

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Porovnání účinnosti vybraných povrchových úprav pro dlouhodobé zachování vzhledu běleného dřeva**

Diplomová práce

Autor: Bc. Josef Punčochář  
Vedoucí práce: doc. Ing. Miloš Pánek, Ph.D.

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Josef Punčochář

Dřevařské inženýrství

Dřevařské inženýrství

Název práce

**Porovnání účinnosti vybraných povrchových úprav pro dlouhodobé zachování vzhledu běleného dřeva**

Název anglicky

**Comparison of efficiency of selected coatings on long-term saving of colour of whitened wood**

---

### Cíle práce

Cílem práce bude vyhodnotit účinnost vybraných druhů nátěrových systémů na bělené dřevo pro zachování jeho původního vzhledu během dlouhodobé expozice a výběr nejvhodnější varianty z testovaných.

### Metodika

Bělení dřeva je využíváno pro změnu původní barvy a zvýraznění kresby nativního dřeva pro zvýšení jeho estetické hodnoty. Využívány jsou různé metody a postupy bělení. Během vystavení v interiéru však dochází vlivem působení slunečního záření ke změnám původního odstínu. Účinnou prevencí může poskytovat vhodný nátěrový systém s obsahem složek odrážejících anebo pohlcujících UV a viditelné záření. V práci bude hodnocena účinnost vybraných druhů nátěrových systémů na bělené dřevo pro zachování jeho původního vzhledu během dlouhodobé expozice. Pro její napodobení bude využita metoda urychleného stárnutí v Xenotestu. Výsledkem práce bude doporučení vhodného nátěrového systému na bělené dřevo v interiéru.

**Doporučený rozsah práce**

70 s.

**Klíčová slova**

bělení dřeva, nátěry, urychlené stárnutí, barvostálost

---

**Doporučené zdroje informací**

Hon, D. N. S., Chang, S. T. (1984): Surface degradation of wood by ultraviolet light. J. Polym. Sci. Polym. Chem 22, s. 2227-2241

Liptáková, E., Sedláčik, M. (1989): Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle. Bratislava : ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 520 s.

Pandey, K.K. (2005): Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. Polymer Degradation and Stability 90 (1), s. 9-20

Pánek, M., Oberhofnerová, E., Hýsek, Š., Šedivka, P., Žeidler, A., (2018): Colour stabilization of oak, spruce, larch and Douglas fir heartwood treated with mixtures of nanoparticles dispersions and UV-stabilizers after exposure to UV and VIS-radiation. Materials, 11, 1653, doi:10.3390/ma11091653

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

---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

**Konzultant**

Ing. Kristýna Šimůnková

---

Elektronicky schváleno dne 2. 4. 2019

**doc. Ing. Milan Gaff, PhD.**

Vedoucí ústavu

---

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2020

## Čestné prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Porovnání účinnosti vybraných povrchových úprav pro dlouhodobé zachování vzhledu běleného dřeva** vypracoval samostatně pod vedením doc. Miloše Pánka 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 Praze dne 15.6. 2020

(Podpis autora) .....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval doc. Ing. Miloši Pánkovi, PhD. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích, a získávání údajů pro výzkumnou část práce, které mi pomohly tuto diplomovou práci zkompletovat.

Rád bych také poděkoval své rodině, všem svým přátelům, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

**Jméno:**

Bc. Josef Punčochář

**Název práce:**

Porovnání účinnosti vybraných povrchových úprav pro dlouhodobé zachování vzhledu běleného dřeva

**Abstrakt:**

Tato práce je zaměřená na zkoumání vlivu nátěrů proti UV záření na bělení a na barevnost povrchu dřeva používaného v interiéru. Součástí je zpracovaná literární problematika související s povrchovými fotodegradačními změnami na různě běleném dřevě. Jsou popsány vybrané fyzikální změny způsobené fotodegradací, které probíhají na chemicky nebo přírodně upravovaném povrchu dřev. Provedená měření jsou na vzorcích dřeva modřínu a buku. Postup přípravy a měření vzorků je důkladně popsán v metodice. Nejdříve se naměřily hodnoty u nově natřených tělísek a poté po určitých časových intervalech v přístroji Xenolab, který je používán na umělé stárnutí. Cílem této práce je určit vhodný nátěr, který nejvíce udrží bělost dřeva a její udržitelnosti v průběhu určité doby. Na konci testování u buku nejlépe dopadl nátěr na 30% vyběleném vzorku s akrylovým lakem a 3 % UV stabilizátoru.

**Klíčová slova:**

bělení dřeva, nátěry, urychlené stárnutí, barvostálost

**Name:**

Bc. Josef Punčochář

**The name of the thesis:**

Comparison of efficiency of selected coatings on long-term saving of colour of whitened wood.

**Abstract:**

The following thesis is focused on investigating the effect of anti-UV coatings on bleaching and color of wood surfaces used in the interior. A part of this work is a processed literary issue related to surface photodegradation changes on variously bleached wood. Furthermore, selected physical changes of woods are cost by photodegradation, which take place on a chemically or naturally treated surface of woody plants, are described. The performed measurements took place on samples of larch and beech wood. The procedure of sample preparation and measurement is thoroughly described in the methodology. At first, the values of the newly painted elements were measured and then they were measured in certain time intervals in the Xenolab device, which is used for artificial aging. The aim of this work is to determine the most suitable coating that will maintain the whiteness of the wood and its sustainability over a certain period. At the end of testing, the best results were evident at the coating applied to a 30% bleached beech sample with acrylic varnish and 3 % UV stabilizer.

**Key words:**

bleaching of wood, coatings, accelerated aging, lightfastness

## Obsah

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | Úvod .....  | 14 |
| 2       | Cíl práce .....   | 15 |
| 3       | Literární přehled .....   | 16 |
| 3.1     | Použití dřeva v interiéru .....                                       | 16 |
| 3.2     | Poškození dřeva v interiéru .....                                     | 18 |
| 3.2.1   | Skvrny a odbarvení .....  | 19 |
| 3.2.2   | Poškrábání, praskliny a díry .....                                    | 20 |
| 3.3     | Metody a postupy bělení .....   | 21 |
| 3.4     | Povrchové úpravy dřeva .....  | 23 |
| 3.5     | Fotodegradace dřeva v interiéru .....                                 | 25 |
| 3.6     | Fotodegradace běleného a povrchově upraveného dřeva v interiéru ..... | 27 |
| 3.7     | Testování povrchových úprav v interiéru .....                         | 29 |
| 4       | Materiál a metodika .....   | 33 |
| 4.1     | Buk lesní ( <i>Fagus sylvatica</i> ) .....                            | 33 |
| 4.2     | Modřín ( <i>Larix</i> ) .....   | 34 |
| 4.3     | Postup testování .....  | 35 |
| 4.3.1   | Přístroje k měření barvy a lesku .....                                | 37 |
| 4.3.1.1 | Spektrofotometr .....   | 37 |
| 4.3.1.2 | Leskoměr .....  | 38 |
| 4.3.2   | Nátěrové látky .....  | 39 |
| 4.3.3   | Nátěry a umělé stárnutí .....   | 40 |
| 4.3.4   | Destruktivní zkouška tužkovou metodou .....                           | 43 |
| 4.3.5   | Destruktivní zkouška odtrhovou metodou .....                          | 44 |
| 4.3.6   | Destruktivní zkouška mřížkovou metodou .....                          | 46 |
| 4.3.7   | Statistické vyhodnocení .....   | 47 |
| 5       | Výsledky .....  | 48 |
| 5.1     | Buk .....   | 48 |
| 5.1.1   | Destruktivní zkouška tužkovou metodou .....                           | 48 |
| 5.1.2   | Destruktivní odtrhová zkouška .....                                   | 49 |
| 5.1.3   | Destruktivní zkouška mřížkovou metodou .....                          | 50 |
| 5.1.4   | Lesk .....  | 51 |
| 5.1.5   | Barva .....   | 52 |
| 5.2     | Modřín .....  | 55 |
| 5.2.1   | Lesk .....  | 55 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.2.2 | Barva.....                                   | 56 |
| 5.3   | Porovnání barevných rozdílů mezi dřevy ..... | 59 |
| 6     | Diskuze .....                                | 60 |
| 7     | Závěr.....                                   | 63 |
|       | Seznam literatury a použitých zdrojů .....   | 65 |
|       | Seznam použitých norem.....                  | 74 |
|       | Seznam příloh .....                          | 75 |

