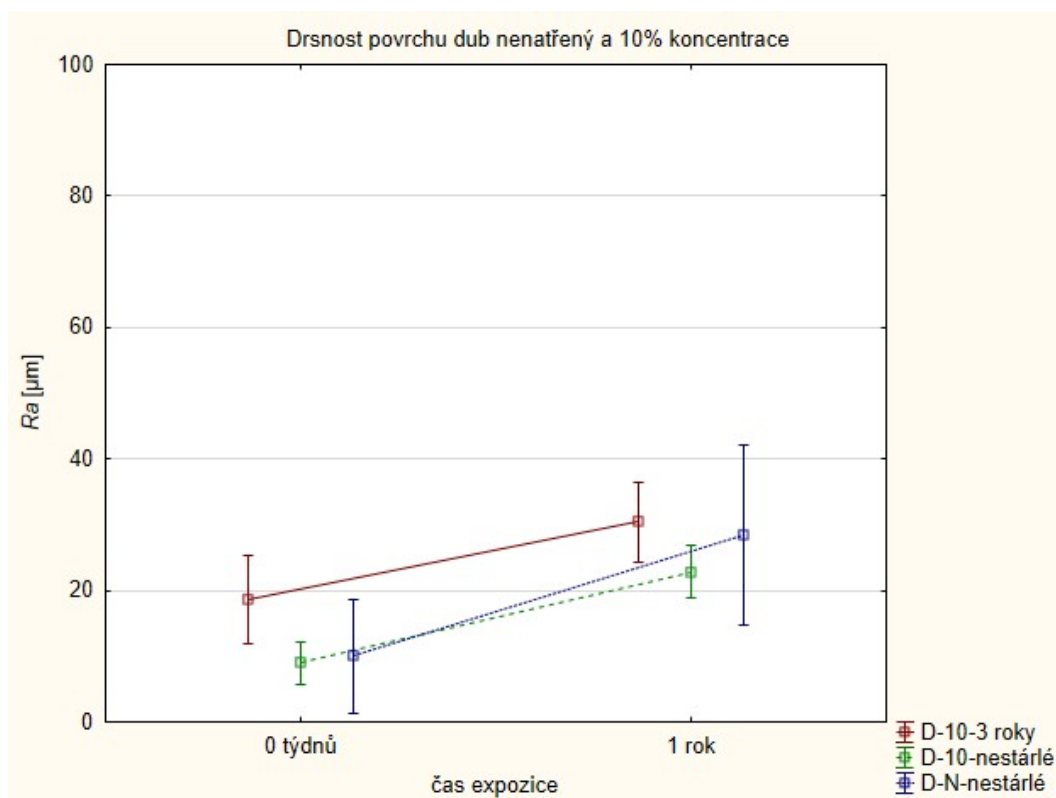
6.1.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 4 Drsnost povrchu modřín neošetřen a 10% koncentrace

Modřín při ošetření hydrofobizačním nátěrem měl vyšší nárůst drsnosti oproti neošetřeným vzorkům. V počátečním měření měly nestárlé a neošetřené vzorky modřínu opět nejnižší průměrnou úchylku drsnosti, která vydržela nejnižší během celého roku až po uplynutí dvanácti měsíců. Hodnoty všech sad vzorků modřínu se pouze přibližují hodnotám naměřeným u smrku s jakoukoliv koncentrací roztoku, ale nepřesáhnou celkovou hodnotu 60 μm . Jednoznačně nejvyšších hodnot dosahovala ošetřená sada tři roky stárlá, která měla i zároveň nejstrmější nárůst Ra .

6.1.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



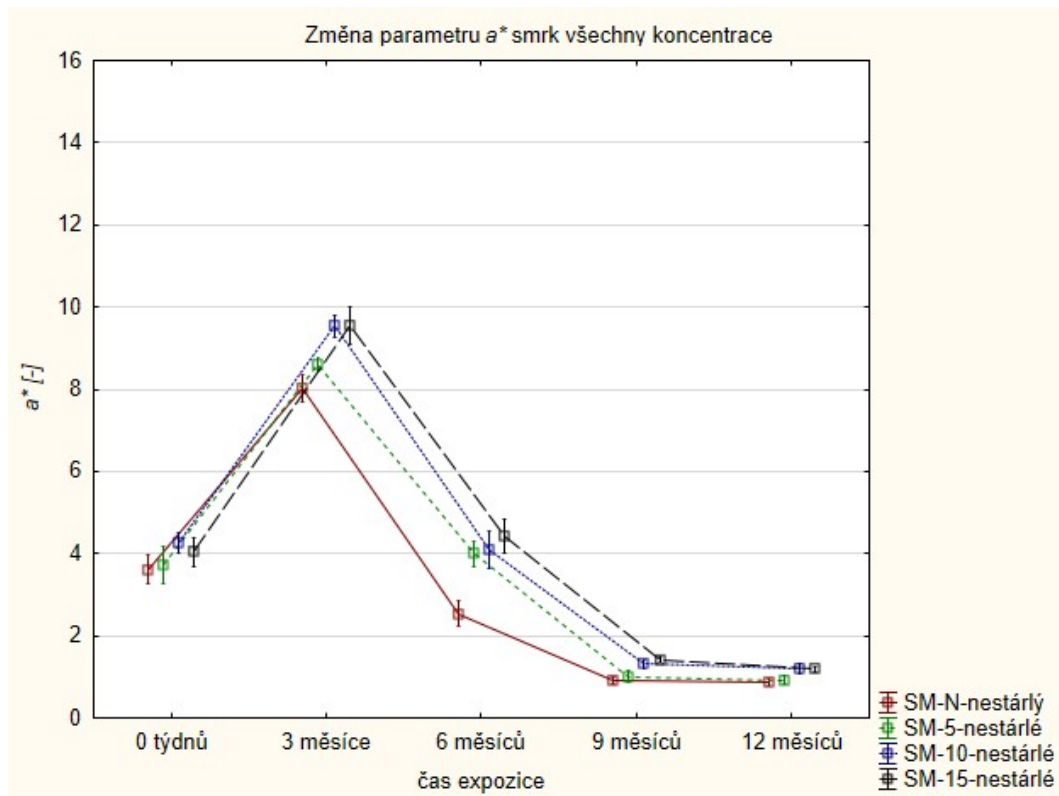
Graf 5 Drsnost povrchu dub neošetřen a 10% koncentrace

Co se týče dubu v rozdílech drsnosti povrchu, tak nejmenšího rozdílu dosahovala ze všech sad vzorků stárlý a ošetřený dub 10% koncentrací. Zároveň nejvyšší počáteční a konečnou drsnost měla tato sada dubu ošetřena nátěrem a jako jediná stárlá tři roky. Obě ošetřené sady měly přibližně stejný průběh nárustu drsnosti povrchu, nestárlá sada neošetřených vzorků hydrofobizačním nátěrem měla větší rozdíl mezi prvním a druhým měřením. I přes to ale nedosahovala hodnot průměrné aritmetické úchylky drsnosti předem stárlého dubu po dobu tří let. Nejlépe si, po celou dobu, vedla nestárlá sada vzorků ošetřena 10% koncentrací hydrofobizačního prostředku.

6.2. Změna barvy

6.2.1. Smrk neošetřen a ošetřen všemi koncentracemi hydrofobizačního roztoku

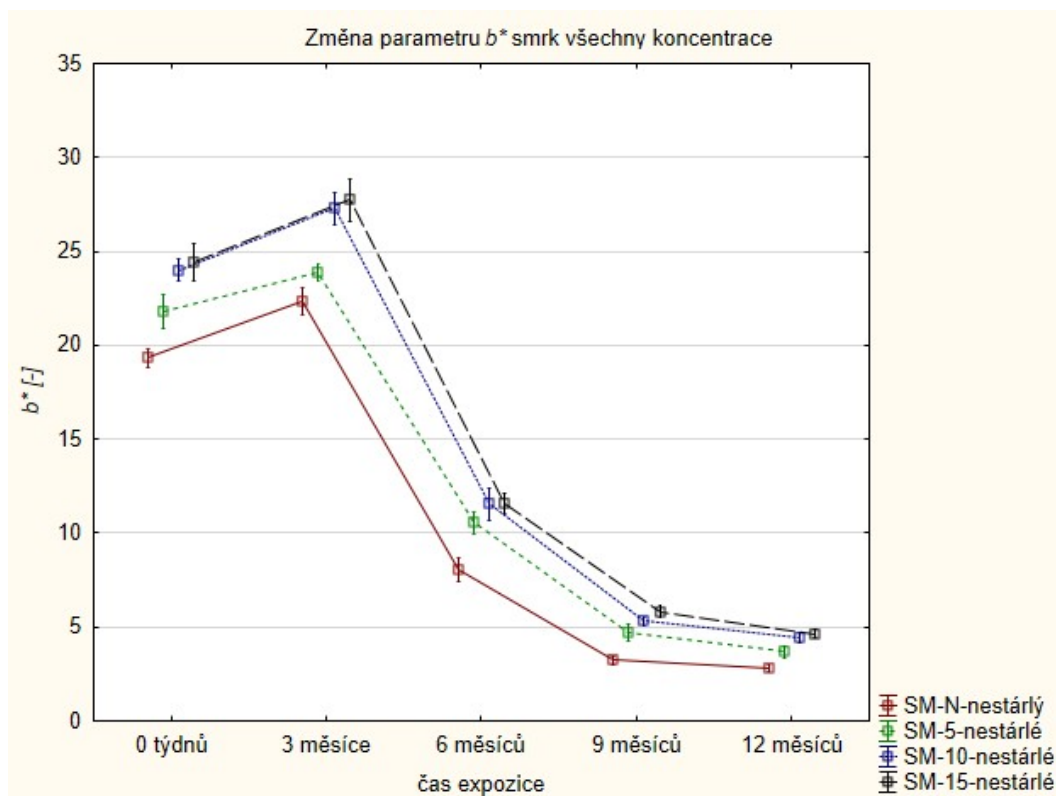
6.2.1.1. Změna hodnot a^*



Graf 6 Změna parametru a^* smrk všechny koncentrace

Barevnou změnu na ose od červené po zelenou barvu popisuje Graf 6, kdy měla hodnota a^* na začátku měření přibližně stejnou, pohybující se kolem čísla čtyři, číselnou hodnotu u všech vzorků smrku. Nárůst hodnoty a^* probíhal pouze od prvního do druhého měření, přesněji od nultého do třetího měsíce experimentu, to znamená barevný posun k červené barvě. Nejnižších výkyvů jak v růstu, tak poklesu dosahovala sada neošetřena a nestárlá. Po třetím měsíci hodnota prudce klesla přibližně na původní čísla, nadále rychleji klesala do doby devíti měsíců od vystavení vzorků. Klesání číselné hodnoty znamená i posun na barevné škále blíže k neutrální barvě (na ose k záporné, zelené). V rozmezí devíti až dvanácti měsíců došlo pouze k malému poklesu veličiny a^* .

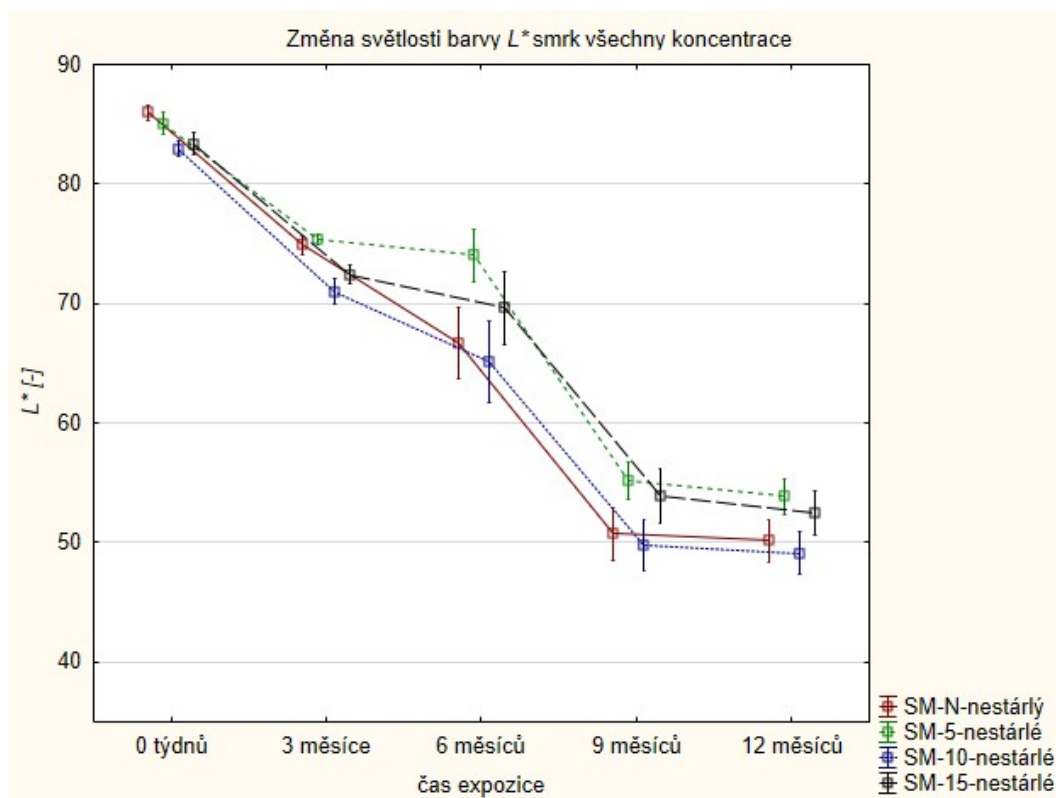
6.2.1.2. Změna hodnot b^*



Graf 7 Změna parametru b^* smrk všechny koncentrace

Veličina b^* vyjadřující barevnou škálu odstínu žlutá-modrá barva má v počátečním měření větší rozptyl hodnot než veličina a^* , zároveň probíhá mezi nultým a třetím měsícem mírný nárůst hodnot. Téměř identický průběh po celou dobu vystavení v exteriéru mají vzorky ošetřeny deseti a patnácti procentní koncentrací hydrofobizačního nátěru. Od třetího do šestého měsíce došlo k výraznému poklesu přes polovinu stávajících čísel. Čím déle byly vzorky vystavené v exteriéru, tím byl pokles méně výrazný a zároveň se i číselné hodnoty všech sad vzorků smrku přiblížily k sobě a končily pod číselnou hodnotou pět. Nárůst značí posun blíže ke žluté barvě, pokles spíše k modré, takže dochází k přiblížení se neutrální ose (hodnota 0).