## Seznam grafů

|  |    |
|--|----|
| Graf 1 Zkouška tužkovou metodou na buku po 15 h v Xenotestu.....                         | 48 |
| Graf 2 Mřížková zkouška na buku po 150 h v Xenotestu .....                               | 50 |
| Graf 3 Celkový barevný rozdíl vzorků bez bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí.....    | 52 |
| Graf 4 Celkový barevný rozdíl vzorků s 20 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí..... | 53 |
| Graf 5 Celkový barevný rozdíl vzorků s 30 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí..... | 54 |
| Graf 6 Celkový barevný rozdíl vzorků bez bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí.....    | 56 |
| Graf 7 Celkový barevný rozdíl vzorků s 20 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí..... | 57 |
| Graf 8 Celkový barevný rozdíl vzorků s 30 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí..... | 58 |

## Seznam obrázků

|  |    |
|--|----|
| Obrázek 1 Použití dřeva v interiéru .....                                | 16 |
| Obrázek 2 Skvrna na nábytku .....  | 19 |
| Obrázek 3 Škrábance na nábytku.....                                      | 20 |
| Obrázek 4 Bukové dřevo .....   | 33 |
| Obrázek 5 Modřínové dřevo .....  | 34 |
| Obrázek 6 Popis vzorků podle nátěru.....                                 | 35 |
| Obrázek 7 Spektrofotometr.....   | 37 |
| Obrázek 8 Leskoměr .....   | 38 |
| Obrázek 9 Míchací přístroj Witeg.....                                    | 39 |
| Obrázek 10 Vzorky modřínu pro urychlené stárnutí.....                    | 40 |
| Obrázek 11 Vzorky buku pro umělé stárnutí.....                           | 41 |
| Obrázek 12 Uložení vzorků v Q-SUN.....                                   | 41 |
| Obrázek 13 Místa měření barevných rozdílů .....                          | 42 |
| Obrázek 14 Místa měření lesku .....                                      | 42 |
| Obrázek 15 Destruktivní metoda dle Wolff-Wilbornova testu (tužkami)..... | 43 |
| Obrázek 16 Místa možného odtrhnutí – nenatřený vzorek.....               | 44 |
| Obrázek 17 Místa možného odtrhnutí – natřený vzorek.....                 | 44 |
| Obrázek 18 Přilepené panenky na tělískách.....                           | 45 |
| Obrázek 19 Závaží na panenkách.....                                      | 45 |
| Obrázek 20 Zkouška odtrhovacím strojem.....                              | 45 |
| Obrázek 21 Vzorek po odtržení panenky.....                               | 46 |
| Obrázek 22 Mřížka pro destruktivní test.....                             | 47 |
| Obrázek 23 Izolepa přilepená na vyříznuté mřížce.....                    | 47 |

## **Seznam rovnic**

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| Rovnice 1 Výpočet $\Delta E$ * ..... | 37 |
|--------------------------------------|----|

## **Seznam tabulek**

|  |    |
|--|----|
| Tabulka 1 Jeden cyklus umělého stárnutí v Xenotestu podle normy EN ISO 16474-2 ..... | 36 |
| Tabulka 2 Tvrdost tužek a jejich číslování.....                                      | 43 |
| Tabulka 3 Vyhodnocení přilnavosti mřížkovou zkouškou.....                            | 47 |
| Tabulka 4 Vizuální posouzení místa poškození po odtrhu.....                          | 49 |
| Tabulka 5 Velikost síly při odtrhu před a po stárnutí.....                           | 49 |
| Tabulka 6 Hodnoty lesku buku v průběhu umělého stárnutí .....                        | 51 |
| Tabulka 7 Hodnoty lesku modřínu v průběhu umělého stárnutí.....                      | 55 |

## Seznam zkratek a symbolů

|                  |       |   |
|------------------|-------|---|
| NL               | ..... | nátěrová látka  |
| UV               | ..... | ultrafialové záření (zkratka UV, z anglického ultraviolet)                                |
| UV/VIS           | ..... | Ultrafialovo-viditelná spektroskopie (Ultraviolet–visible spectroscopy)                   |
| HALS             | ..... | (Hindered Amine Light Stabilizers)  |
| LCD              | ..... | displej z tekutých krystalů (liquid crystal display)                                      |
| ČSN              | ..... | Česká státní norma  |
| EN               | ..... | Evropská norma (European Norm)  |
| ISO              | ..... | Mezinárodní organizace pro standardizaci (International Organization for Standardization) |
| FTIR             | ..... | Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (Fourier transform infrared)        |
| TLC              | ..... | tenkovrstvá chromatografie (thin-layer chromatography)                                    |
| g                | ..... | gram  |
| ml               | ..... | mililitr  |
| °C               | ..... | stupeň Celsia   |
| h                | ..... | hodina  |
| GU               | ..... | jednotka lesku (Gloss units)  |
| nm               | ..... | nanometr  |
| $W \cdot m^{-2}$ | ..... | ozáření   |
| CO <sub>2</sub>  | ..... | oxid uhličitý   |
| w                | ..... | vlhkost   |

# 1 Úvod

V dnešní době je dřevo velmi používaným a rozšířeným materiálem. Hojně se využívá nejen v nábytkářství, ale také ve stavebním průmyslu, a také v mnoha jiných odvětvích. Zejména v nábytkářství se používá dřevo, které má světlejší vzhled. Napomáhá k regulování vlhkosti vzduchu a navozuje pocit klidu. Nejčastěji se nábytek vyrábí z dubového nebo bukového dřeva. Povrch těchto dřev se ještě dále zesvětluje, aby došlo ke zvýraznění jejich kresby a struktury.

V interiéru se dřevo využívá kvůli svým dobrým vlastnostem a vzhledu povrchové textury. Aby dřevěné produkty vypadaly hezky, měl by se povrch dřeva upravovat a různě měnit. Po takové úpravě se docílí vzhledu, který je požadovaný. Zvlášť světlé dřevo používané v interiérech se pomocí bělicích prostředků a postupů stane ještě výraznějším.

Dřevo nedokáže odolat všem podmínkám, kterým je při užívání vystaveno, a proto se nejen v exteriéru, ale také v interiéru musí jeho povrch chránit. Způsob ochrany záleží nejen na druhu dřeva, ale také na jakém místě se v interiéru umístí a jaké nepříznivé podmínky na ně budou v průběhu let působit. Jiné ošetření se provádí u nábytku v koupelně, jiné například v kuchyni či na terase. Pro každý typ dřeva je proto nutné vybrat vhodný nátěr.

Jelikož se všechny dřevěné povrchy většinou dostanou do styku se slunečním zářením, měly by být upraveny takovým nátěrem, který je před negativními vlivy záření ochrání. Pomocí vhodných nátěrů se prodlužuje živostnost dřev. Je užitečné nátěr jednou za určitou dobu obnovovat a pro zvýšení ochrany se doporučuje do nátěrů přidávat různé UV stabilizátory.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je zkoumání a rešeršní zpracování udržitelnosti vzhledu a kresby běleného dřeva využívaného v interiéru formou nátěru akrylovým lakem a různých variant přidání UV stabilizátoru. Dále vyhodnotit účinnost vybraných druhů nátěrových systémů na bělené dřevo pro zachování jeho původního vzhledu během dlouhodobé expozice a výběr nejvhodnější varianty z testovaných.

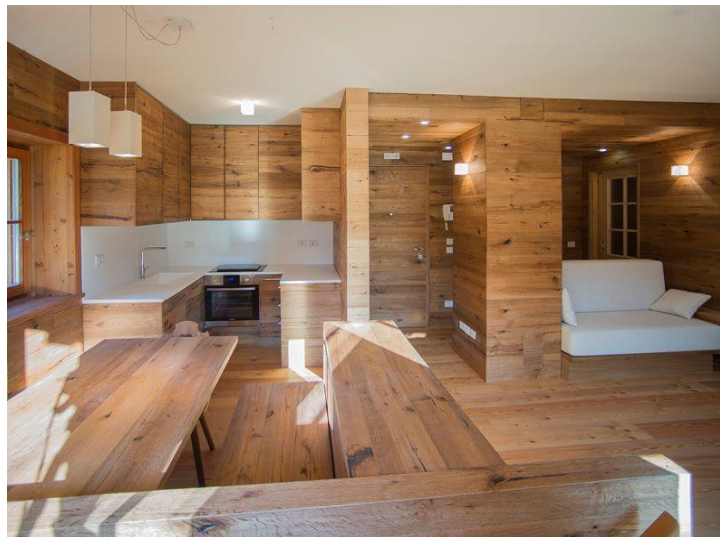
Podle zaměření vyplývají tyto dílčí cíle:

- stanovení nejmenší celkové barevné změny nátěrových systémů,
- stanovení změny lesku,
- stanovení pevnosti nátěrových látek pomocí destruktivních metod,
- porovnání celkové barevné změny na různých druzích dřev,
- stanovení vlivu použití UV stabilizátoru na zvýšení barvostálosti povrchové vrstvy dřeva.

### 3 Literární přehled

#### 3.1 Použití dřeva v interiéru

Už v daleké historii bylo dřevo používáno při stavbě příbytků. Barevný odstín dřeva mezi červenou a žlutou dodává pocit tepla a pohodlí (obr. č. 1). Kromě toho obrobené povrchy různých druhů dřev zahrnují spoustu dřeňových paprsků (mikrozrcátek) uspořádaných rovnoběžně k vláknům. Lesk z těchto mikrozrcátek poskytuje více elegantní, měkkou, přirozenou a krásnou texturu, oproti plastům a kovům (Masuda, 2001). Barvy nejen masivního dřeva jsou však citlivé na světlo a teplo působící v interiéru. Hlavním faktorem, který způsobuje největší změny barvy, je vystavení slunečnímu světlu. (Muller a kol., 2003)



Obrázek 1 Použití dřeva v interiéru

Zdroj: <https://www.osmo.cz/>

Materiály na bázi dřeva, aglomerované materiály nebo prvky ze dřeva se hojně využívají ve stavebním průmyslu nejen v konstrukcích staveb. Dřevěné materiály se mohou vyskytovat jak ve skrytých částech samotných staveb, tak na vnějších částech. Všechny tyto možnosti lze najít v konstrukcích staveb. Tyto variace jsou ale před zraky uživatelů skryté. Na exteriérové straně jsou používány jako opláštění nebo jako venkovní prvky se speciální úpravou. (Mezistromy.cz, 2017)

Pokud by měl někdo dojem, že na něj interiér působí studeně, měl by vsadit na dřevo. Stačí si pořídit jakoukoliv dřevěnou část do obydlení a hned bude rozdíl znatelný. Kombinovatelnost s ostatními materiály je neomezená. Lze užít kámen, kov, plast i například keramiku. (Bydlemestylove.cz, 2017)



Nejvíce se dřevo používá v interiéru. Předměty ze dřeva zde jsou už od nepaměti, pro dřevo jsou v interiéru ideální podmínky. Použití dřeva má mnoho předností. Jako přírodní materiál ve své přirozené podobě dokáže regulovat vlhkost vzduchu, dokáže absorbovat škodliviny a je také velmi příjemný na dotek a má příjemný a uklidňující vzhled. Těmito vlastnostmi zpříjemňuje a zkvalitňuje prostředí budov a vylepšuje komfort bydlení. Jelikož je dřevo v interiéru vystaveno pouze vnitřnímu prostředí, nepůsobí na něj tolik činitelů jako je tomu u dřeva v exteriéru.

Jestliže se zdají bílé zdi nudné, je dobré jednu vybrat, tu která se dá nějakým způsobem obložit. Není zcela nutné zakrýt dřevem celou stěnu. Stačí jen její část. Nezakrývá se však stěna, na které je okno. Dobré je vybrat tu, kde jsou dveře. Pokrýt stačí pás stěny. Ke světlým stěnám se nejlépe hodí tmavé dřevo, a to světlejší opticky neubere na velikosti místnosti a zároveň bude působit a jemně. Další zajímavou variantou je obklad stropu. Méně pracnou přesto však dobře působící možností je nalepovací tapeta s dekorem dřeva (Living.cz, 2010)

Dalšími variantami pro úpravu interiéru jsou například také dřevěné doplňky nebo nábytek. Doplňků je celá řada, pro představu lze uvést stolky, prkénka, misky, poličky, stojany. Nábytku je také nepřeberné množství, kvalitní výrobky z masivu dodávají interiéru nezaměnitelnou krásu a pohodlnost. (Bydlemestylove.cz, 2017)

Pro zajištění komfortu bydlení je možné využít širokou škálu druhů dřev, v podstatě jsou to všechny druhy. Stále je ale potřeba dřevěné prvky před některými činiteli ochránit. Jedná se především o prach, sluneční svit a vodu. Také je potřeba zamezit styku dřeva s materiály, které mohou mít vysokou teplotu. Dále je vhodné, aby dřevo bylo vysušené. Pokud by se tak nestalo, mohlo by po čase měnit svůj tvar a vzhled. Nejlepší volbou pro tuto ochranu jsou právě nátěry. Vhodné jsou například různé laky, nátěry olejové nebo voskové. (Mezistromy.cz, 2017)

### 3.2 Poškození dřeva v interiéru

Dřevo je velmi odolný a klasický materiál používaný v mnoha kusech nábytku. Jeho povrch je ale náchylný k různým druhům poškození. Jako jsou například skvrny, odbarvení, poškrábání, praskliny a díry. (coconix.com, 2019)

Všichni majitelé dřevěného nábytku to nevyhnutelně zažijí. V některých případech je možné, aby se uživatelé dřevěných výrobků pokusili drobná poškození opravit svépomocí. Pro opravy podlah a některých kusů nábytků je nutné použít speciální přípravky, aby bylo zajištěno dosažení požadovaných profesionálních výsledků. (coconix.com, 2019)