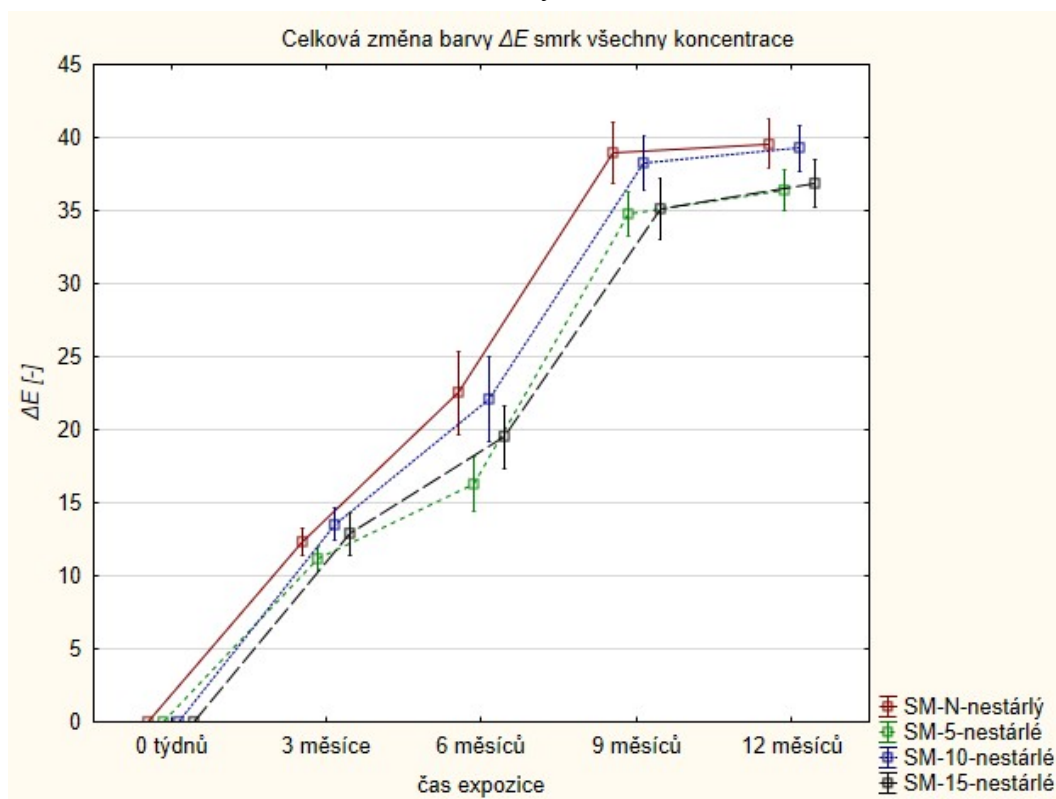
6.2.1.3. Změna hodnot L^*



Graf 8 Změna světlosti L^* smrk všechny koncentrace

Na tomto grafu jsou hodnoty a křivky vyjadřující světlost ošetřených vzorků smrku, je možné vidět pokles naměřených údajů po celé období až do jednoho roku. Největší pokles byl ve dvou časových rozmezích a to od nultého po třetí měsíc a od šestého po devátý měsíc. Mezi třetím až šestým měsícem byl rozptyl jednotlivých sad vzorků nejznamenatelnější. Od šestého měsíce mají sady vzorků nenatřených a natřených 10% koncentrací velmi podobný průběh. Od devátého do dvanáctého měsíce klesají všechny vzorky, dochází k postupně změně z bílé (100) po černou barvu (0), tedy šednutí všech smrkových vzorků (šedá barva má hodnotu 50). Nejtmavější vzorky na konci měření jsou s 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku. Největší světlosti dosahují vzorky s 5% koncentrací.

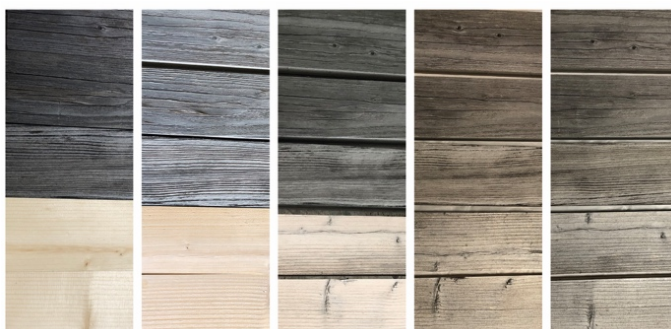
6.2.1.4. Celková změna barvy ΔE



Graf 9 Celková změna barvy ΔE smrk všechny koncentrace

Všechny natřené vzorky smrku hydrofobizačním nátěrem vykazovaly celkovou barevnou změnu menší než nenatřené vzorky. Výjimkou bylo pouze měření po prvních třech měsících, kde dosahovala nejvyšších změn sada s 10% koncentračním nátěrem. Tyto barevné změny graficky vyjadřuje Graf 9 a je z něj patrný nárůst již od prvního umístění do exteriéru. Celková barevná změna vzrůstala u všech vzorků, pouze při všech měřeních byla u smrku s 5% koncentrací nejnižší. Vyšší barevné změny také dosahovaly vzorky natřeny 10% koncentrací hydrofobního nátěru. Po celou dobu v exteriéru docházelo k navyšování celkové barevné změny. Nejnižších rozdílů mezi jednotlivými sadami docházelo ve třech měsících od jejich vystavení na střeše budovy dřevařského pavilonu. Největší rozdíl ve vypočtené změně barvy byl zaznamenán v šesti měsících. Po jednom roce v exteriéru se celková změna u všech sad ustálila mezi 35 a 40.

Změny barvy mezi jednotlivými vzorky smrku u naředěných koncentrací hydrofobizačního prostředku Lukofob DxL jsou patrné na následujících obrázcích. Každý sloupec vyjadřuje barevnou změnu po tříměsíčním intervalu. První dva vzorky odshora, které obsahuje Obrázek 16, Obrázek 17 a Obrázek 18 jsou stárlé po dobu tří let. Prostřední vzorek je stárlý pět let a ošetřen vždy popsanou koncentrací hydrofobizačního roztoku. Poslední dva vzorky v těchto obrázcích jsou nativní, čili nestárlé. Na posledním obrázku (Obrázek 19) je vidět zešednutí dvou nestárlých a neošetřených vzorků smrku hydrofobizačním prostředkem.



Obrázek 16 Změna barvy smrku ošetřen 5% koncentrací hydrofobizačního prostředku



Obrázek 17 Změna barvy smrku ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního prostředku



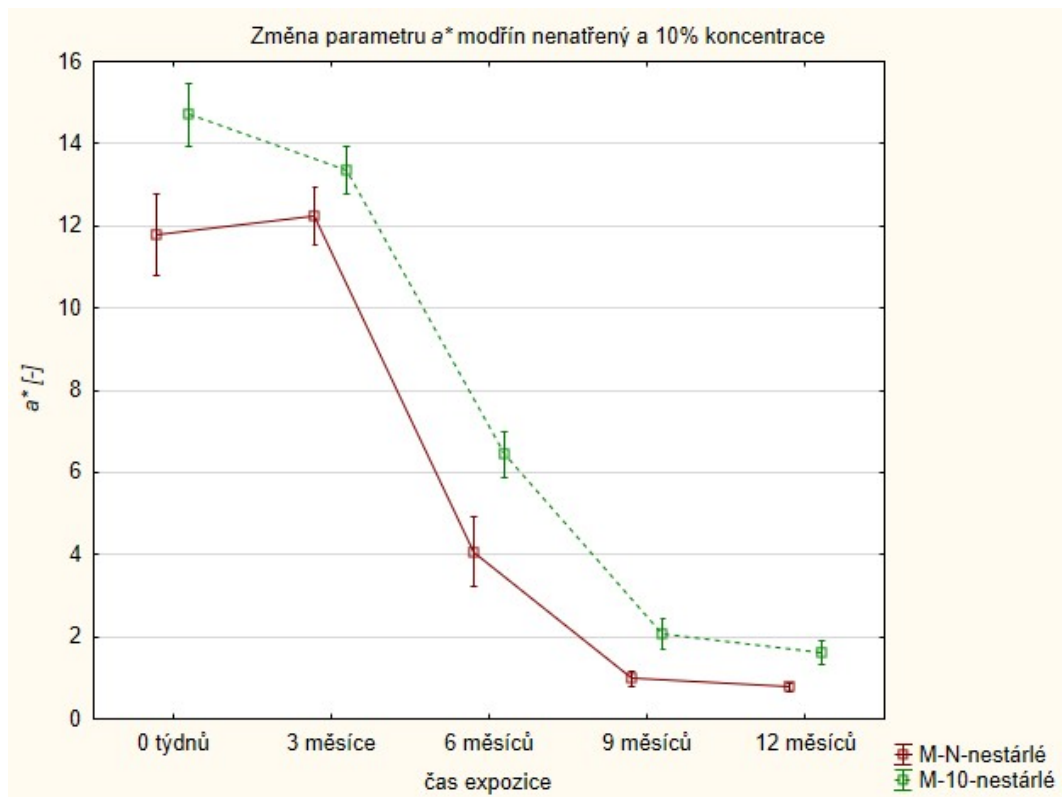
Obrázek 18 Změna barvy smrku ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Obrázek 19 Změna barvy smrku neošetřený hydrofobizačním prostředkem

6.2.2. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku

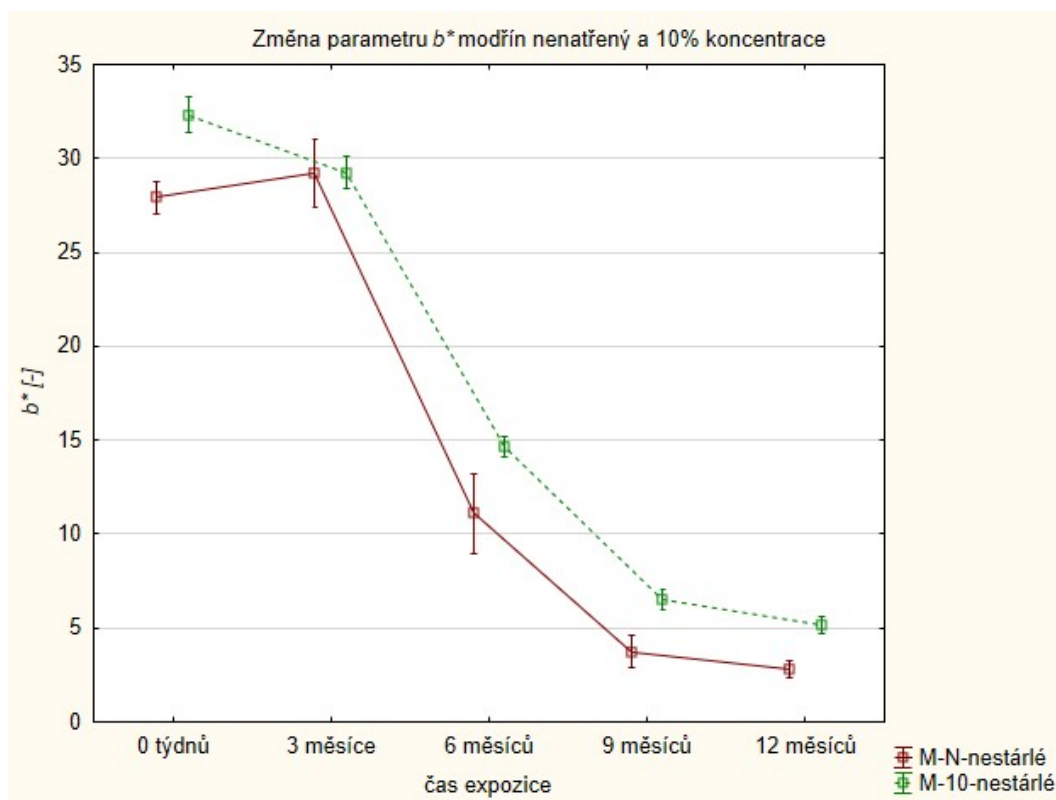
6.2.2.1. Změna hodnot a^*



Graf 10 Změna parametru a^* modřin neošetřen a 10% koncentrace

Neošetřený modřin oproti ošetřenému 10% koncentrací hydrofobního nátěru vykazoval mírný vzrŕst po měření ve třeř měsících. Ošetřená sada modřinu klesala jiŕ od prvního měření. Menší vzdálenost na ose od ěerveně barvy byla na poěátku takě u ošetřeně sady vzorkŕ. Od třeř měsicŕ se u obou sad po celou dobu vystavení v exteriěru barva pŕibliŕovala k neutrální ose (k nule). Od třeř do śesti měsicŕ byl pokles strmější, od pŕl roku působení atmosférických vlivŕ na povrch se rozdíl zmenřoval aŕ do konce experimentu, kdy se těměř vyrovnal. K menří změně vřak na konci docházelo u neošetřeně sady vzorkŕ. Zatímco na zaěátku se oba vzorky liřily pŕes dvě ěíselně hodnoty, ke konci se jiŕ pŕibliŕily ke stejným hodnotám pod ěíslo dvě a postupně získávaly neutrální odstín v barevněm rozmezí ěervená-zelená barva.

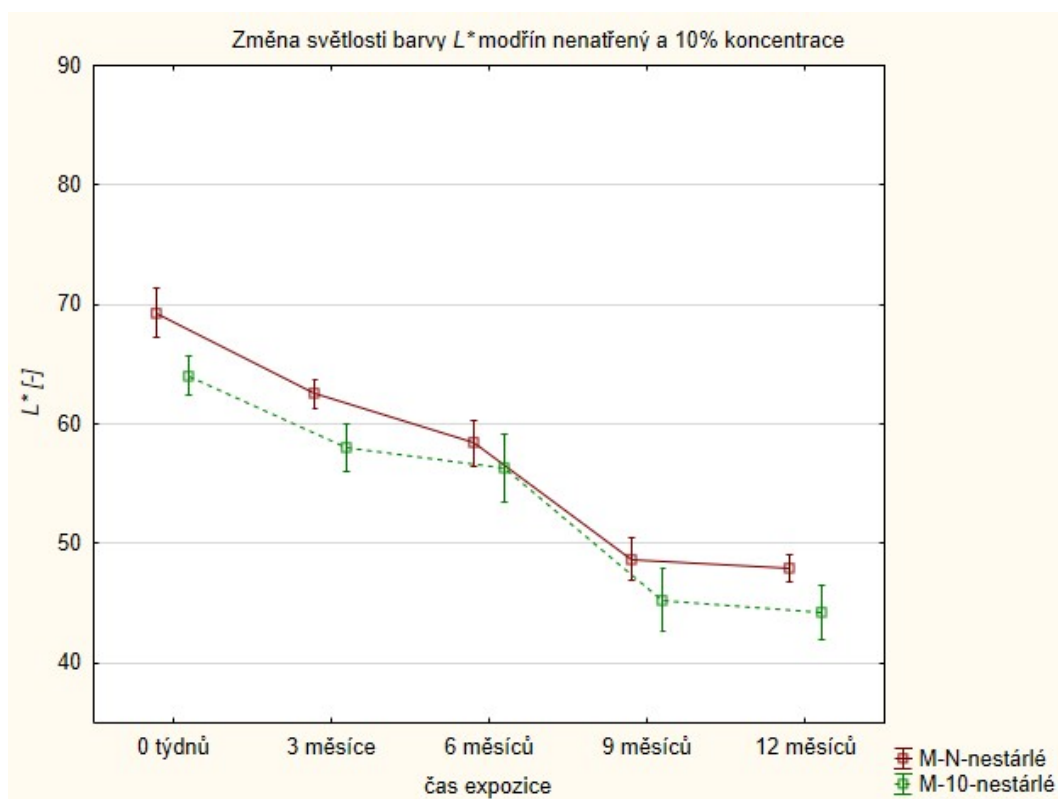
6.2.2.2. Změna hodnot b^*



Graf 11 Změna parametru b^* modřín neořetřen a 10% koncentrace

Průběhy obou sad jsou podobné jako u grafu s hodnotou a^* viz Graf 10. Vzorek neořetřené sady modřínu má podobnou křivku jako smrk z grafu se stejnými hodnotami (Graf 7), tedy do tří měsíců hodnota b^* vzrostla a po čtvrt roce rychle klesla téměř o dvě třetiny své předešlé hodnoty. Dále byl pokles mírnější a na konci se ustálil pod hodnotou pět. U modřínu ořetřené 10% koncentrací měla hodnota b^* stále klesající tendenci, ze začátku pozvolnější, mezi třetím a šestým měsícem také strmější, dále se ale strmost po půl ročním měření snížila a výsledná hodnota také skončila u čísla pět, pouze nad jeho hranicí. Ke konci experimentu byly vzorky nad neutrální osou, blíže ke žlutému odstínu barvy.