Péče o nábytek a jeho správná údržba by měla prodloužit jeho životnost. Je naprosto nezbytné určit povrchovou úpravu, kvůli rozhodnutí, jakou techniku a produkty použít k čištění a údržbě daného nábytku, tvrdý lak může například vyžadovat odlišný přístup k utěsněnému povrchu. Péče o dřevěný nábytek vyžaduje svůj čas, neměla by být zanedbávána. Problémy by měly být řešeny okamžitě a nábytek by měl být udržován v čistotě, pravidelné utírání bývá lepší než občasné drhnutí. (thecontractchair.co.uk, 2017)

Při manévrování s nábytkem z jednoho místa na druhé je potřeba velmi pečlivě a opatrné zacházení. Spoje konstrukčních skříní nejsou navrženy tak, aby odolaly značnému tlaku. Pokud při pohybu nábytku nebudou přijata bezpečnostní opatření, mohou se tyto spoje zlomit nebo prasknout a způsobit trvalé poškození. K tomuto poškození často dochází, když se jedna osoba pokouší přemísťovat větší kusy nábytku, se kterými by měli pohybovat minimálně dva lidé. Čím těžší je kus, tím pravděpodobnější bude strukturální poškození. Při přemísťování těžkých kusů nábytku je vhodné dodržovat několik jednoduchých pravidel, aby nedošlo k nákladnému poškození. (furninfo.com, 2004)

Důležité je nepřemísťovat jídelní stoly nebo jakékoliv stoly přes koberec. To způsobí vibrace a uvolnění nohou stolu. V ideálním případě by měly být přemísťovány zvedáním z obou konců. Před přemísťováním by měly být zásuvky odstraněny z komody nebo prádelníku. Pohybující se nábytek se zasunutými zásuvkami u nich může uvolnit napětí a způsobit jejich vysunutí. Pokud zásuvky nelze vyjmout, je vhodné vyprázdnit obsah zásuvek a zajistit je páskou, aby se během pohybu neposunuly ven. (wheatonworldwide.com, 2019)

### 3.2.1 Skvrny a odbarvení

Do poškození typu „skvrny a odbarvení“ se nejčastěji řadí skvrny bílé nebo černé, inkoustové, voskové nebo gumové skvrny, mastnota a vybělení. Tyto škody jsou způsobeny mnoha vnějšími faktory (obr. č. 2). Bílé nebo černé skvrny jsou obvykle způsobeny rozlitými tekutinami, které již pronikly do dřeva jako je alkohol a voda. Skvrny od inkoustu a pastelky nebo rtěnky jsou způsobeny obsahem barev v těchto materiálech. Proto je vždy vhodné pohlídat si, že při manipulaci se silně barvicími materiály jsou na dřevěných plochách použity ochranné materiály. Na druhé straně vybělené a světlé skvrny jsou způsobeny nejčastěji příliš velkým slunečním zářením. Z tohoto důvodu se nedoporučuje, aby byl dřevěný nábytek umístěn na přímém slunečním světle. (coconix.com, 2019)



Obrázek 2 Skvrna na nábytku

Zdroj: <https://living.iprima.cz/>

Žaluzie a obklady oken nemusí zcela ochránit dřevěný nábytek před vyblednutím a změnou barvy. Je proto vhodné otočit nábytek a překlomit polštáře, aby se zajistilo, že všechny strany budou stejně vystaveny slunečnímu záření. Zvážit by se také měla instalace UV (ultrafialového) okenního filmu, který může minimalizovat poškození nábytku vystaveného na slunci. (eatsleeplive.co.uk, 2017)

### 3.2.2 Poškrábání, praskliny a díry

Poškození dřeva poškrábáním bývá způsobeno různými faktory. Mohou se lišit od povrchové značky až po hluboké škrábance (obr. č. 3). Mezi běžné příčiny poškození dřevěného nábytku patří drápy domácích zvířat, tření o další nábytek v jeho okolí, abrazivní čisticí utěrky, ostré materiály a předměty stojící na nábytku. (coconix.com, 2019)



Obrázek 3 Škrábance na nábytku

Zdroj: <https://www.123rf.com>

Praskliny jsou obvykle způsobeny vnější silou. Příkladem je tažení nábytku přes nerovnou podlahu, okousávání od domácích zvířat, těžké předměty padající nebo střeávající se s dřevěným nábytkem anebo nesprávná manipulace. (coconix.com, 2019)

Nerovnoměrné podlahy z tvrdého dřeva mohou také způsobit, že se dveře nábytku zkroutí. Před umístěním jakéhokoli typu nábytku se ujistíme, že podlahy z tvrdého dřeva jsou dokonale vodorovné. Rovněž je vhodné se vyhýbat posouvání nábytku na podlahách z tvrdého dřeva, protože by to mohlo poškodit spáry nábytku a poškrábat podlahu. (dpmcare.com, 2018)

V případě děr se jedná se o druh poškození, které se přirozeně objevuje ve dřevě, na tom místě, kde bylo uříznuto. V mnoha případech je tento typ děr považován za designový prvek. Při přemísťování knihoven je potřeba se ujistit, že jsou rozebrány všechny nezajištěné police a že jsou police vyjmuty nebo zajištěny. Nezajištěný kolíček by mohl dřevo uvolnit a poškrábat, pokud by se nesprávně pohyboval. Knihovna se nesmí nikdy přemísťovat s policemi, protože se mohou snadno roztříštit nebo rozbít. (wheatonworldwide.com, 2019)

Nikdy by se nemělo pohybovat nábytkem, který má odnímatelné skleněné vložky nebo vrchní desky, jako jsou konferenční stolky nebo boční stojany, aniž by se nejprve sklo vyjmulo. S nábytkem se skleněnými dveřními vložkami by se mělo zacházet zvlášť opatrně. Pro ochranu před rozbitým sklem, je vhodné nanést na tabule pruhy maskovací pásky. Pokud se okno rozbije, zachytí se kousky skla. (furninfo.com, 2004)

### 3.3 Metody a postupy bělení

Při procesu bělení povrchu dřeva dochází k zesvětlování určitých ploch a přírodních skvrn. Barevné části na povrchu dřeva mohou být částečně nebo úplně zesvětleny. Po bělení může následovat například moření, které změní původní barvu. (Hulinský a Bittman, 2009)

Bělení světlých barev na povrchu dřeva souvisí s reakcí s některými z hlavních chemických složek dřeva (Wegner a Kiclighter, 1986). Bělící chemikálie však mohou negativně ovlivnit strukturu dřeva. Obecně je obtížné bělit dřevo a odstraňovat skvrny bez negativního dopadu na dřevěná vlákna. Bělení je mnohem jednodušší u některých druhů dřeva, jako je dub, javor či buk, které jsou již sami o sobě světlé. Vyrobené předměty z uvedených druhů dřeva vystavených abiotickým podmínkám mohou ztmavnout v důsledku slunečních vln, deště atd. Usuzuje se z toho, že vystavení vnějším podmínkám snižuje tvrdost a lesk dřevěných povrchů rovnoběžně kolmých na zrna, zatímco bělení dřeva, které bylo předtím vystaveno vnějším podmínkám, tyto vlastnosti zvyšuje. (Budakçı, 2006)

V případě, že je žádoucí, aby povrch celého dřeva byl nalakovaný, je obvyklé ho zabarvit bílou barvou a pak aplikovat povrchovou úpravu na vrchní vrstvu nanesené barvy. Tato metoda poskytuje o něco větší kontrolu nad hloubkou bílé, která může být dosažena, ale také to znamená, že jakékoli poškození povrchu je prakticky nemožné zamaskovat bez úplného opětovného vzhledu. Pokud se bělení provádí tímto přístupem, doporučuje se použít dvousložkovou povrchovou úpravu s nejméně dvěma vrstvami bílé barvy, aby byla zajištěna maximální ochrana. (ultimatefloorsanding.co.uk, 2017)

Bělení je chemický proces, který provádíme buď:

- a. oxidací (bělení peroxidem vodíku a bělícími mořidly)
  - b. redukcí (odebírání kyslíku, pomocí kyseliny citrónové a chlorovodíkové)
- (Hulinský a Bittman, 2009)

Možným bělicím prostředkem je kromě peroxidu vodíku také louh. Je to látka žíravého typu používaná k odstranění oranžového odstínu ze dřeva. Bez použití louhu mají silné oranžové odstíny ve dřevě tendenci projít jakýmkoli bílým odstínem, který na dřevo vložíte později, zejména na některých borovicích, které mají v sobě pryskyřičné pruhy. Existují dva typy, louhy na měkké dřevo a louhy na tvrdé dřevo v závislosti na druhu dřeva, na který budou použity. Louh se normálně nanáší po úplném broušení (poměrně často je povrch ponechán trochu drsnější než obvykle, takže v pozdějším stádiu stárnutí zanechává na povrchu bílý olej nebo skvrny), ponechá se pracovat a poté se vyjme nebo je extrahován po jakémkoli čase předepsaném výrobcem. Je-li upozorováno, že tekutina zčervenala, znamená to, že produkt odvedl svou práci při odbarvení silných barev. Jakmile byl natřený louh odstraněn, musí se dřevo neutralizovat čistou vodou, extrahovat a nechat dřevěný předmět důkladně vyschnout, aby se vyloučilo riziko kontaminace pozdějších látek, se kterými přijde do styku. (ultimatefloorsanding.co.uk, 2017)

Nejvíce používaným bělicím prostředkem v dnešní době, se kterým můžeme přijít ve známost, je peroxid vodíku. Pokud chceme zabránit tomu, aby se peroxid vodíku předčasně rozložil, může se do něho přidat stabilizátor. Zrychlení a zesílení bělení pomáhá uvolnění přidaného amoniaku při průběhu bělení. Opakováním procesu bělení lze docílit lepšího vybělení plochy materiálů nebo lze také použít vyšší koncentraci peroxidu, ale není vhodné nanášet větší množství. Pokud chceme nanášet peroxid vodíku, používá se k tomu především nylonový nebo fibrový štětec, a to zásadně bez kovové objímky. Další možností nanášení je bavlněným hadříkem, který je namotaný na dřevěné násadě. Když se provádí ruční bělení, tak je většinou používán 10% koncentrát a pro strojní bělení se z pravidla používá jen koncentrát 30%. Není potřeba omývat povrch, který byl právě vybělen, protože pokud dojde ke spojení koncentrátu peroxidu vodíku společně s amoniakem tak se peroxid velmi rychle rozkládá. (Hulinský a Bittman, 2009)

Novodobějším způsobem bělení, který dosahuje podobného vzhledu, ale snáze se udržuje, je bílý tónovaný, katalyzovaný olej. Tyto katalyzované oleje jsou mnohem trvanlivější a odolnější vůči skvrnám než jednoduché jednosložkové oleje, a přesto mají oproti lakům klíčové výhody, pokud jde o udržitelnost a praktičnost. Existuje několik způsobů bílého zabarvení od nejjednodušší, naředěné bílé emulze až po nejnovější základní nátěry / nátěry na bázi oleje. Bílý nátěr je celkem obtížný a použití špatných produktů může tuto část úpravy ještě zhoršit. (ultimatefloorsanding.co.uk, 2017)

### 3.4 Povrchové úpravy dřeva

Unikátní stavba dřeva nabízí vynikající mechanické a fyzikální vlastnosti pro různé povrchové úpravy. Kombinace chemických prvků celulózy biopolymeru a ligninu přirozeně uspořádané do tubulárních struktur, která nakonec tvoří válcovitý vrstvený kompozit, je pevná látka dřeva. Obrobený povrch v jakýchkoli anatomických rovinách představuje barevnou rozmanitost vnitřního lumenového povrchu, buněčné stěny a zóny jarního a letního dřeva. Povrchová úprava dřeva chrání dřevěné povrchy před vlhkostí a jeho vzhled je bohatší a hlubší. Povrchové úpravy zvýrazňují strukturu samotného dřeva, zatímco malba skrývá původní dřevěný povrch. Termín povrchová úprava může také představovat několik povrchových úprav nebo celé nahromadění povlaku. (Persze a Tolvaj 2012)

I drahý a krásný kus dřevěného nábytku se může časem opotřebit a ztratit svůj původní vzhled. Prvním krokem při obnově jakéhokoli dřevěného výrobku je zjištění, jak byl ošetřen, aby nebyl při opravách poškozen. Používání více druhů povrchových úprav najednou může mít fatální důsledky. (irestorestuff, 2017)

Před dokončením povrchové úpravy je nejprve potřeba samostatný povrch připravit na nátěr. Nejlepší k tomu je broušení ploch, které budou natírány. Pak je možné provést velmi kvalitní a bezchybnou úpravu. Broušení je jedním z důležitých úkonů při úpravě dřevěných ploch. Velmi zásadní je při této činnosti brusivo. Je to činitel, který hodně ovlivňuje broušený povrch. Brusiva se dělí na syntetická a na přírodní. Dnes se nejvíce upřednostňují brusiva syntetická. Jelikož jsou čistá a neznečišťují tolik dřevo, jako ta přírodní. Brusné prostředky mohou mít buď volná zrna, zrna rozptýlená v mazivu, nebo zrna na podkladě. (Hulinský a Bittman, 2009)

Existuje mnoho různých typů povrchových úprav, ale obecně je lze klasifikovat do následujících kategorií: polyuretan, lak, šelak, oleje, a francouzský lesk.

#### POLYURETAN

Polyuretan má velmi odolný povrch. V podstatě tekutý plastový povlak z pryskyřice, který se po zaschnutí stává tuhým. Dodává se v typech založených na vodě a oleji a může být matný, saténový nebo lesklý. Může být aplikován několika různými způsoby, včetně stříkání, otírání a kartáčování. (irestorestuff, 2017)

Polyuretanové povrchové úpravy neobsahují vysoce škodlivé chemické uretany, ale jsou vyrobeny z uretanových polymerů (jako jsou polyetery a polyestery), chemických rozpouštědel a vytvrzovacích činidel. Číré polyuretanové povrchové úpravy chrání

povrchy, jako jsou dřevěné podlahy a dřevěný nábytek. Většina lidí považuje otření za nejlepší způsob, jak aplikovat polyuretanový lak, když si přeje jasný, tenký kabát. Doporučuje se metoda natírání pomocí jednorázových štětinových nebo pěnových kartáčů. Upřednostňují se pěnové kartáče, protože dobře nanášejí povrch a po ukončení práce je lze vyhodit, čímž se eliminuje doba čištění. (hunker.com)

Ačkoli nátěry na vodní bázi nejsou tak trvanlivé jako polyuretanová povrchová úprava na bázi oleje, je obvykle preferována polyuretanová povrchová úprava na bázi vody, protože je bez zápachu a při aplikaci nevyžaduje tolik větrání. Rychle schne, je omyvatelná vodou a zůstává bezbarvá. Polyuretanová úprava na vodní bázi je však dražší než její protějšek na bázi oleje. (woodworkingtrade.com)