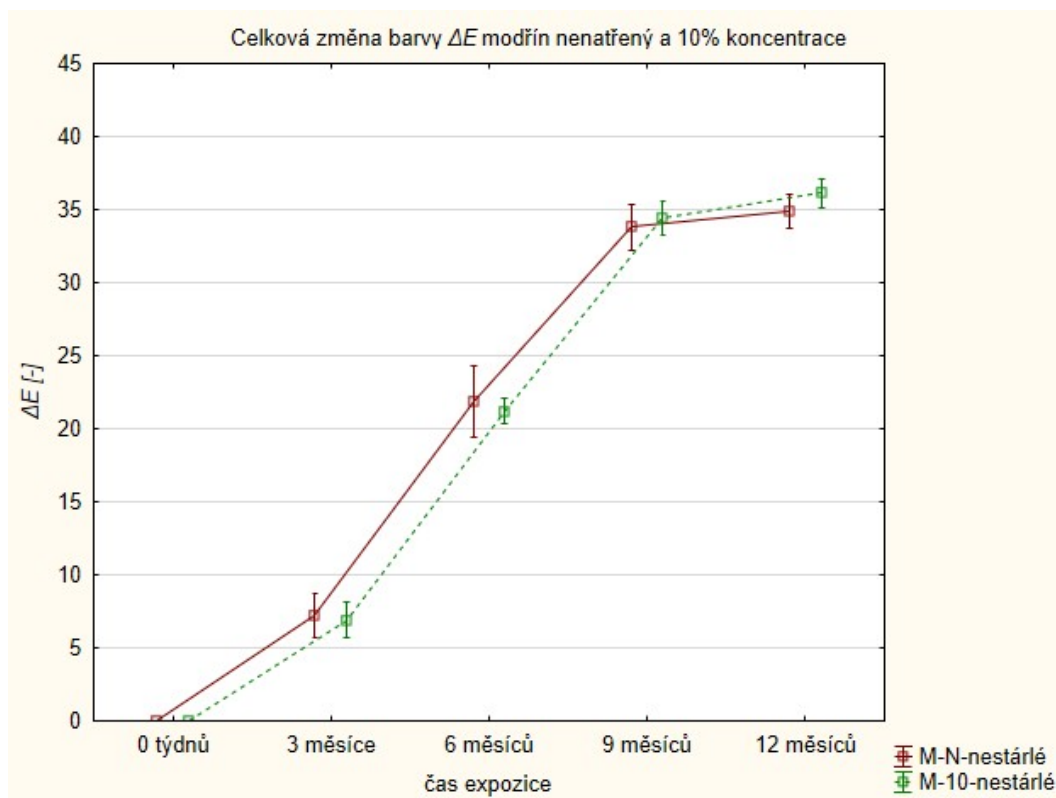
6.2.2.3. Změna hodnot L^*



Graf 12 Změna světlosti L^* modřin neošetřen a 10% koncentrace

Světlost u sad vzorkŕ z modřinu neošetřenými a ošetřenými 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku má pozvolnější průběh než v grafu světlosti smrku (Graf 8). U obou sad modřinu bylo postupné, kaskádovité, tmavnutí již od prvního měření po celou dobu. V obdobích 0-3 a 6-9 měsícŕ byl strmější propad. Od devátého měsice se obě sady nacházely pod hladinou šedě barvy a dále se pozvolna pŕibližovaly k ěerně barvě.

6.2.2.4. Celková změna barvy ΔE



Graf 13 Celková změna barvy ΔE modřín neošetřen a 10% koncentrace

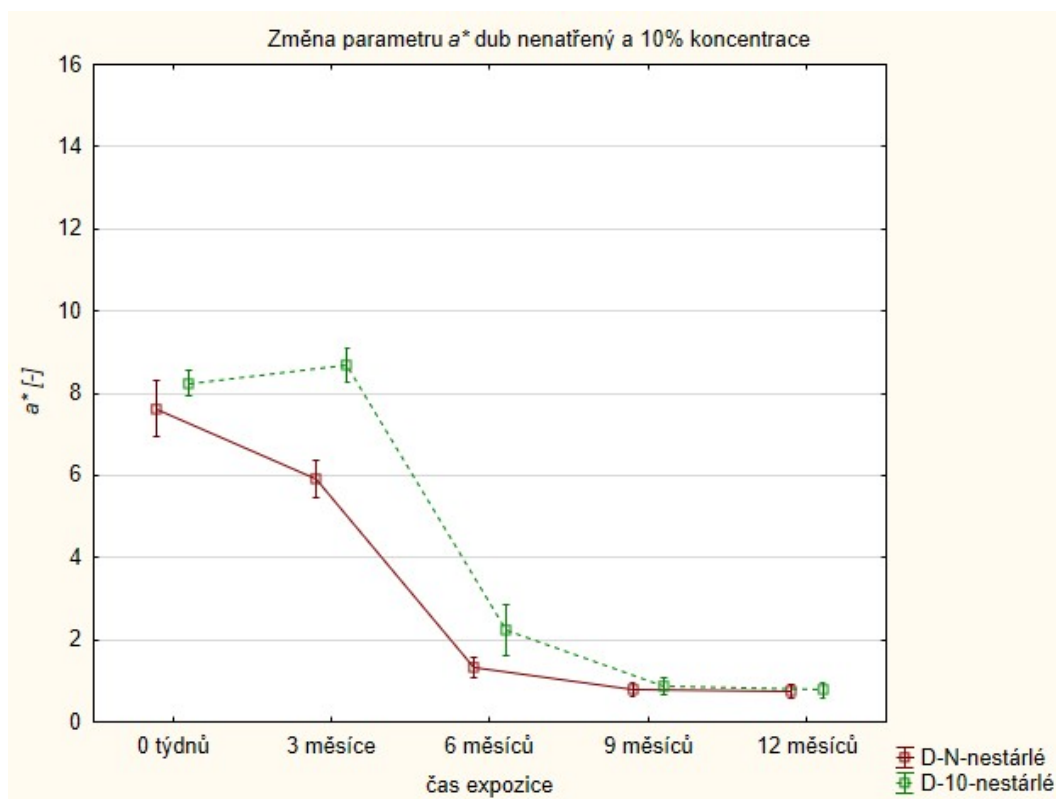
V součtu všech veličin vyjadřující barvu je celková změna barvy nejvýraznější po ročním měření a to více u ošetřené sady modřínu než u sady neošetřené. Obě sady mají přibližně stejný průběh, k nižším barevným změnám dochází u ošetřené sady 10% koncentrací. V posledním tříměsíčním období docházelo ale k vyšším změnám než u nenatřené sady vzorků. Také byl v tomto období nejmenší vzrůst hodnot. Největší rozdíl byl mezi třetím a šestým měsícem, kdy docházelo zároveň k nejvyšším průměrným denním teplotám, viz Tabulka 2. Nejnižší barevné změny dochází při prvním měření po třech měsících.



Obrázek 20 Změna barvy modřín neošetřen a 10% koncentrace (odshora)

6.2.3. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku

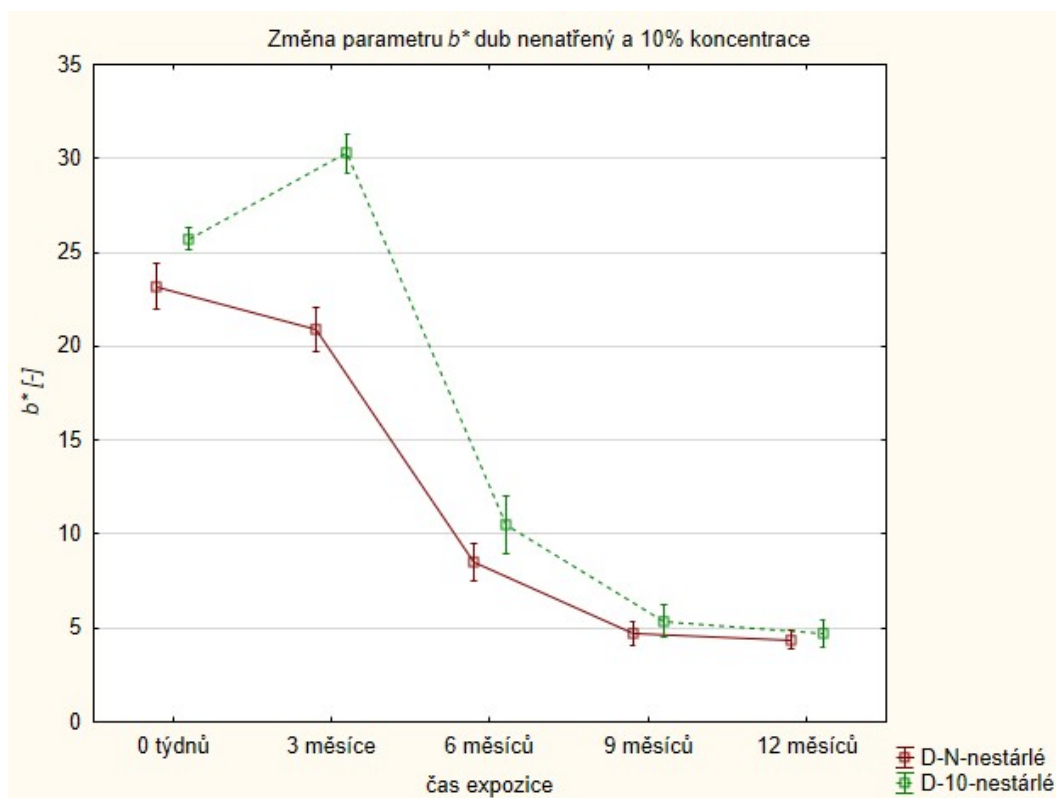
6.2.3.1. Změna hodnot a^*



Graf 14 Změna parametru a^* dub neošetřen a 10% koncentrace

Nejvyšších hodnot dosahovala po celou dobu měření sada ošetřená 10% koncentrací hydrofobizačního prostředku jak zobrazuje Graf 14 výše. Ve třech měsících působení atmosférických vlivů degradace vzorků došlo v této sadě k nárstu hodnot, tedy přiblížení k červenému odstínu. O to výraznější pokles byl mezi třetím a šestým měsícem u obou sad. Dále se mezi nimi rozdíl zmenšoval, až se přiblížil v devátém měsíci. Od devíti do dvanácti měsíců měly téměř stejné hodnoty a tedy i průběh, kdy jejich pokles téměř stagnoval. U nenatřených vzorků dubu byl celý rok pokles hodnot. Došlo k přiblížení se neutrální ose v barevném rozmezí červená-zelená.

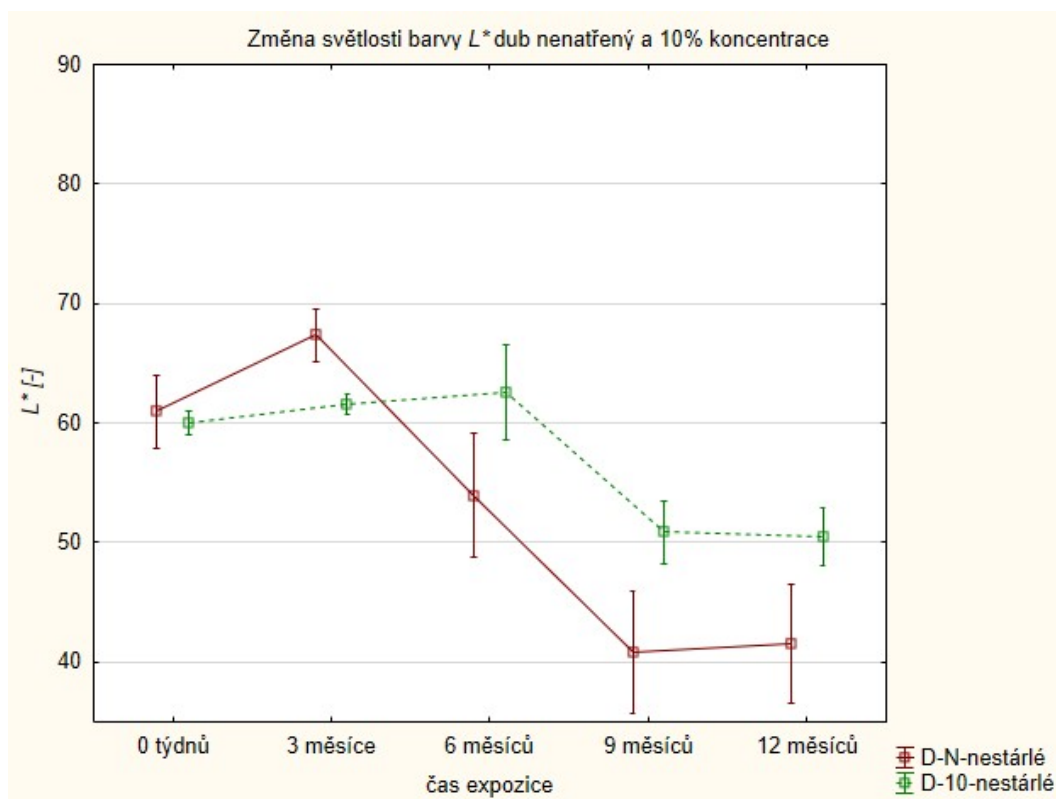
6.2.3.2. Změna hodnot b^*



Graf 15 Změna parametru b^* dub neošetřen a 10% koncentrace

Graf 15 ukazuje téměř identické průběhy změn dubu a jeho hodnoty b^* jako pŕedešlŕ Graf 14 s hodnotami a^* . Jen s rozdílem většího rŕstu hodnoty b^* s 10% koncentračním nátěrem. U této sady modřinu opět dochází k největšímu rozdílu mezi poěáteění a koneěnou ěíselnou hodnotou b^* . Neošetřené vzorky hydrofobním nátěrem opět klesaly po celŕ rok. Od pŕl roku opět docházelo k nižšímu rozdílu v poklesu hodnot skoro až k jejich vyrovnání. Obě sady v koneěném měření měly hodnoty pod ěíselm pět a docházelo k postupnému poklesu a pŕiblížení se k neutrální ose.

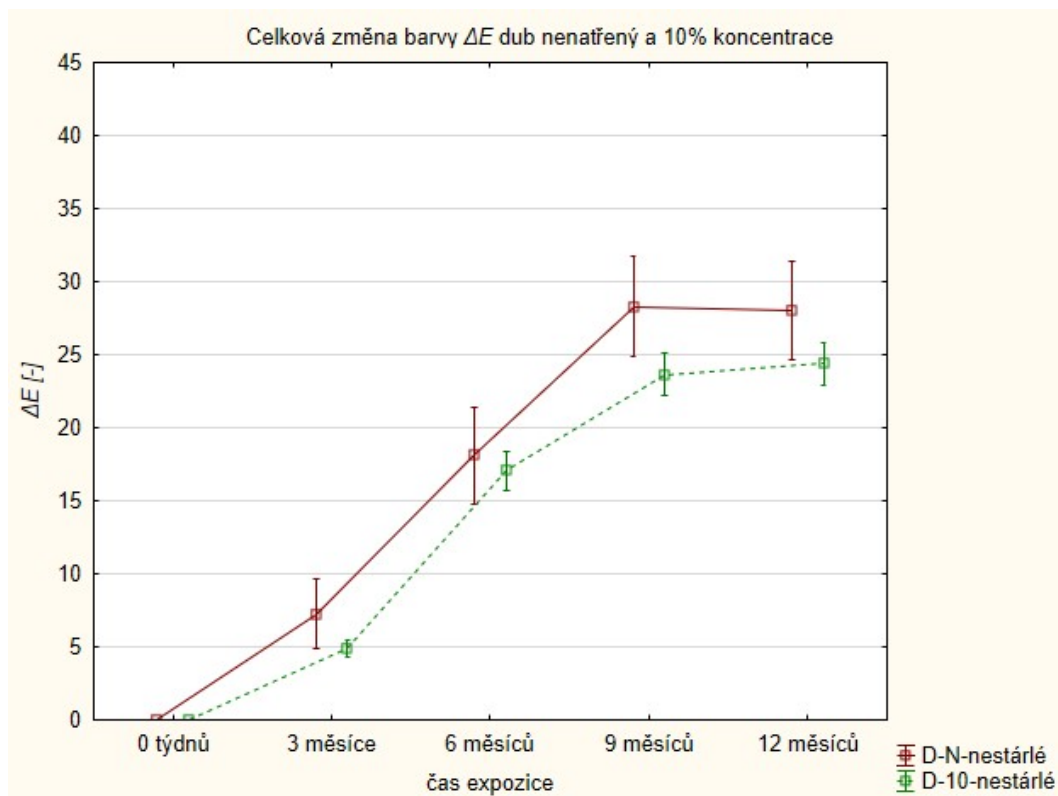
6.2.3.3. Změna hodnot L^*



Graf 16 Změna světlosti barvy L^* dub neošetřen a 10% koncentrace

Změna světlosti u neošetřených a ošetřených vzorků hydrofobizačním nátěrem je různorodá a z tohoto grafu jsou viditelné rozdíly i mezi jednotlivými obdobími. Nenatřený dub při prvním měření v exteriéru zvýšil svou světlost, poté prudce ztmavnul až pod hodnotu šedé barvy, které se následně od devátého měsíce přibližoval. Sada natřených vzorků dubu zesvětlovala po dobu prvních šesti měsíců, poté již vzorky tmavly. V období 6-9 měsíců byl průběh téměř identický mezi oběma sadami, u nenatřených vzorků však došlo k větší změně. Natřené vzorky 10% koncentrací hydrofobizačního prostředku byly ke konci měření lehce nad hodnotou šedé barvy.

6.2.3.4. Celková změna barvy ΔE



Graf 17 Celková změna barvy ΔE dub neošetřen a 10% koncentrace

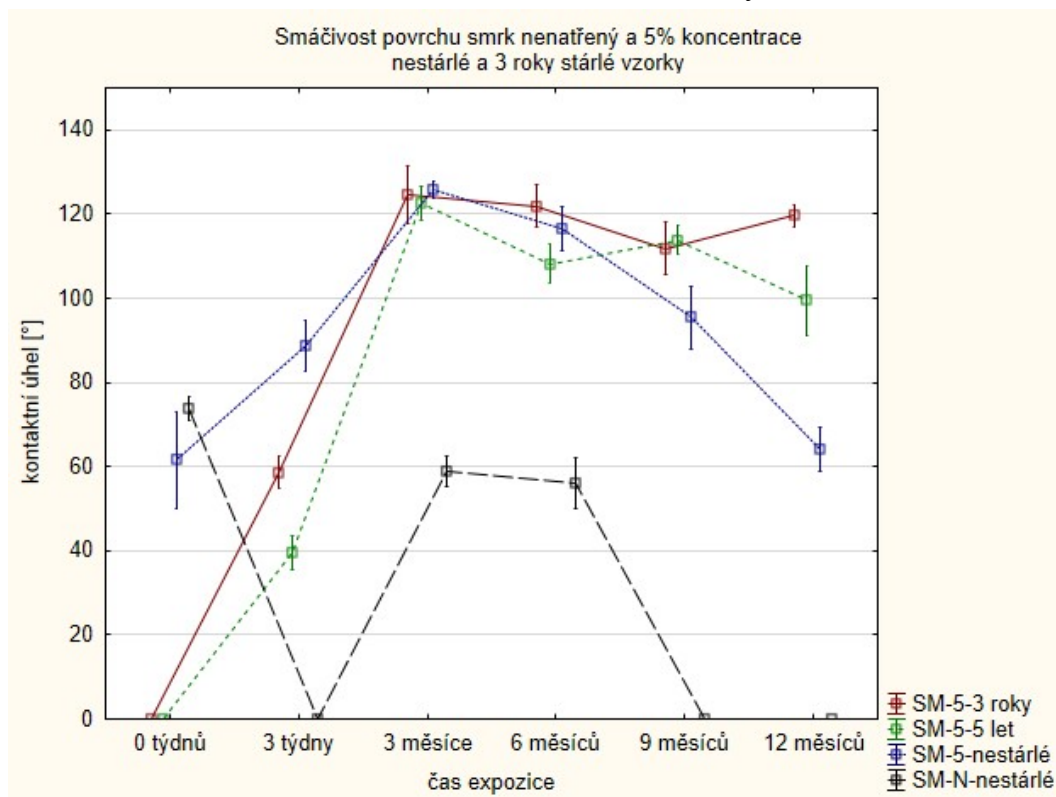
Graf 17 zobrazuje obě sady neošetřených i ošetřených vzorků 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku. Jak je patrné, dosahovaly nižší celkové změny barvy než u smrku (Graf 9) nebo modřínu (Graf 13). Kromě posledního tříměsíčního období docházelo k růstu změny barvy u obou sad. Strmější průběh a vyšší barevné změny dosahovaly nenatřené vzorky. V posledním období však došlo k poklesu této změny. Natřené vzorky dubu 10% koncentrací vykazovaly nejnižších barevných změn ze všech vzorků. Ani ve svém maximu nedosahovaly celkové barevné změny vyšší než 25, za to byl nejstrmější nárůst mezi 3-6 měsíci.



Obrázek 21 Změna barvy dub neošetřen a 10% koncentrace (odshora)

6.3. Smáčivost povrchu

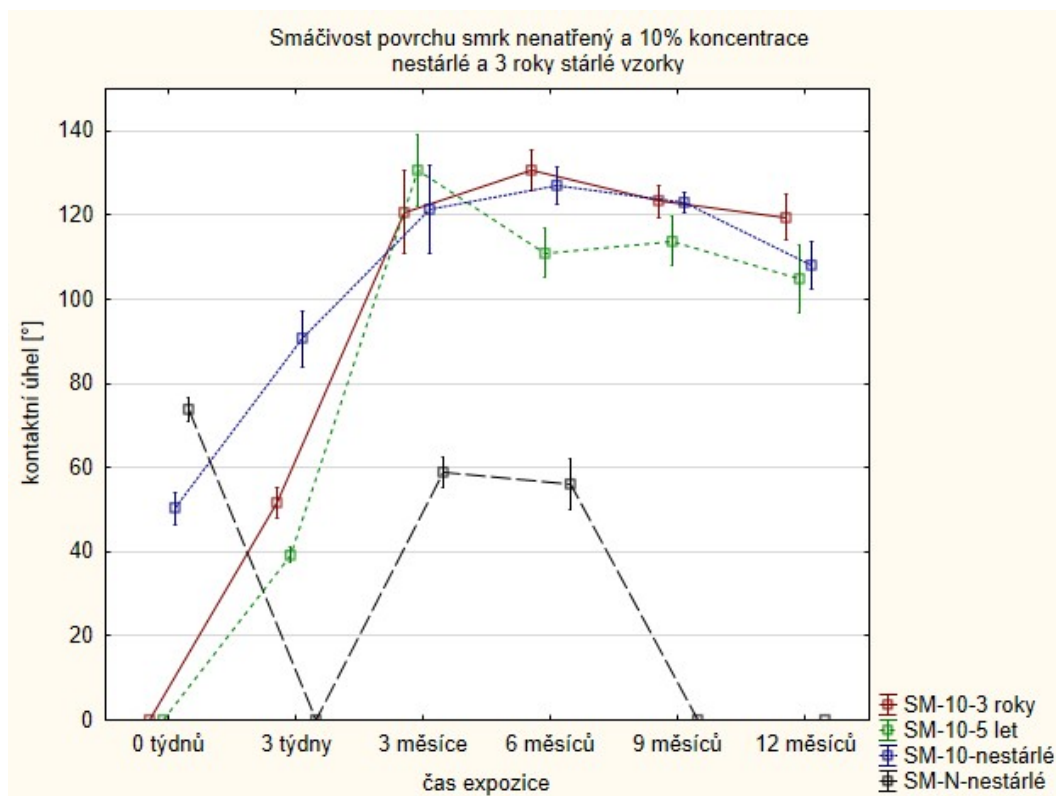
6.3.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 18 Smáčivost povrchu smrk neošetřen a 5% koncentrace

Jak znázorňuje Graf 18, tak před vystavením do exteriéru došlo u tři roky a pět let stárlých sad vzorků k okamžitému vsáknutí kapky do povrchu dřeva, proto nebylo možné zaznamenání kontaktního úhlu a měření se opakovalo po třech týdnech, kde již tyto sady vzorků dosahují nenulového úhlu smáčení povrchu. Po uplynutí třech týdnů však dochází k okamžitému vsaku u nestárlých neošetřených vzorků smrku. Průběh do půl roku byl, kromě této sady, stejný. Od šesti měsíců byl průběh odlišný. U nestárlých vzorků s pěti procentní koncentrací docházelo k pozvolnému poklesu kontaktního úhlu. Tři roky stárlé vzorky vykazovaly v období 6-9 měsíců pokles a poté v 9.-12. měsíci nárůst úhlu smáčení. Opačný průběh v těchto dvou období měly pět let stárlé vzorky, kdy došlo prvně k zvýšení a poté ke snížení úhlu smáčivosti. Neošetřené vzorky hydrofobizačním prostředkem nedosáhly ve třech měsících, kdy měly své maximum, ani šedesáti stupňů. V období 3-6 měsíců byl pozvolný pokles, potom strmý propad až na nulový úhel smáčivosti. Nejvyššího kontaktního úhlu smáčení na konci experimentu dosahovala sada tři roky stárlého smrku.

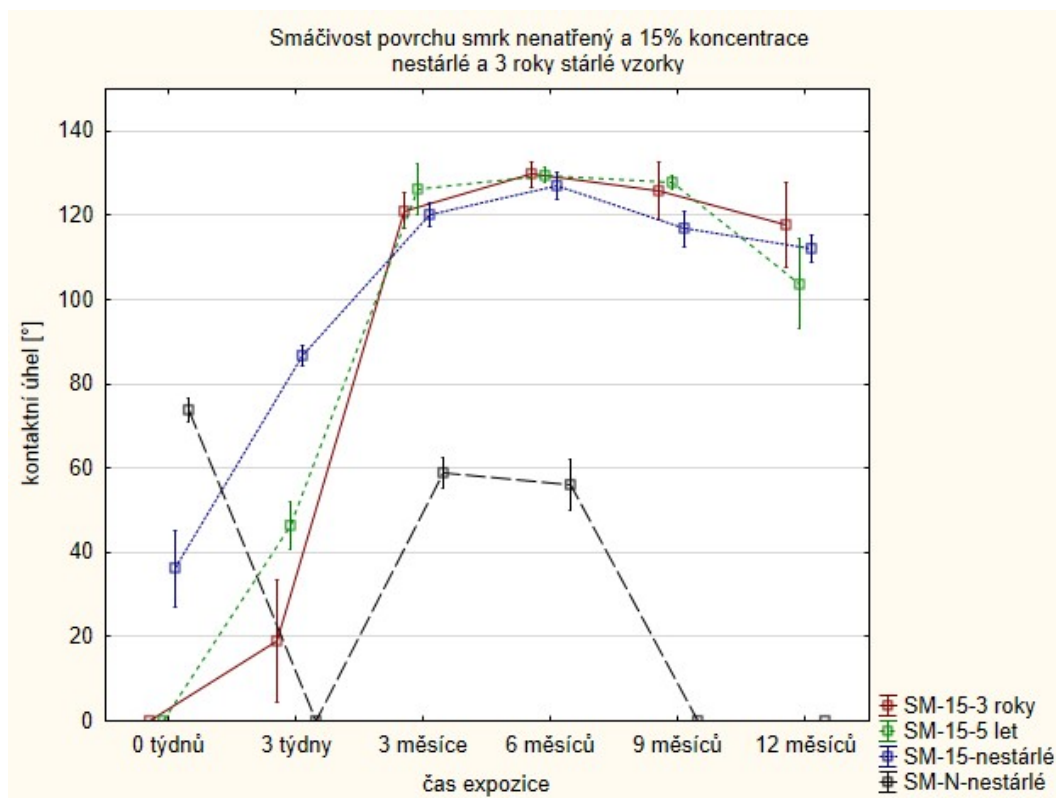
6.3.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 19 Smáčivost povrchu smrk neošetřen a 10% koncentrace

Na počátku jsou znatelné rozdíly mezi nestárlými a stárlými vzorky. U obou, neošetřených i ošetřených vzorků 10% koncentrací, nestárlých vzorků se podařilo naměřit kontaktní úhel již při prvním měření. U stárlých vzorků se kapka vody ihned vsákla do povrchu dřeva. Průběh se po tříměsíčním růstu nadále liší u všech vzorků. Smrk nestárlý i stárlý po dobu tří let ošetřený nátěrem dále roste až do šestého měsíce, poté klesá. Tři roky stárlý smrk má také v konečném měření ze všech vzorků smrku ošetřených 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku nejvyšší hodnotu úhlu smáčení a i po roce vystavení v exteriéru dosahuje hodnot kolem 120 stupňů. Od tří měsíců klesá kontaktní úhel u pět let stárlých natřených a nestárlých, nenatřených vzorků. Pět let stárlá sada vzorků dosahuje svého maxima právě ve třetím měsíci a dále klesá. Ani po roce se však nedostane pod hodnotu 100 stupňů. Nestárlé a nenatřené vzorky měly propad již po krátkém období tří týdnů, poté došlo k navýšení k šedesáti stupňům. Tuto hodnotu však nepřesáhly, do šestého měsíce kontaktní úhel dále mírně klesal a své hydrofobní vlastnosti neošetřené vzorky ztratily již v devátém měsíci.

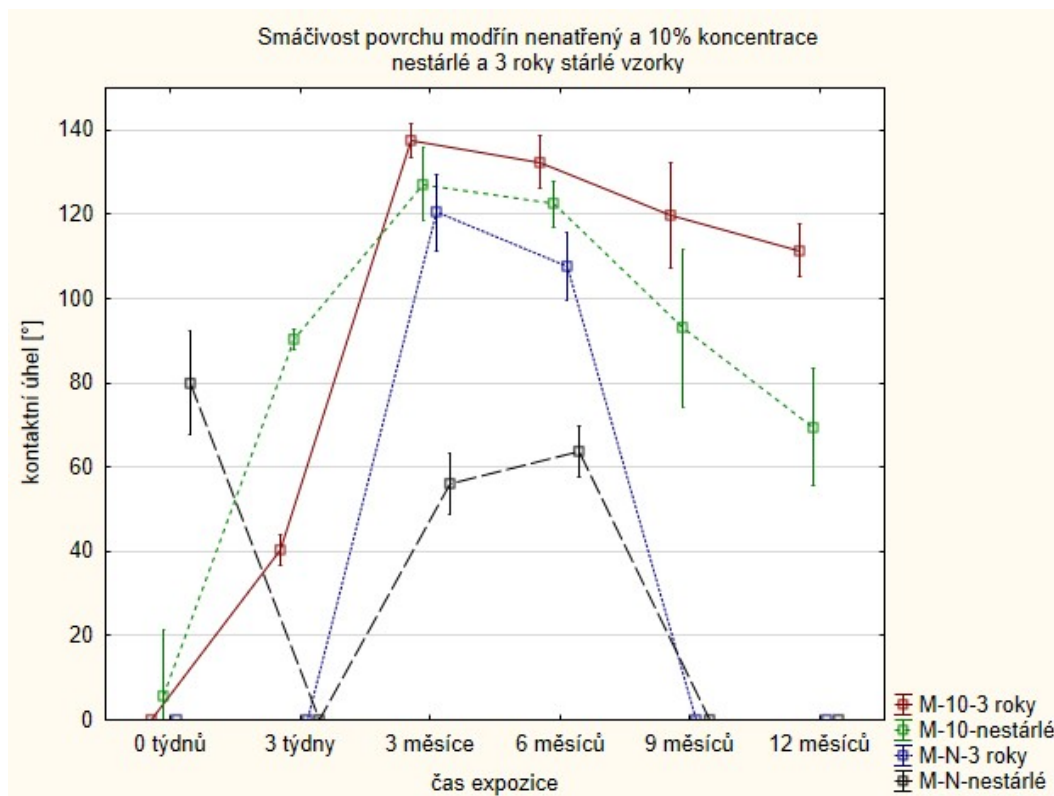
6.3.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 20 Smáčivost povrchu smrk neošetřen a 15% koncentrace

Smrk natřený patnáctiprocentní koncentrací (Graf 20) má v prvním měření rozdělené vzorky stejně jako desetiprocentní koncentrace u smrku v grafu se stejnými hodnotami (Graf 19). Kromě nenatřené sady hydrofobizačním roztokem dochází u všech vzorků k nárůstu kontaktního úhlu již u třetího týdne. Do půl roku od začátku měření vzrůstá hodnota kontaktního úhlu u všech natřených vzorků, po půl roce byl u všech vzorků viditelný pokles. Průběh i hodnoty jsou velmi podobné smrku natřeného desetiprocentní koncentrací. Od devátého měsíce byl nejvýraznější pokles u pět let stárlého smrku a dosahoval, kromě neošetřené sady vzorků, nejnižšího úhlu smáčivosti. Žádný ošetřený vzorek se ale nedostal pod hodnotu 100 stupňů. Nejvyšších hodnot po roce dosahovaly opět tři roky stárlé vzorky.