Chemikálie v povrchové úpravě na bázi oleje nebo rozpouštědla vyžadují při aplikaci dobře větrané místo. Polyuretanový typ laku je trvanlivější a nejvíce chrání tím, že je odolnější vůči vlhkosti, teple nebo rozpouštědlům než jiné laky. Tento povrch po čase zesvětluje, ale poté stárne do barvy jemného jantaru a může časem žloutnout. To je mimořádně dobré pro hojně používané předměty. (hunker.com)

#### LAK

Lak je velmi dobrý přípravek pro povrchovou úpravu na jakýkoli druh dřeva. Lak odolá povětrnostním vlivům a je odolný vůči chemikáliím. U laku není nutné používat ochranný lak na čirou vrstvu. Je to skvrna a tmel v jednom produktu. Dřevo musí být broušeno hladce a bez prachu, aby bylo dosaženo jemného povrchu. Mezi nátěry je dobré nanést minimálně dvě vrstvy laku a brousit jemně drsným brusným papírem. Lak se nejlépe nanáší štětcem nebo hadrem. (hunker.com)

#### ŠELAK

Přírodní produkt vyrobený z výměšků samičky červce lakového v kombinaci s rozpouštědlem, jako je methylovaný alkohol (denaturovaný alkohol). Šelak byl populární na povrchovou úpravu před dvacátými léty. Starožitný nábytek byl často dokončen šelakovým povlakem a používá se pro techniku francouzského leštění. Používá se také jako ochranný nátěr na nedřevěné předměty, jako jsou šicí stroje. Šelak časem ztmavne a některý nábytek natřený šelakem může dokonce i zčernat. (irestorestuff, 2017)

#### OLEJE

Moderní povrchové úpravy olejů jako například dánský olej, syntetické a přírodní tung-olejové těsnicí prostředky, pronikají povrchovými úpravami. Oleje by měly být aplikovány pravidelně. Tung-olejové povrchové úpravy jsou k dispozici v pololesklém a vysoce lesklém provedení a také v několika barevných odstínech. Dánský olej má obvykle



saténovou úpravu. Lněný olejový lak je bohatý a lesklý, ale pro dobrý povrch je zapotřebí mnoho aplikací. Klasická úprava lněného oleje je směsí stejných částí vařeného lněného oleje a terpentýnu. Lněného oleje je mnoho druhů. Jedním z nejlepších je povrchová úprava, která se skládá ze stejných částí vařeného lněného oleje, terpentýnu a přírodního laku. Lněný olej se musí smíchat několik dní před použitím. (furnituremodern.com, 2019)

#### FRANCOUZSKÝ LESK

Od 19. století se používá francouzská lešticí technika. Jedná se o klasickou techniku povrchové úpravy dřeva. Je to směs šelaku a alkoholu. K nanášení této povrchové úpravy na dřevěný povrch se používá třecí podložka namazaná olejem. Dává dřevěnému povrchu lesklý vzhled. (aapkapainter.com, 2017)

Před dokončením je potřeba zjistit, jaký druh povrchové úpravy má nábytek. Může se vyzkoušet na schované části dřeva, jako je horní vnitřní část nohy. Pro bezpečnost se používají především brýle, rukavice, zástěra, ochranná obuv a dobře větrané místo. (irestorestuff, 2017)

### 3.5 Fotodegradace dřeva v interiéru

Fotodegradace způsobuje barevné změny na povrchu dřeva. Tyto změny jsou způsobeny slunečním zářením. Mezi faktory životního prostředí byly UV paprsky zjištěny jako hlavní příčina zhoršení struktury dřevěného materiálu. (Ayadi a kol., 2003) Bylo zjištěno, že teplota a UV paprsky způsobují vyblednutí dřevěného materiálu, a to ve formě zvýšení šedých, žlutých, červených nebo hnědých tónů podle druhů dřeva. (Tolvaj a Faix, 1995) Bylo zjištěno, že změna barvy je způsobena elektromagnetickým zářením, které indukuje fotochemické reakce dřevěného materiálu absorbující všechny vlnové délky (Hon, 1981). Vodou ředitelné nátěrové hmoty používané na povrchy dřevěných materiálů způsobují vizuální změny. Bylo zjištěno, že účinek druhu laku je důležitý a druh dřeva je zanedbatelný. (Çakıcıer, 1994) Vady dřevěného materiálu nepříznivě ovlivňují nátěry (Budakçı a Çınar, 2004).

V důsledku nerovnoměrného dopadu slunečního světla na sklo může v paletě barev dojít k různým změnám v různých částech místnosti. I tento problém lze vyřešit účinnou stabilizací podkladového materiálu dřeva proti UV a VIS spektrům. Stabilizace barev povrchu dřeva pomocí povrchové úpravy UV stabilizátory, na které lze aplikovat vrchní průhledný povlak, je již nějakou dobu zkoumanou nátěrovou variantou. Tato volba se zdá být slibná, protože kombinuje zpomalení ligninu a rozklad extraktu spojené se

změnami barvy a ochrannou funkcí vrchního povlaku. Horní vrstva může navíc obsahovat UV stabilizátory, HALS nebo nanočástice. Proto je celková účinnost proti UV záření a VIS spektra násobena. (Pánek a kol., 2018)

Fotodegradční reakce se objevují pouze na povrchu dřeva. Existují dva druhy těchto reakcí:

- a) štěpení kovalentních vazeb, pokud vznikají volné radikály,
- b) fotooxidační reakce, kdy vznikají hydroperoxy a následně karboxylové anebo karboxylové skupiny.

Především působení UV složek zapříčiňuje tento proces. Nejvíce postiženou částí je lignin, a to bez přítomnosti molekul kyslíku a/nebo vody. Nejcitlivějším indikátorem je degradace barvy dřeva způsobená UV světlem. Tolvaj a Faix (1995) zkoumali tři jehličnaté a dva listnaté druhy ozařované rtuťovou zářivkou. U všech druhů byly prokázány rychlé změny barvy. Chang a Chang (2001) dokázali, že faktor zrychlení na základě barevných rozdílů je vhodný pro nalezení korelace mezi zkouškou zrychlené trvanlivosti a přirozenou trvanlivostí.

Rosu a kol. (2010) zkoumali zbarvení povrchu dřeva modifikované jedle. Studie prokázala, že upravené dřevo má o něco stabilnější barvu za umělého světla než nemodifikované dřevo. Wang a Ren (2008) porovnali změnu zbarvení bambusu s měkkými a tvrdými dřevy. Výsledky ukázaly, že barva bambusu byla ve srovnání se zkoumanými dřevy méně ovlivněna fotozářením.

Fotodegradace způsobuje změny absorpce v celé viditelné oblasti vlnové délky, která vytváří změnu barvy. Tyto změny jsou způsobeny především rozkladem ligninu a extraktů. Degradace ligninu může být sledována pomocí infračerveného záření (IR) spektroskopie. Chemické změny extraktů nelze vysledovat IR spektroskopii kvůli jejich nízkému množství. Proto je praktické vyhodnotit změnu světlosti a změnu odstínu odděleně. Doporučuje se prozkoumat korelaci mezi jednotlivými barevnými souřadnicemi a IR absorpcí změny. Za zmínku stojí, že tento přístup měří na povrchu dřeva tři barevné souřadnice samostatně namísto výpočtu celkové změny barvy (E). Navíc bylo dokázáno, že existuje lineární korelace mezi světlostí a odstínem barevné změny způsobené fotodegradací. Povrchové ošetření dřeva vytváří ještě více zbarvení než samostatné vystavení světlu / teplu. Změna barvy tepelného zpracování byla po ozáření světlem mnohem větší než bez něj. Účinek byl zkoumán také při nízkých teplotách. (Tolvaj a kol., 2013)

V práci Mitsui a Tsuchikawa (2005) uchovali vzorky ozářeného dřeva v

kondicionální komoře nastavené na 40 °C. Po vyhodnocení došli k závěru, že měřená degradace byla při 40 °C mnohem menší než za obvyklých laboratorních podmínek.