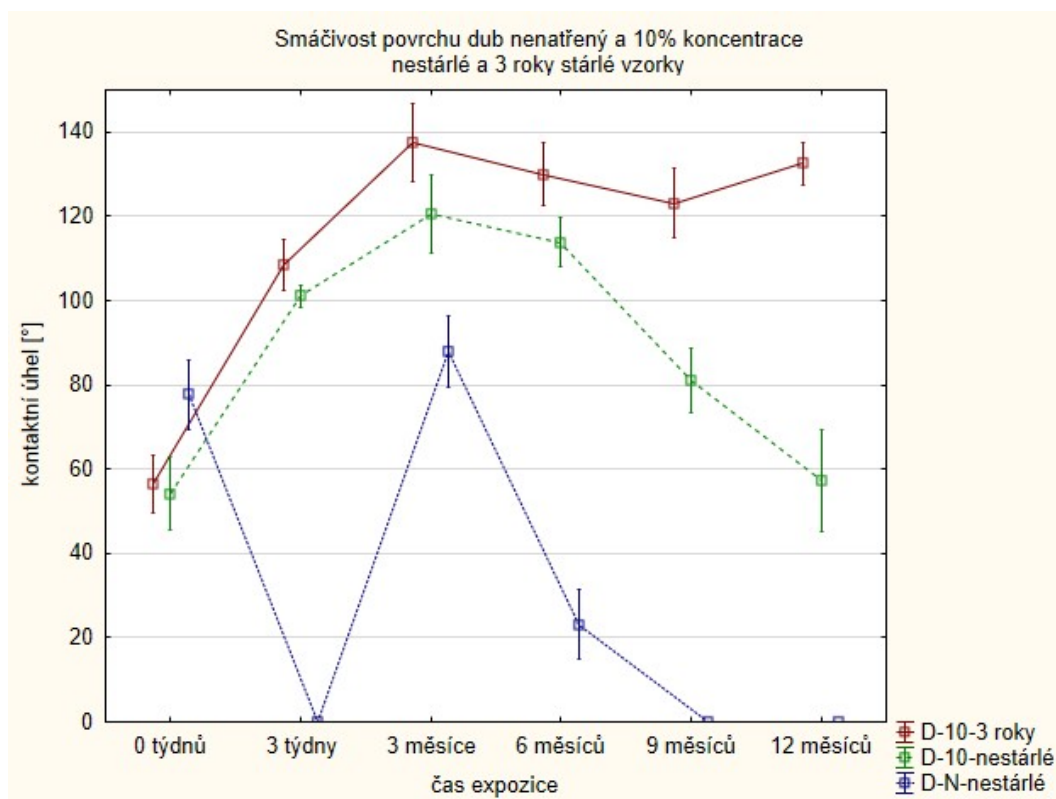
6.3.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 21 Smáčivost povrchu modřín neošetřen a 10% koncentrace

Vzorky modřínu v úvodním měření nedosahovaly vysokých hodnot, u stárlých dokonce došlo k okamžitému vsáknutí vody do povrchu dřeva. Ve čtvrt roce došlo, kromě neošetřených a nestárlých vzorků, k maximu hodnot úhlu smáčení. A to k dosažení téměř 140 stupňů. Poté hodnoty klesaly až do konce experimentu, kde u ošetřené a nestárlé sady došlo k většímu propadu než u sady první. Nejvyšších hodnot v úvodním měření dosahovala sada nestárlých a nenatřených vzorků. Ve třech týdnech svou hydrofobicitu ztratila, od tohoto času do půl roku kontaktní úhel stoupal. Oproti tomu stárlé a neošetřené vzorky dosahovaly nulového úhlu i po třech týdnech, avšak do tří měsíců byl výrazný nárůst k hodnotě 120 stupňů.. Svou hydrofobicitu tyto sady ztratily již v devátém měsíci a po roce působení atmosférické degradace docházelo k okamžitému vsaku vody do povrchu.

6.3.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



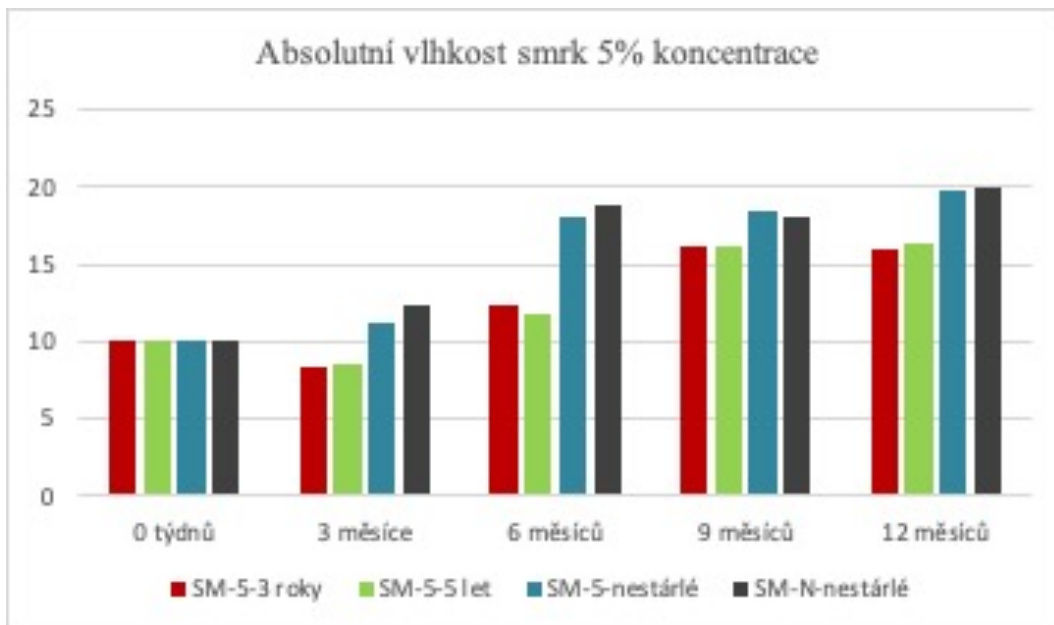
Graf 22 Smáčivost povrchu dub neošetřen a 10% koncentrace

V grafu vyjadřující smáčivost povrchu si dub vedl lépe od samotného začátku, kde hodnota kontaktního úhlu ošetřených vzorků dosahovala necelých šedesáti stupňů. Nejvyšších hodnot dosáhla neošetřená nestárlá sada vzorků. Opět došlo ve třech týdnech k propadu na nulový úhel. Vrchol této sady byl ve třech měsících, odkud klesal až do měsíce devátého, kde došlo k úplné ztrátě hydrofobicity. Obě natřené sady zvyšovaly svou hydrofobicitu do třetího měsíce, poté ji ztrácely do devátého měsíce, kde měly větší pokles nestárlé vzorky. V tomto měření se sady rozdělily a stárlé vzorky po dobu tří let nakonec svou hodnotu zvýšily. Ošetřené nestárlé vzorky prudce klesaly a dosáhly hodnot pod šedesát stupňů.

6.4. Změna vlhkosti

Osa y značí absolutní vlhkost vzorků dřeva vyjádřenou v %, na ose x se hodnoty nemění a stále vyjadřuje čas expozice v uvedených časových intervalech.

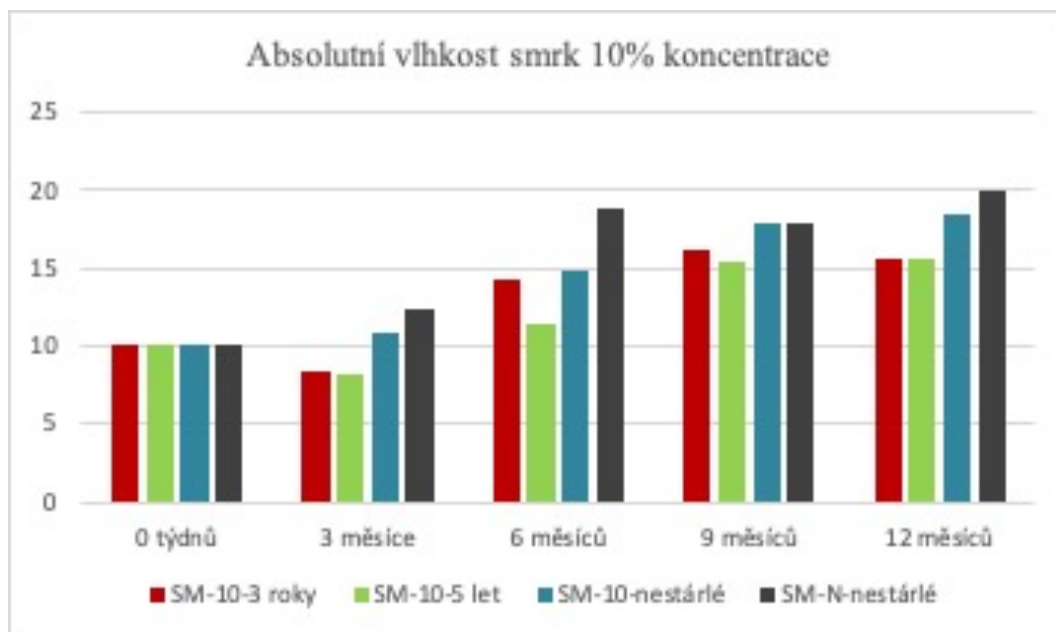
6.4.1. Smrk neošetřen a ošetřen 5% koncentrace hydrofobizačního roztoku



Graf 23 Absolutní vlhkost smrk neošetřen 5% koncentrace

Z počáteční 10% vlhkosti nezestárlé vzorky ihned zvyšovaly svou vlhkost. K poklesu došlo v devátém měsíci u nenatřených vzorků. Ke zvyšování vlhkosti docházelo průběžně po celou dobu expozice v exteriéru u nestárlých vzorků natřených hydrofobizačním prostředkem. Tři roky i pět let stárlé vzorky ve třech měsících snížily svou vlhkost, do devátého měsíce mají rostoucí tendenci. Ke konci měření došlo k velmi mírnému poklesu vlhkosti u obou těchto sad. Nejnižších hodnot v posledním měření dosahovala sada tři roky stárlých vzorků. Nestárlé a nenatřené vzorky měly absolutní vlhkost nejvyšší.

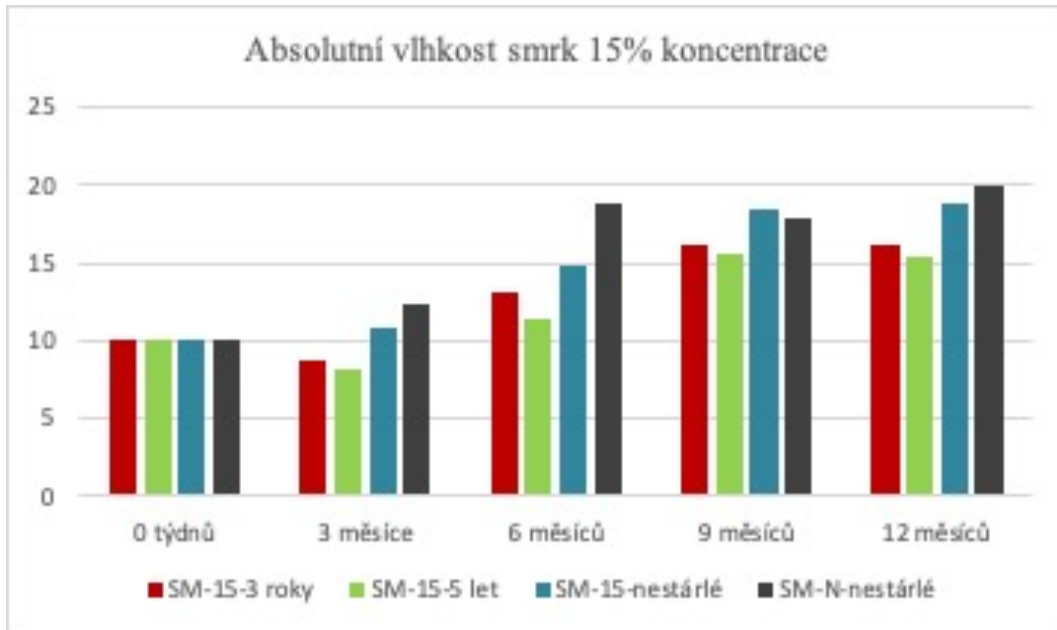
6.4.2. Smrk neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 24 Absolutní vlhkost smrk neošetřen a 10% koncentrace

Podle grafu vyjadřující absolutní vlhkost vzorků smrku neošetřených a ošetřených desetiprocentní koncentrací je znatelné, že u obou sad nestárlých vzorků rostla již od jejich umístění do exteriéru, měly podobný průběh po celé období, vyšších hodnot dosahovala nenatřená sada. U této sady také došlo v devátém měsíci k poklesu vlhkosti. Ostatní vzorky v prvních třech měsících svou vlhkost snížily. Poté u všech vzorků dalších šest měsíců vzrůstala, v posledním tříměsíčním intervalu došlo k poklesu u obou sad. Nejnižší a nejvyšší absolutní vlhkost při posledním měření měla sada stárlých vzorků po dobu tří let a nenatřené nestárlé vzorky, jako v grafu s pětiprocentními vzorky smrku (Graf 23).

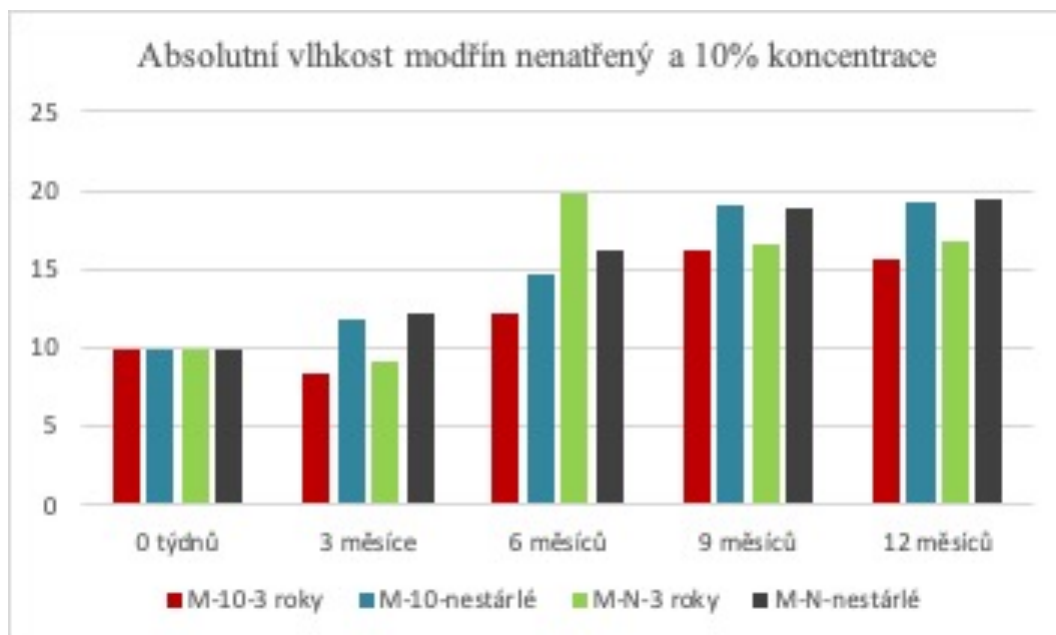
6.4.3. Smrk neošetřen a ošetřen 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 25 Absolutní vlhkost smrk neošetřen a 15% koncentrace

Nestárlé vzorky v tomto grafu měly opět vzrůstající tendenci s propadem v devátém měsíci. Nejvyšší vlhkosti i přes to dosahovaly nenatřené, nestárlé vzorky. Nejnižší absolutní vlhkost měla sada stárlá po dobu pěti let. U stárlých vzorků došlo ke snížení vlhkosti po prvním tříměsíčním intervalu, do devátého měsíce svou vlhkost zvyšovaly a v posledním měření u obou sad opět klesla.

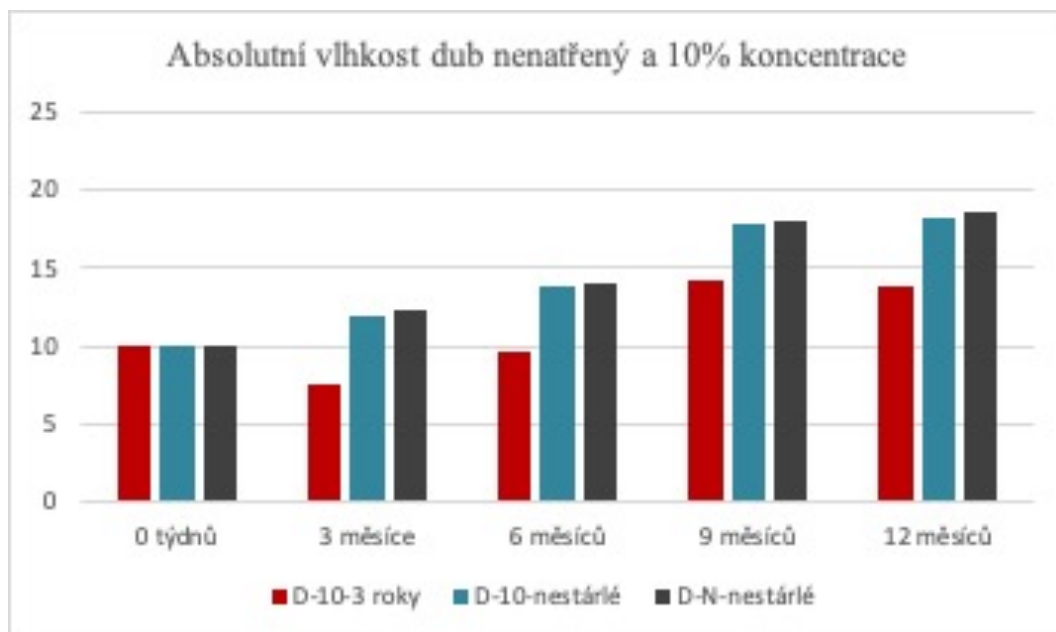
6.4.4. Modřín neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 26 Absolutní vlhkost modřín neošetřen a 10% koncentrace

Graf 26 znázorňuje různé průběhy změny absolutní vlhkosti, které jsou kromě šestého měsíce podobné vždy mezi dvěma sadami vzorků. Pouze v tomto měsíci měla nenatřená, tři roky stárlá sada vyšší absolutní vlhkost než sada vzorků nenatřených, nestárlých. Nestárlé vzorky měly nárůst absolutní vlhkosti při každém měření. Po čtvrt roce došlo ke snížení vlhkosti u stárlých vzorků, u nestárlých došlo ke zvýšení. Nejnižší absolutní vlhkost po roce vystavení v exteriéru má ošetřený, stárlý modřín po dobu tří let. Nejvyšší absolutní vlhkosti dosahují vzorky z nenatřené, nestárlé sady vzorků modřínu.

6.4.5. Dub neošetřen a ošetřen 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku



Graf 27 Absolutní vlhkost dub neošetřen a 10% koncentrace

Průběh změny vlhkosti u nestárlých sad vzorků jsou téměř identické a dochází ke stálému zvyšování absolutní vlhkosti uvnitř dřeviny, jak je patrné výše uvedeném grafu. Jediný stárlý vzorek ošetřený 10% koncentrací hydrofobizačního prostředku svou vlhkost snížil již při prvním měření po vystavení do exteriéru. Do devátého měsíce vlhkost rostla, v posledním měření nepatrně klesla a dosahovala z této dřeviny nejnižší vlhkosti po celém období. Neošetřený vzorek dosahuje nejvyšší absolutní vlhkosti, stejně jako v předchozích grafech znázorňující průběh změny vlhkosti u smrku a modřínu.

7. Diskuze

Smáčivost povrchu u smrku natřeného 5% hydrofobizačního roztoku se výrazně zvýšila do tří měsíců od aplikace, poté začala klesat u všech vzorků. Největší vliv měla hydrofobní úprava u tři roky stárých vzorků, kde se projevila již po třech týdnech a vydržela po dobu celého roku. Na nestárlé vzorky měl hydrofobní nátěr také vliv, avšak měl krátkodobější účinek. Hlavně tedy u modřínu, dubu a smrku s 5% koncentrací roztoku. Nejlepšího výsledku u smrku docházelo při nátěru 15% koncentrací, kde byly výsledky jednodušší a stejně jako u 10% koncentrace nedošlo ani po roce působení atmosférické degradace k poklesu kontaktního úhlu pod sto stupňů, čímž se potvrdilo doporučení výrobce Lučební závody Kolín v Příloze č. 15. Nestárlé vzorky smrku měly na počátku také vysoký úhel smáčení, stejně jako uvádí (Žlahtič, a další, 2016). U modřínu i dubu po ošetření povrchu 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku docházelo k nejvyšším úhlům smáčení. Z důvodu vyššího obsahu extraktiv tyto dřeviny dosahovaly téměř superhydrofobní vlastnosti (Oberhofnerová, a další, 2016). Horších vlastností dosahovaly opět nestárlé vzorky dřevin. Po třech týdnech dokonce z neznámých důvodů ztratily svou hydrofobní vlastnost, proto by bylo zajímavé vytvořit chemickou analýzu povrchu. Ta však nebyla cílem této práce. Všechny neošetřené vzorky povrchovým nátěrem ztratily svou hydrofobicitu již po devíti měsících, včetně vzorků dubu a modřínu, které dosahovaly s 10% koncentrací maximální úhel smáčení.

V závislosti na hydrofobní úpravě, a tedy vsaku vody do povrchu dřeva, se měnila i absolutní vlhkost jednotlivých dřevin. U smrku došlo opět k nejlepším výsledkům s 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku nátěru Lukofob, kde vzorky i po půl roce v exteriéru nezvýšily svou absolutní vlhkost nad 16 %. Nejhůře z natřených vzorků smrku dopadly opět nestárlé vzorky, z čehož vyplývá, že i v závislosti na vlhkosti má výrazný vliv hydrofobní úprava povrchu prvotně stárlého smrkového dřeva. Jelikož vlhkost závisí i na rozdílu mezi stárlým a nestárlým povrchem (Niklewski, a další, 2018), dosahují opačného výsledku nestárlé vzorky modřínu a dubu natřené 10% koncentrací hydrofobního nátěru, které mají vyšší vlhkost již od uplynutí tří měsíců v exteriéru. Od této doby působení atmosférických vlivů je rozdíl mezi stárlými a nestárlými vzorky. Tento rozdíl činí přes 4 % u dubu a přes 3 % u modřínu.

V porovnání ošetřených a neošetřených smrkových vzorků hydrofobizačním nátěrem je nejvýraznější rozdíl, kdy již po půl roce činí tento rozdíl přes 4 % ve prospěch 15% koncentrace roztoku. Se snižující se koncentrací se snižují i rozdíly mezi jednotlivými obdobími. U modřínu s dubem je rozdíl během ročního období i na jeho konci. Již po půl roce dosahují až dvouprocentních rozdílů v absolutní vlhkosti, ve prospěch upravených vzorků. Z těchto výsledků je patrné, že dřevo ztrácí svou odolnost vůči zvyšování vlhkosti přirozeným stárnutím (Žlahtič-Zupanc, a další, 2018).

Nejvíce naměřených hodnot obsahovala kategorie změny barvy z důvodu barevného prostoru CIELAB, který je mezinárodně uznávaný. V barevném rozmezí červená-zelená, tedy hodnoty a^* byl nejvýraznější pokles modřínu, protože tato dřevina obsahovala nejvíce červeného odstínu ze všech, a to jak s ošetřeným, tak i neošetřeným povrchem. U natření povrchu hydrofobizačním prostředkem docházelo k pomalejšímu poklesu k neutrálnímu barevnému odstínu, kdy se ještě po devíti měsících modřín držel nad hodnotou dva. Dub neošetřený nátěrem vykazoval posun k neutrální ose již od třetího měsíce. V závislosti na průběhu naměřených hodnot a^* lze konstatovat, že neošetřený povrch smrku reaguje méně na změny. Se vzrůstající koncentrací roztoku roste i náchylnost ke změně směrem k červenému odstínu. To znamená, že čím větší koncentrace roztoku byla použita, tím je červenější odstín povrchu.

Z důvodu použití hydrofobizačního prostředku Lukofob, který je ve 100% koncentraci mléčná až nažloutlá kapalina viz Příloha č. 15, vzorky s rostoucí koncentrací obsahují i vyšších, bližších, hodnot ke žlutému odstínu na ose b^* (Pánek, a další, 2017). Největších úvodních rozdílů dosahoval ošetřený a neošetřený povrch dubu a logicky i smrku s 15% koncentrací roztoku. Rozdíl se po celou dobu vystavení v exteriéru snižoval až do jednoho roku, kde již nebyl, kromě dubu, statisticky významný, jak je uvedeno v Příloze č. 3, Příloze č. 7.

K rozdílu v poklesu světlosti mezi ošetřenými a neošetřenými povrchy u smrku dochází až v šestém měsíci, kde dosahuje největšího zešednutí 10% koncentrace. Nejméně byly v šesti měsících zešedlé povrchy vzorků s 5% koncentrací. Po jednom roce mezi vzorky smrku dosahovala nejnižších hodnot 10% koncentrace, poté neošetřený povrch, 15% koncentrace a nejvyšších hodnot dosáhl vzorek s 5% koncentrací roztoku. Při prvním měření světlosti v laboratoři vykazovaly neošetřené

vzorky modřínu i dubu světlejší odstín. Modřín natřený 10% koncentrací roztoku byl tmavší při každém dalším měření a po jednom roce byl již pod hodnotou 45 (šedá barva = 50). Dub ošetřený 10% koncentrací má opačný výsledek než modřín, tedy neošetřený vzorek se po roce přiblížil více k černému odstínu (Pánek, a další, 2017) (Žlahtič, a další, 2016).

Rozdíl v celkové barevné změně je nejnižší mezi ošetřením 15% koncentrací hydrofobizačního roztoku a neošetřeným povrchem. Jejich průběh je, kromě dubu s 10% koncentrací nátěru, statisticky významný po dobu prvních devíti měsíců viz Příloha č. 5 s Tukeyovými HSD testy. Největší barevná změna proběhla u všech vzorků ve dvanácti měsících. Nejvyšší nárůst změny mezi šestým a devátým měsícem se předpokládá z důvodu letního počasí s vyššími teplotami a slunečním zářením viz Tabulka 2. Po jednom roce, tedy v zimním počasí s nejnižšími srážkami a teplotami uvedených v Tabulce 2 je barevná změna nejvyšší.

Ošetření povrchu hydrofobním nátěrem u nestárých vzorků na změnu drsnosti měl význam pouze 10% koncentrací. Nejménších rozdílů mezi jednotlivými vzorky smrku dosahovala 15% koncentrace, poté 10% a největší změnu drsnosti povrchu měl smrk ošetřený 5% koncentrací roztoku Lukofob. Tento výsledek se dal předpokládat z důvodu nejúčinnější hydrofobní úpravy. U nestárých neošetřených vzorků byl nárůst průměrné aritmetické úchyly Ra strmější a po roce v exteriéru tyto vzorky dosahovaly vyšších hodnot viz Graf 1, Graf 2 a Graf 3. Největší rozdíl byl u dřevin vystavených pět let povětrnostním vlivům, zejména u vzorku natřených nižší koncentrací roztoku. To především z důvodu mikrotrhlin na povrchu, které zároveň snižují hydrofobní vlastnosti dřeva (Huang, a další, 2012) (Natural weathering performance od three fast-growing eucalypt woods, 2015)

8. Závěr

Ze zjištěných výsledků lze konstatovat, že zvýšení hydrofobicity pomocí nátěru hydrofobizační látkou má vliv i u takto heterogenních materiálů jako je dřevo, které bylo použito v měření. Dosud je rozšířenější aplikace hydrofobizačního na povrchy kamenů či betonu, což doporučuje přímo i sám výrobce (Příloha č. 15).

Podle takto zjištěných výsledků lze z hlediska smáčivosti povrchu doporučit hydrofobizační roztok na povrch dřeva v exteriéru, a to především u již stárlých vzorků. Například tři roky zestárlé vzorky dosahovaly nejvyšších hodnot z důvodu již porušeného povrchu dřeva a vyšší vsákavosti roztoku. U pět let stárlého dřeva byl povrch již znatelněji poškozen a docházelo k nižší účinnosti ke konci měřeného období, kde hodnoty kontaktního úhlu smrku s 5% koncentrací klesly pod 100°. Nejlepších výsledků na takto poškozeném povrchu dosáhla 10% koncentrace hydrofobizační látky Lukofob. Také zvýšení hydrofobní úpravy vydrželo po dobu trvání jednoho roku, oproti nestárlým vzorkům. Nejvyšší pokles byl opět zaznamenán u smrku s 5% koncentrací, s vyšší koncentrací dosahoval povrchu méně znatelné rozdíly a větší úhly smáčení. Nenatřené vzorky ztratily svou přirozenou hydrofobní vlastnost již po devíti měsících. Od té doby docházelo k okamžitému vsáknutí vody do povrchu dřeva. Nejlepších výsledků dosahoval tři roky stárlý dub natřený 10% koncentrací hydrofobizačního roztoku Lukofob DxL, u kterého i po jednom roce docházelo k průměrnému úhlu smáčení přes 130°. Modřín stárlý po stejnou dobu a ošetřen stejnou koncentrací roztoku měl v průběhu roku podobné hodnoty, avšak po roce rozdíl mezi těmito dvěma dřevinami činil 21°. Ke krátkodobému, půlročnímu, zvýšení hydrofobicity došlo u nestárlých vzorků zmíněných dřevin. Po jednom roce již měly poloviční hodnoty oproti stárlým vzorkům. Nenatřené vzorky projevíly svou hydrofobní vlastnost povrchu pouze v letním období.

Při měření kontaktního úhlu smáčivosti by mohla hrát roli ještě vyšší koncentrace použitého roztoku, která však nebyla použita z důvodu doporučení výrobce. Ten ji doporučuje pouze na tmavší povrchy z předpokladu rizika výrazné změny barvy kvůli vlastnostem hydrofobizačního nátěru viz Příloha č. 15.

Za experiment by stála hydrofobní úprava na tmavší, tropické dřeviny, kde by se dala předpokládat vyšší účinnost z důvodu vyššího obsahu extraktiv, avšak byla by zde hrozba tvorby výkvětů a znehodnocení dřeviny při použití hydrofobizační látky na bázi silikonů. Tomuto riziku by se mohlo předejít použitím hydrofobizační látky s jinou bází. Také naměřené výsledky prezentují chování hydrofobizace ve středozemí mírného podnebném pásu, proto v přímořských nebo severských zemích mohou probíhat jinak.

Při aplikaci hydrofobizačního roztoku nátěrem je proces zdlouhavý a tím pádem vhodný spíše pro úpravu v domácích podmínkách či malovýrobě. Změnou technologie by mohlo dojít k navýšení kapacity a zároveň k možnosti použití vyšší koncentrace hydrofobní látky, zejména při máčení vzorků. Při této aplikaci by však musela nastat, mnohdy složitá demontáž a následná montáž ošetřovaných prvků vystavených povětrnostním vlivům. Kvůli zkoumání vlivu hydrofobního nátěru na dřeviny v exteriéru je stále nejschůdnější aplikace nátěrem nebo postřikem i přes nutnost použití nižší koncentrace roztoku.

Seznam literatury a použitých zdrojů

ČZU. 2021. Denní úhrn srážek. *Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze.* [Online] 2021. [Citace: 5. duben 2021.] <http://meteostanice.agrobiologie.cz/grafy.php?graf=graf11>.

—, **2021.** Průměrná denní teplota. *Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze.* [Online] 2021. [Citace: 5. duben 2021.] <http://meteostanice.agrobiologie.cz/grafy.php?graf=graf9>.

—, **2021.** Průměrná denní vlhkost vzduchu. *Meteorologická stanice České zemědělské univerzity v Praze.* [Online] 2021. [Citace: 5. duben 2021.] <http://meteostanice.agrobiologie.cz/grafy.php?graf=graf12>.