Barva jednotlivých dřev je definována především jejich extrakčním obsahem. Degradace těchto extraktivních látek částečně určuje změnu barvy během fotodegradace. Pandey (2005) porovnal přirozené fotozbarvení a extraktivní vzorky dřeva. Prokázal, že nedostatek extraktivních látek ve vzorcích vyústil v monotónní zvýšení barvy a mění se s rostoucím časem ozáření. Neextrahované povrchy dřev vykazovaly rychlé změny barev v počátečním období expozice, což se snížilo při prodloužené expoziční době. Chang a kol. (2010) zjistili, že rychlost degradace dřeva byla snížena přítomností extraktů, když zkoumali fotodegradaci japonského cedru a tchajwanská akácie.

### **3.6 Fotodegradace běleného a povrchově upraveného dřeva v interiéru**

V posledních letech došlo k rychlému nárůstu používání chemikálií na dřevěné materiály používané v interiéru, aby se zlepšily jejich fyzikální, mechanické, biologické a nehořlavé vlastnosti. Mnoho dalších jiných metod by mělo být objeveno ve vývoji ochranných systémů pro dřevo, aby se zabránilo fotodegradaci během zvětvávání. Pokud je dřevěný materiál, ať už přírodní nebo ošetřený, vystaven povětrnostním podmínkám nebo jiným vnějším vlivům, dojde k jeho deformaci nebo strukturální degradaci. (Budakçı a Karamanoğlu, 2014)

Ačkoli materiály ze dřeva mají přirozenou odolnost proti vnějším vlivům, není snadné odolat vlivům teploty, záření (ultrafialové, infračervené), vlhkosti (deště, sněhu, vlhkosti, rosy) či mechanické (vítr, písek, nečistoty) a biologické degradace v čase (Budakçı, 2006). Dřevěné materiály vystavené okolním podmínkám vnitřních a venkovních prostorů čelí složitým procesům fyzikální, chemické a mechanické degradace (Nzokou a kol., 2011).

Po těchto procesech drsnost, praskliny a deformace (strukturální degradace) ovlivňují povrch dřeva skrze modifikaci ligninu a dalších sloučenin a způsobují degradaci barev v důsledku změn povrchových karbonylových skupin a chinonů. Všechny tyto faktory snižují estetickou kvalitu dřevěného materiálu a zkracují jeho očekávanou životnost (Lionetto a kol., 2012).

Primárními problémy vyplývajícími z povětrnostních podmínek jsou degradace barvy dřeva a snížení tvrdosti a lesku (Budakçı, 2006). Tato situace může být částečně snížena technickým sušením, impregnací a vhodným dokončením (Yazıcı, 2005).

Bělení, které se také používá při restaurování nábytku a dekorativních předmětů, zvyšuje ekonomickou životnost a má výhodu při užívání (Budakçı a Atar, 2001). Dřevo bylo do interiéru bezpochyby přijato jako trvanlivý materiál díky svým konstrukčním vlastnostem. (Karamanoğlu, 2012).

Díky své organické, hygroskopické, anizotropní a heterogenní struktuře má však dřevěný materiál také řadu nevýhod, pokud jde o fyzikální, mechanické a chemické účinky. Ačkoli má dřevěný materiál přirozenou odolnost proti vnějším vlivům, není dostatečně odolný vůči vnějším povětrnostním podmínkám. Když je dřevěný materiál vystaven přírodním nebo otevřeným povětrnostním podmínkám nebo vnějším vlivům, dochází k deformaci a strukturálnímu deficitu. Tomu je však v interiéru ve velké míře zamezeno. (Budakçı a Karamanoğlu, 2014).

Dřevěný materiál, který je vystaven podmínkám prostředí v interiéru i exteriéru, prochází komplikovaným procesem fyzikální, chemické a mechanické degradace. Na konci těchto procesů degradují i speciální dřevěné tkáně (jejich anizotropní struktura, struktura jednoletého kruhu, jádrového dřeva a reakčního dřeva). (Lionetto a kol., 2012)

Bělením obnovený materiál ze dřeva je zdrsňený, popraskaný a zdeformovaný (strukturální degradace) a tyto faktory způsobují ztrátu estetické kvality materiálu, snižují jeho očekávanou životnost. Hlavními problémy způsobenými povětrnostními podmínkami jsou barevné odbarvení (bělení) dřevěného materiálu a snížení tvrdosti a lesku (Budakçı, 2006). Barva dřevěného materiálu má vliv na jeho tržní hodnotu, pokud jde o zobrazení dřevěné struktury, estetické záležitosti a další situace. Podle chemických analýz začíná změna barvy (bělení) dřevěného materiálu štěpením ligninu. Ligninové chromoforové skupiny jsou silné UV absorbéry. Absorbovaná energie UV fotonů je vhodná k tvorbě sloučenin volných fenoxilních radikálů. Tyto radikálové sloučeniny vytvářejí karbonylové chromoforové skupiny reakcí s kyslíkem a tyto karbonylové skupiny vedou k bělení. To je následováno snížením lesku, zdrsňeným povrchem a prasklinami (Persze a Tolvaj, 2012).

Tuto situaci je možné zmírnit pouze vhodným technickým použitím, sušením, impregnací a vhodnými povrchovými postupy (Sönmez, 2005). Jako jeden z těchto procesů je bělení způsob, jak neutralizovat barevné pigmenty dřevěné struktury různými chemikáliemi a metodami. Používá se také ke snížení barevných rozdílů dřevěného materiálu a k zabránění jakýchkoli barevných změn po určité době (Karamanoğlu, 2012). Pokud se bělení používá při restaurování dekorativních předmětů a používaného nábytku asi 12 měsíců, poskytuje to výhodu, pokud jde o zvýšení využití a ekonomické životnosti

dřevěného materiálu a zachování jeho přirozených charakteristik (Budakçı a Atar 2001).

Bylo zjištěno, že pokud se na dubové, východní bukové, kaštanové a skotské borové dřevo aplikuje celulósový, syntetický, polyuretanový a kyselý lak, dochází u vzorků se syntetickým lakem k největší změně barev (Sönmez, 1997).

Po obarvení německým barvivem ořechu, anilinovým barvivem, chemickým barvivem a eko-barevným barvivem bylo zaznamenáno, že stárnoucí dřevní materiály, které byly zrychleny pod xenonovou obloukovou lampou po dobu 72 hodin, vykazují výrazný pokles červeného barevného tónu a zvýšení hodnoty žluté čistoty a čistoty barvy. (Delikan, 2001)

Je dokázáno, že pigmenty oxidu titaničitého (TiO<sub>2</sub>) významně zabraňují změně barvy způsobené UV paprsky, když se na povrchy dřevěných materiálů nanášejí vrchní povrchové materiály, jako jsou organické oleje, barvy, bezbarvé laky, parketové laky přidávané k pigmentu TiO<sub>2</sub> (Hocken a kol., 2002). Bylo zjištěno, že pokud se ochranná vrstva na povrchu dřevěného materiálu zhoršuje, UV paprsky a voda působící na povrch hrají důležitou roli při ničení lignin-hemicelulózy v buněčných stěnách, způsobuje to rozklad ligninu v první fázi změny dřeva. (Mitsui, 2004)

### **3.7 Testování povrchových úprav v interiéru**

V moderním prostředí jsou lidé vystaveni mnoha druhům znečišťujících látek. Mezi ostatními jsou dřevěný nábytek a ozdobné prvky potenciálními zdroji velkého množství těkavých organických sloučenin (VOC) v interiéru. V nátěrech na dřevo a při povrchových úpravách se používá mnoho chemických složek. (Goktas a kol., 2009) Salthammer a kol. (1998), identifikovali asi 150 různých VOC. Kromě nich mohou být tyto chemické složky použity k získání dalších požadovaných vlastností, jako je rozměrová stabilita, odpuzování vody, ohnivzdornost, barva, vůně, tvrdost povrchu a mechanická síla.