1504-2:2004, EN. 2006. Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí - Definice, požadavky, kontrola kvality a hodnocení shody - Část 2: Systémy ochrany povrchu betonu. místo neznámé : Český normalizační institut, 2006, Sv. Třídící znak 73 2101.

4287, ČSN EN ISO. 1999. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. místo neznámé : Český normalizační institut, 1999, Sv. Třídící znak 014450.

4287:1999/A1, ČSN EN ISO. 2010. Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu. *ČSN EN ISO 4287:1999/A1.* místo neznámé : Český normalizační institut, 2010, Sv. Třídící znak 014450.

Adelaide, The University of. 2016. Hyphomycetes. *The University of Adelaide.* [Online] 15. prosinec 2016. [Citace: 6. březen 2021.] <https://mycology.adelaide.edu.au/descriptions/hyphomycetes/aureobasidium/>.

Agudo, Juan Enrique, a další. 2014. A Low-Cost Real Color Picker Based on Arduino. *Sensors.* 11943-11956, 2014, Sv. 14, 7.

Bartovská, Lidmila a Šišková, Marie. 2005. Rejstřík hesel úplný: měření úhlu smáčení. *VŠCHT v Praze.* [Online] 2005. [Citace: 20. únor 2021.] https://vydavatelstvi-old.vscht.cz/knihy/uid_es-001/ebook.copyright.htm.

Bumbálek, Bohumil, Odvody, Vladimír a Ošťádal, Bohuslav. 1989. *Drsnost povrchu*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

Daňková, Jana, a další. 2014. Modifikace dřeva silikony jako potenciálně perspektivní technologie ochrany dřevěných stavebních konstrukcí proti korozi. *Koroze a ochrana materiálu*. 107-112, 2014, Sv. 58, 4.

de Vries, Ing J a Polder, R.B. 1997. Hydrophobic treatment of concrete. *Construction and Building Materials*. 1997, Sv. 11, 4.

Denkmalpflege, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und. 1991. *WTA Merkblatt*. München : Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege., 1991.

Žlahtič, Mojca a Humar, Miha. 2016. Influence of Artificial and Natural Weathering on the Moisture Dynamic of Wood. *Bioresources*. 2016, Sv. 12, 1.

Žlahtič-Zupanc, Mojca, Lesar, Boštjan a Humar, Miha. 2018. Changes in moisture performance of wood after weathering. *Construction and Building Materials*. 2018, Sv. 193.

Feist, William C. a Hon, David N.-S. 1984. Chemistry of Weathering and Protection. [autor knihy] David N.-S. Hon William C. Feist. *The Chemistry of Solid Wood*. místo neznámé : American Chemical Society, 1984.

Feist, William C. 1989. Outdoor Wood Weathering and Protection. *Archaeological Wood*. místo neznámé : American Chemical Society, 1989.

Huang, Xianai, a další. 2012. Changes in wettability of heat-treated wood due to artificial weathering. *Wood Science and Technology*. 2012, Sv. 46.

Kolín, Lučební závody. 2016. Bezpečnostní list - Lukofob DxL. *Lučební závody Kolín*. [Online] 2016. [Citace: 6. duben 2021.] <https://www.lucebni.cz/cs/downloads?id=1>.

—, 2021. Silikonové injektáže a hydrofobizace. *Lukofob Dxl*. [Online] 2021. [Citace: 6. duben 2021.] <https://www.lucebni.cz/cs/lukofob/69-hydrofobizacni-pripravek-lukofob-dxl.html>.

—, 2017. Technický list - Lukofob DxL. *Lučební závody a.s.* [Online] 2017. [Citace: 6. duben 2021.] <https://www.lucebni.cz/cs/downloads?id=1>.

KONICA MINOLTA SENSING, INC. 2007. KONICA MINOLTA. *Konica Minolta, Inc.* [Online] 2007. [Citace: 23. březen 2021.] <https://www.konicaminolta.com/instruments/download/booklet/index.html>.

KRÜSS. 2017. Know How: Glossary: Contact angle. *Krüss scientific.* [Online] 2017. [Citace: 27. březen 2021.] <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/contact-angle>.

— **2017.** Know how: Glossary: Lotus effect. *Krüss scientific.* [Online] 2017. [Citace: 27. březen 2021.] <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/lotus-effect>.

— **2017.** Know how: Glossary: Wilhelmy plate method. *Krüss scientific.* [Online] 2017. [Citace: 27. březen 2021.] <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/wilhelmy-plate-method>.

Marmur, Abraham, a další. 2017. Contact angles and wettability: towards common and accurate terminology. *Surface Innovations.* 3-8, 2017, Sv. 5, SI1.

MINOLTA, KONICA. 2020. Blog. *Konica Minolta Sensing Americas, Inc.* [Online] 2020. [Citace: 9. únor 2021.] <https://sensing.konicaminolta.us/us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>.

— **2018.** What is CIE 1976 Lab Color Space? *KONICA MINOLTA SENSING, INC.* [Online] 14. září 2018. [Citace: 20. březen 2021.] <https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>.

Moghaddam, Maziar Sedighi, a další. 2016. Wettability and swelling of acetylated and furfurylated wood analyzed by multicycle Wilhelmy plate method. *Holzforschung.* 2016, Sv. 70, 1.

Natural weathering performance od three fast-growing eucalypt woods. **Gonzales de Cademartori, Pedro Henrique, a další. 2015.** místo neznámé : Maderas: Ciencia y Tecnologia, 2015, Sv. 17.

Niklewski, J., a další. 2018. Moisture behavior of weathered wood surfaces during cyclic wetting: measurements and modeling. *Wood Science and Technology.* 2018, Sv. 52.

Oberhofnerová, Eliška a Pánek, Miloš. 2016. Surface wetting of selected wood species by water during initial stages of weathering. *Wood research.* 2016, Sv. 61, 4.

-
- once. 2020.** The visible light spectrum. *once Animal Lightning*. [Online] 4. duben 2020. [Citace: 23. březen 2021.] <https://www.once.lighting/visible-light-spectrum/>.
- OTS, pracovníci oddělení. 2007.** *Technologická pravidla pro použití silikonových hydrofobizačních přípravků LUKOFOD*. Kolín : Lučební závody a.s., 2007.
- Petrič, Marko a Primož, Oven. 2015.** Determination of Wettability of Wood and Its Significance in Wood Science and Technology: A Critical Review. *Reviews of Adhesion and Adhesives*. 121-187, 2015, Sv. 3, 2.
- Pánek, Miloš. 2015.** *Nátěry na dřevo a jejich testování*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. ISBN 978-80-213-2548-7.
- Pánek, Miloš, a další. 2017.** Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering. *Coatings*. 10, 2017, Sv. 7, 172.
- Reinprecht, Ladislav, a další. 2013.** Performance of methyl-tripotassiumsilanol treated wood against swelling in water, decay fungi and moulds. *Wood research*. 511-520, 2013, Sv. 58, 4.
- Rudawska, Anna. 2019.** Assessment of surface preparation for the bonding/adhesive technology. *Surface Treatment in Bonding Technology*. místo neznámé : Academic Press, 2019.
- Schanda, János. 2007.** *Colorimetry: Understanding the CIE System*. New Jersey : John Wiley & Sons, Inc., 2007. ISBN 978-0-470-04904-4.
- Tiab, Djebbar a C. Donaldson, Erle. 2016.** *Petrophysics*. místo neznámé : Gulf Professional Publishing, 2016. 978-0-12-803188-9.
- Vplyv vybraných faktorov na drsnosť povrchu dreva upraveného vodou riediteľnými náterovými látkami. Slabejová, Gabriela a Móz, Martin. 2010.* 1, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010, Sv. 52. ISSN 1336-3824.
- x-rite. 2007.** *A Guide to Understanding Color Communication*. Michigan : X-Rite, 2007.

Seznam příloh

Příloha č. 1

Tukeyův HSD test drsnosti povrchu všechny dřeviny a koncentrace

Příloha č. 2

Tukeyův HSD test a^* smrk všechny vzorky

Příloha č. 3

Tukeyův HSD test b^* smrk všechny vzorky

Příloha č. 4

Tukeyův HSD test L^* smrk všechny vzorky

Příloha č. 5

Tukeyův HSD test ΔE^* smrk všechny vzorky

Příloha č. 6

Tukeyův HSD test a^* modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 7

Tukeyův HSD test b^* modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 8

Tukeyův HSD test L^* modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 9

Tukeyův HSD test ΔE^* modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 10

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu smrk všechny vzorky

Příloha č. 11

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 12

Tukeyův HSD test absolutní vlhkost smrk všechny vzorky

Příloha č. 13

Tukeyův HSD test absolutní vlhkost modřín a dub všechny vzorky

Příloha č. 14

Data v meteorologické stanice ČZU

Příloha č. 15

Lukofob DxL

Přílohy

Příloha č. 1: Tukeyův HSD test drsnosti povrchu všechny dřeviny a koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	16,610	38,959
SM-5-0		<i>0,000144</i>
SM-5-1	<i>0,000144</i>	

Tukeyův test drsnost smrk 5% koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	18,441	44,701
SM-10-0		<i>0,000157</i>
SM-10-1	<i>0,000157</i>	

Tukeyův test drsnost smrk 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	18,229	40,578
SM-15-0		<i>0,000242</i>
SM-15-1	<i>0,000242</i>	

Tukeyův test drsnost smrk 15% koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	5,8184	24,764
SM-N-0		<i>0,000177</i>
SM-N-1	<i>0,000177</i>	

Tukeyův test drsnost smrk neošetřený

vzorek	{1}	{2}
	14,945	41,465
M-10-0		<i>0,002498</i>
M-10-1	<i>0,002498</i>	

Tukeyův test drsnost modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	11,928	23,659
M-N-0		<i>0,036084</i>
M-N-1	<i>0,036084</i>	

Tukeyův test drsnost modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}
	13,727	26,609
D-10-0		<i>0,000509</i>
D-10-1	<i>0,000509</i>	

Tukeyův test drsnost dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}
	9,9746	28,485
D-N-0		<i>0,011203</i>
D-N-1	<i>0,011203</i>	

Tukeyův test drsnost dub neošetřený

Příloha č. 2: Tukeyův HSD test α^* smrk všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	3,7150	8,5875	3,9950	1,0006	,92000
SM-5-0		0,000123	0,526009	0,000123	0,000123
SM-5-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-6	0,526009	0,000123		0,000123	0,000123
SM-5-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,991446
SM-5-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,991446	

Tukeyův HSD test červená-zelená smrk 5% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	4,2563	9,5394	4,1119	1,3119	1,1913
SM-10-0		0,000123	0,930839	0,000123	0,000123
SM-10-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-6	0,930839	0,000123		0,000123	0,000123
SM-10-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,963153
SM-10-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,963153	

Tukeyův HSD test červená-zelená smrk 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	4,0400	9,5644	4,4181	1,4194	1,1825
SM-15-0		0,000123	0,393709	0,000123	0,000123
SM-15-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-6	0,393709	0,000123		0,000123	0,000123
SM-15-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,798662
SM-15-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,798662	

Tukeyův HSD test červená-zelená smrk 15% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	3,6106	8,0287	2,5269	,90188	,85750
SM-N-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-N-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,999122
SM-N-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,999122	

Tukeyův HSD test červená-zelená smrk neošetřený

Příloha č. 3: Tukeyův HSD test b^* smrk všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	21,794	23,848	10,547	4,6700	3,6950
SM-5-0		0,000126	0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-3	0,000126		0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-5-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,077232
SM-5-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,077232	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá smrk 5% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	24,014	27,283	11,551	5,3319	4,4319
SM-10-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-10-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,196893
SM-10-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,196893	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá smrk 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	24,439	27,754	11,599	5,8350	4,6450
SM-15-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-15-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,113191
SM-15-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,113191	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá smrk 15% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	19,315	22,356	8,0738	3,2206	2,7756
SM-N-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-N-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,672590
SM-N-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,672590	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá smrk neošetřený

Příloha č. 4: Tukeyův HSD test L^* smrk všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	85,099	75,417	74,029	55,169	53,882
SM-5-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-3	0,000123		0,607020	0,000123	0,000123
SM-5-6	0,000123	0,607020		0,000123	0,000123
SM-5-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,673453
SM-5-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,673453	

Tukeyův HSD test světlost smrk 5% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	82,940	71,017	65,186	49,779	49,130
SM-10-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-3	0,000123		0,000529	0,000123	0,000123
SM-10-6	0,000123	0,000529		0,000123	0,000123
SM-10-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,988742
SM-10-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,988742	

Tukeyův HSD test světlost smrk 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	83,342	72,441	69,636	53,930	52,524
SM-15-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-3	0,000123		0,219445	0,000123	0,000123
SM-15-6	0,000123	0,219445		0,000123	0,000123
SM-15-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,823206
SM-15-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,823206	

Tukeyův HSD test světlost smrk 15% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	85,972	74,893	66,695	50,715	50,176
SM-N-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-N-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,992749
SM-N-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,992749	

Tukeyův HSD test světlost smrk neošetřený

Příloha č. 5: Tukeyův HSD test ΔE^* smrk všechny vzorky

vzorek	{1} 0,0000	{2} 11,179	{3} 16,271	{4} 34,775	{5} 36,390
SM-5-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-5-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-5-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,327106
SM-5-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,327106	

Tukeyův HSD test celková změna barvy smrk 5% koncentrace

vzorek	{1} 0,0000	{2} 13,533	{3} 22,076	{4} 38,268	{5} 39,282
SM-10-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-10-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-10-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,910112
SM-10-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,910112	

Tukeyův HSD test celková změna barvy smrk 10% koncentrace

vzorek	{1} 0,0000	{2} 12,859	{3} 19,526	{4} 35,097	{5} 36,912
SM-15-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-15-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-15-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,468435
SM-15-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,468435	

Tukeyův HSD test celková změna barvy smrk 15% koncentrace

vzorek	{1} 0,0000	{2} 12,335	{3} 22,507	{4} 38,927	{5} 39,596
SM-N-0		0,000123	0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-3	0,000123		0,000123	0,000123	0,000123
SM-N-6	0,000123	0,000123		0,000123	0,000123
SM-N-9	0,000123	0,000123	0,000123		0,981269
SM-N-12	0,000123	0,000123	0,000123	0,981269	

Tukeyův HSD test celková změna barvy smrk neošetřený

Příloha č. 6: Tukeyův HSD test α^* modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	14,710	13,355	6,4350	2,0762	1,6150
M-10-0		0,001638	0,000126	0,000126	0,000126
M-10-3	0,001638		0,000126	0,000126	0,000126
M-10-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,612431
M-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,612431	

Tukeyův HSD test červená-zelená modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	8,2487	8,6900	2,2262	,86000	,77125
D-10-0		0,337356	0,000126	0,000126	0,000126
D-10-3	0,337356		0,000126	0,000126	0,000126
D-10-6	0,000126	0,000126		0,000133	0,000128
D-10-9	0,000126	0,000126	0,000133		0,995355
D-10-12	0,000126	0,000126	0,000128	0,995355	

Tukeyův HSD test červená-zelená dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	11,788	12,231	4,0575	,97625	,77250
M-N-0		0,795637	0,000126	0,000126	0,000126
M-N-3	0,795637		0,000126	0,000126	0,000126
M-N-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-N-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,985489
M-N-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,985489	

Tukeyův HSD test červená-zelená modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	7,6238	5,9188	1,3175	,79000	,74750
D-N-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
D-N-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
D-N-6	0,000126	0,000126		0,206451	0,148072
D-N-9	0,000126	0,000126	0,206451		0,999791
D-N-12	0,000126	0,000126	0,148072	0,999791	

Tukeyův HSD test červená-zelená dub neošetřený

Příloha č. 7: Tukeyův HSD test b^* modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	32,321	29,256	14,631	6,4950	5,1775
M-10-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
M-10-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
M-10-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,024780
M-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,024780	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	25,724	30,278	10,496	5,3613	4,6813
D-10-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
D-10-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
D-10-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
D-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,799611
D-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,799611	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	27,910	29,245	11,098	3,7387	2,8238
M-N-0		0,495657	0,000126	0,000126	0,000126
M-N-3	0,495657		0,000126	0,000126	0,000126
M-N-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-N-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,800342
M-N-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,800342	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	23,199	20,873	8,4937	4,6950	4,3550
D-N-0		0,001990	0,000126	0,000126	0,000126
D-N-3	0,001990		0,000126	0,000126	0,000126
D-N-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
D-N-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,973641
D-N-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,973641	

Tukeyův HSD test žlutá-modrá dub neošetřený

Příloha č. 8: Tukeyův HSD test L^* modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	64,059	58,044	56,319	45,278	44,274
M-10-0		0,001146	0,000146	0,000126	0,000126
M-10-3	0,001146		0,725584	0,000126	0,000126
M-10-6	0,000146	0,725584		0,000126	0,000126
M-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,949452
M-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,949452	

Tukeyův HSD test světlost modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	60,023	61,596	62,540	50,852	50,517
D-10-0		0,818704	0,436867	0,000128	0,000127
D-10-3	0,818704		0,966716	0,000126	0,000126
D-10-6	0,436867	0,966716		0,000126	0,000126
D-10-9	0,000128	0,000126	0,000126		0,999422
D-10-12	0,000127	0,000126	0,000126	0,999422	

Tukeyův HSD test světlost dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	69,302	62,530	58,438	48,659	47,945
M-N-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
M-N-3	0,000126		0,001893	0,000126	0,000126
M-N-6	0,000126	0,001893		0,000126	0,000126
M-N-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,949645
M-N-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,949645	

Tukeyův HSD test světlost modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	60,947	67,351	53,970	40,855	41,556
D-N-0		0,117203	0,072989	0,000126	0,000126
D-N-3	0,117203		0,000206	0,000126	0,000126
D-N-6	0,072989	0,000206		0,000241	0,000378
D-N-9	0,000126	0,000126	0,000241		0,998791
D-N-12	0,000126	0,000126	0,000378	0,998791	

Tukeyův HSD test světlost dub neošetřený

Příloha č. 9: Tukeyův HSD test ΔE^* modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0,0000	6,9204	21,177	34,436	36,114
M-10-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
M-10-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
M-10-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,041034
M-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,041034	

Tukeyův HSD test celková změna barvy modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0,0000	4,9254	17,065	23,666	24,394
D-10-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
D-10-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
D-10-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
D-10-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,817825
D-10-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,817825	

Tukeyův HSD test celková změna barvy dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0,0000	7,2168	21,830	33,802	34,882
M-N-0		0,000126	0,000126	0,000126	0,000126
M-N-3	0,000126		0,000126	0,000126	0,000126
M-N-6	0,000126	0,000126		0,000126	0,000126
M-N-9	0,000126	0,000126	0,000126		0,770561
M-N-12	0,000126	0,000126	0,000126	0,770561	

Tukeyův HSD test celková změna barvy modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
	0,0000	7,2315	18,098	28,310	28,049
D-N-0		0,001264	0,000126	0,000126	0,000126
D-N-3	0,001264		0,000127	0,000126	0,000126
D-N-6	0,000126	0,000127		0,000130	0,000132
D-N-9	0,000126	0,000126	0,000130		0,999874
D-N-12	0,000126	0,000126	0,000132	0,999874	

Tukeyův HSD test celková změna barvy dub neošetřený

Příloha č. 10: Tukeyův HSD test smáčivost povrchu smrk všechny vzorky

vzorek	{1} 24,628	{2} 66,830	{3} 124,61	{4} 117,09	{5} 105,71	{6} 93,382
SM-5-0		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
SM-5-3t	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020	0,000057
SM-5-3	0,000020	0,000020		0,768696	0,010798	0,000021
SM-5-6	0,000020	0,000020	0,768696		0,335253	0,000408
SM-5-9	0,000020	0,000020	0,010798	0,335253		0,246910
SM-5-12	0,000020	0,000057	0,000021	0,000408	0,246910	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu smrk 5% koncentrace

vzorek	{1} 20,104	{2} 64,735	{3} 123,03	{4} 125,34	{5} 121,30	{6} 111,95
SM-10-0		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
SM-10-3t	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
SM-10-3	0,000020	0,000020		0,996030	0,998992	0,147718
SM-10-6	0,000020	0,000020	0,996030		0,950672	0,039865
SM-10-9	0,000020	0,000020	0,998992	0,950672		0,316371
SM-10-12	0,000020	0,000020	0,147718	0,039865	0,316371	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu smrk 10% koncentrace

vzorek	{1} 14,480	{2} 51,556	{3} 121,65	{4} 128,60	{5} 122,54	{6} 112,74
SM-15-0		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
SM-15-3t	0,000020		0,000020	0,000020	0,000020	0,000020
SM-15-3	0,000020	0,000020		0,703489	0,999971	0,435520
SM-15-6	0,000020	0,000020	0,703489		0,809500	0,013061
SM-15-9	0,000020	0,000020	0,999971	0,809500		0,324955
SM-15-12	0,000020	0,000020	0,435520	0,013061	0,324955	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu smrk 15% koncentrace

vzorek	{1} 73,840	{2} 0,0000	{3} 58,988	{4} 56,093	{5} 0,0000	{6} 0,0000
SM-N-0		0,000138	0,000138	0,000138	0,000138	0,000138
SM-N-3t	0,000138		0,000138	0,000138	1,000000	1,000000
SM-N-3	0,000138	0,000138		0,689584	0,000138	0,000138
SM-N-6	0,000138	0,000138	0,689584		0,000138	0,000138
SM-N-9	0,000138	1,000000	0,000138	0,000138		1,000000
SM-N-12	0,000138	1,000000	0,000138	0,000138	1,000000	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu smrk neošetřený

Příloha č. 11: Tukeyův HSD test smáčivost povrchu modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	2,8440	65,332	132,34	127,44	106,31	90,447
M-10-0		0,000138	0,000138	0,000138	0,000138	0,000138
M-10-3t	0,000138		0,000138	0,000138	0,000162	0,022642
M-10-3	0,000138	0,000138		0,987905	0,016348	0,000153
M-10-6	0,000138	0,000138	0,987905		0,083193	0,000301
M-10-9	0,000138	0,000162	0,016348	0,083193		0,324469
M-10-12	0,000138	0,022642	0,000153	0,000301	0,324469	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu modřín 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	55,315	104,75	128,91	121,86	102,15	94,937
D-10-0		0,000151	0,000138	0,000138	0,000176	0,000836
D-10-3t	0,000151		0,096609	0,416003	0,999738	0,884012
D-10-3	0,000138	0,096609		0,969405	0,048507	0,005330
D-10-6	0,000138	0,416003	0,969405		0,261793	0,046529
D-10-9	0,000176	0,999738	0,048507	0,261793		0,966507
D-10-12	0,000836	0,884012	0,005330	0,046529	0,966507	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu dub 10% koncentrace

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	40,026	0,0000	88,286	85,585	0,0000	0,0000
M-N-0		0,007239	0,000779	0,001588	0,007239	0,007239
M-N-3t	0,007239		0,000138	0,000138	1,000000	1,000000
M-N-3	0,000779	0,000138		0,999878	0,000138	0,000138
M-N-6	0,001588	0,000138	0,999878		0,000138	0,000138
M-N-9	0,007239	1,000000	0,000138	0,000138		1,000000
M-N-12	0,007239	1,000000	0,000138	0,000138	1,000000	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu modřín neošetřený

vzorek	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	77,674	0,0000	88,014	23,176	0,0000	0,0000
D-N-0		0,000138	0,022306	0,000138	0,000138	0,000138
D-N-3t	0,000138		0,000138	0,000138	1,000000	1,000000
D-N-3	0,022306	0,000138		0,000138	0,000138	0,000138
D-N-6	0,000138	0,000138	0,000138		0,000138	0,000138
D-N-9	0,000138	1,000000	0,000138	0,000138		1,000000
D-N-12	0,000138	1,000000	0,000138	0,000138	1,000000	

Tukeyův HSD test smáčivosti povrchu dub neošetřený

Příloha č. 12: Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti smrk všechny vzorky

vzorek	{1} 10,000	{2} 9,5600	{3} 14,560	{4} 17,140	{5} 17,560
SM-5-0		0,996008	0,009575	0,000197	0,000159
SM-5-3	0,996008		0,004281	0,000158	0,000143
SM-5-6	0,009575	0,004281		0,245871	0,135601
SM-5-9	0,000197	0,000158	0,245871		0,996664
SM-5-12	0,000159	0,000143	0,135601	0,996664	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti smrk 5% koncentrace

vzorek	{1} 10,000	{2} 9,3600	{3} 13,880	{4} 16,700	{5} 16,680
SM-10-0		0,946806	0,002246	0,000133	0,000133
SM-10-3	0,946806		0,000529	0,000132	0,000132
SM-10-6	0,002246	0,000529		0,031273	0,032811
SM-10-9	0,000133	0,000132	0,031273		1,000000
SM-10-12	0,000133	0,000132	0,032811	1,000000	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti smrk 10% koncentrace

vzorek	{1} 10,000	{2} 9,4400	{3} 13,540	{4} 16,940	{5} 17,120
SM-15-0		0,969376	0,006427	0,000132	0,000132
SM-15-3	0,969376		0,001658	0,000132	0,000132
SM-15-6	0,006427	0,001658		0,009074	0,005823
SM-15-9	0,000132	0,000132	0,009074		0,999633
SM-15-12	0,000132	0,000132	0,005823	0,999633	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti smrk 15% koncentrace

vzorek	{1} 10,000	{2} 12,400	{3} 18,850	{4} 18,000	{5} 19,950
SM-N-0		0,000617	0,000271	0,000271	0,000271
SM-N-3	0,000617		0,000271	0,000271	0,000271
SM-N-6	0,000271	0,000271		0,044195	0,015715
SM-N-9	0,000271	0,000271	0,044195		0,001326
SM-N-12	0,000271	0,000271	0,015715	0,001326	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti smrk neošetřený

Příloha č. 13: Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti modřín a dub všechny vzorky

vzorek	{1} 10,000	{2} 10,100	{3} 13,400	{4} 17,600	{5} 17,500
M-10-0		0,999998	0,499160	0,059174	0,062093
M-10-3	0,999998		0,522535	0,062093	0,065172
M-10-6	0,499160	0,522535		0,337292	0,354895
M-10-9	0,059174	0,062093	0,337292		0,999998
M-10-12	0,062093	0,065172	0,354895	0,999998	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti modřín 10% koncentrace

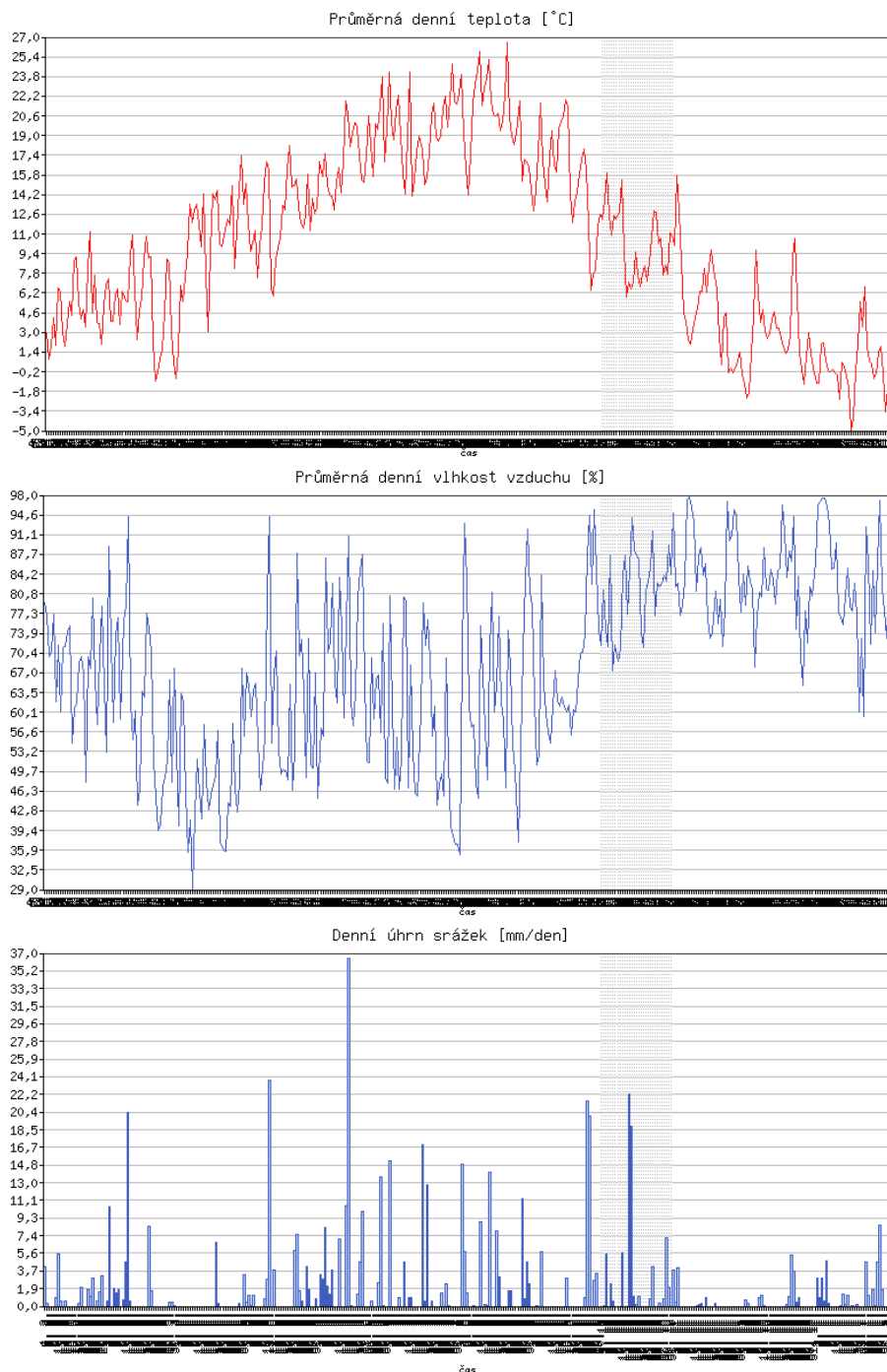
vzorek	{1} 10,000	{2} 9,7000	{3} 11,800	{4} 16,050	{5} 16,050
D-10-0		0,999948	0,951720	0,280293	0,280293
D-10-3	0,999948		0,920595	0,249087	0,249087
D-10-6	0,951720	0,920595		0,546009	0,546009
D-10-9	0,280293	0,249087	0,546009		1,000000
D-10-12	0,280293	0,249087	0,546009	1,000000	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti modřín neošetřený

vzorek	{1} 10,000	{2} 10,650	{3} 18,000	{4} 17,750	{5} 18,100
M-N-0		0,996017	<i>0,040844</i>	<i>0,046096</i>	<i>0,038941</i>
M-N-3	0,996017		0,056150	0,063690	0,053422
M-N-6	<i>0,040844</i>	0,056150		0,999907	0,999998
M-N-9	<i>0,046096</i>	0,063690	0,999907		0,999646
M-N-12	<i>0,038941</i>	0,053422	0,999998	0,999646	

Tukeyův HSD test absolutní vlhkosti dub 10% koncentrace

Příloha č. 14: Data z meteorologické stanice ČZU



Zdroj: (ČZU, 2021) (ČZU, 2021) (ČZU, 2021)

Příloha č. 15: Lukofob DxL



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, <http://www.lucebni.cz>



ČSN EN ISO 9001:2009
ČSN EN ISO 14001:2005

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 alkalitě 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 vodorozpustných nečistot - snížení špinivosti a vylepšená samočistící 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 ³)	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), oblaky, 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 samočistících 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 čisticích prostředků se důkladně omyjí čistou, nejlépe tlakovou vodou.
- Trhliny, spáry a nesoudržná místa se vyspraví před aplikací hydrofobizačního přípravku.
- Podklad a spáry musí být dostatečně zkarbonizované (dle druhu materiálu 2–4 týdny).
- Přilehlé 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
máčeací 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 ²	10 - 33 m ² / 1l
naředěný přípravek	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 omýt 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 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.

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, www.lucebni.cz 1/2017

Zdroj: (Kolín, 2017)