Na trh bylo uvedeno velké množství konzervačních a barvicích sloučenin, mnoho z nich se však příliš nepříjalo, a to kvůli chemické toxicitě, nízké účinnosti, vysokým nákladům nebo žíravosti sloučenin. Většina sloučenin patří do skupiny typických rozpouštědel a jsou za životních podmínek chemicky neškodné. Nicméně, jsou různé látky, známé jako sekundární emisní produkty nebo reaktanty. (Salthammer a kol., 2002)

Dřevěné barvivo a konzervační látky jsou potenciálně obsaženy v odpadním dřevu

a patří mezi vysoce prioritní znečišťující látky, které dlouhodobě setrvávají v prostředí, které vyvolaly obavy týkající se účinků na zdraví lidí (Asari a kol., 2004). Mnoho barviv syntetického původu může být škodlivých a způsobit alergii u lidí. Proto se zájem o přírodní barviva v posledních několika letech výrazně zvýšil. Přírodní barviva jsou obecně šetrná k životnímu prostředí a mají oproti syntetickým barvivům mnoho výhod k výrobě a aplikaci. (Singh a kol., 2005)

Lidé již v dávných dobách využívali přírodní látky, z nichž většina pocházela z rostlinných zdrojů, jako barviva. Například Mořena barvířská byla populární při výrobě přírodního barviva získaného z víceleté byliny *Rubia tinctorium* L., které lze použít k výrobě odstínů červené, růžové, fialové a hnědé. Je dobře známo, že barviva na bázi rostlin byla Turky hojně využívána napříč historií. Turecko má bohatou flóru díky své geografické poloze a klimatu. (Goktas a kol., 2009)

Ve studii Goktas a kol., 2009 bylo cílem vyvinout přírodní barvivo na dřevo šetrné k životnímu prostředí pocházející z Mořeny barvířské (*Rubia tinctorium* L.) a ke stanovení jeho barvostálosti po ozáření UV světlem. K dosažení tohoto cíle byl systém CIELAB používán ke sledování změny barvy vzorků během 1500 hodin vystavení UV záření. Pro tuto studii byl použit ozařovací systém, který je vybaven lampou UVA-351. Mezi vlastnostmi indukovanými světlem byla nejvhodnější varianta hodnoty barevné difference ( $\Delta E^*$ ) stanovení korelace mezi zrychleným testováním stálosti na světlo (Hui a Chang, 2001). Testovací podmínky byly 50% relativní vlhkost a 20 °C. teplota. Vzorky byly exponovány k UV světlu přímo ve vzdálenosti 5 cm. Celková doba expozice se pohybovala od 0 do 1500 hodin, (tři periody x 500 h). Barva vzorků byla také měřena po každé době ozařování.

Výsledky ukázaly, že vzorky dřeva ošetřené roztokem Mořeny bez mořidla vedly k nejlepší celkové stálosti barev po zkoušce stálosti na světlo. Ošetření zbarvení může snížit změnu barvy dřeva snížením degradace ligninu v důsledku UV záření. Bylo pozorováno, že celkové barevné rozdíly neošetřené borovice lesní byly po všech dobách expozice pozoruhodně vyšší než bukové dřevo. Zatímco celková barva rozdílu nezpracovaného bukového dřeva byla během všech expozičních období pomalu zvyšována, ostře vzrostla během všech expozičních období pro neošetřenou borovici skotskou. (Goktas a kol., 2009)

Z další studie Bechtold a kol. (2003) vyplynulo, že možnost výroby barviva z obnovitelných přírodních zdrojů činí z přírodních barviv zajímavou třídu barviv. Výsledky jejich studie mohou dát příležitost dalším testům k vyhodnocení

vyluhovatelosti těchto přírodních barviv v rámci rozdílných podmínek prostředí.

Byla vyhodnocena korelace mezi urychleným testováním stálosti světla a expozicí v interiéru při změně barvy měkkého dřeva. Zbarvení měkkého dřeva vystaveného vnitřnímu prostředí bylo simulováno pomocí zrychleného testu stálosti světla vybaveného lampami UVA-351. Trendy odbarvení tří druhů měkkého dřeva (západní boolehav, jedle z Číny, japonský cedr) při zrychleném testování stálosti na světle byly podobné trendům v testu vnitřní expozice. Batochromní (červený posun) účinky se objevily ve spektrálních odrazových křivkách dřeva se zvýšením doby expozice, a proto se jeho barva změnila na žlutavě červenou. Použitím faktoru zrychlení posunu (ASF) se získá korelace mezi urychleným testováním stálosti světla a expozicí v interiéru. Výsledky ASF tří zkoumaných měkkých dřev naznačují, že zbarvení při zkoušce zrychlené stálosti na světlosti je 250x závažnější než ve zkoušce vnitřní expozice. (Chang a Chang, 2001)

Oltean E. a kol. (2008) provedl v této studii pokus o analýzu změna barvy povrchu dřeva v důsledku umělého vnitřního světla ozáření nejčastěji obchodovaných dřev v roce 2007 v Evropě. Šestnáct druhů dřeva, dvanáct tvrdého dřeva a čtyři druhy měkkého dřeva, bylo vystaveno po dobu 120 hodin pod xenonovou obloukovou lampou s filtrem ze skla 3 mm, za účelem simulace přirozeného slunečního světla za sklem okna. Během a po 120 hodinách simulovaného slunečního světla byla poskytnuta podrobná klasifikace podle hodnot barev. Bylo vybráno jedenáct druhů dřeva a dále vystaveno ozáření až 600 hodin. Měření barev se provádělo pomocí kolorimetrického zařízení na exponovaných a – neexponovaných oblastech vzorků. Používání CIE-L \* a \* b \* systému měření barev, změna barvy povrchu dřeva byla měřena a vypočtena podle  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  a  $\Delta E^*$  hodnoty. Různá dřeva vykazovala odlišné chování barevné změny. V prvních 24 hodinách ozáření se povrch dřeva rychle zbarvil v případě druhů měkkého dřeva. Zatímco v případě druhů tvrdého dřeva se povrch dřeva zbarvil během prvních 12 hodin. Barevný rozdíl se stále zvyšuje a dosahuje platu (stagnaci) efektu pro druh jako je javor norský, jasan, evropský dub a topol černý po 120 hodinách ozáření. Další expozice až 600 hodin vykazovala vyrovnání změny barvy nebo její mírný pokles, což vede k závěru, že metoda popsaná v EN ISO 11341 byla dostatečně intenzivní k dosažení nasycení barevných změn a pro praktické účely. 120hodinová expozice může být dostačující pro relevantní odhad.

K dispozici jsou také další možnosti testování nátěrů. Adhezní pevnost povlaků může být hodnocena pomocí několika zkušebních metod, zkouška axiálním tahem s panenkou přilepenou k povlaku podle ISO 4624 (2016), měření smyku v momentovém režimu nebo zkoušky blokovým smykem a semikvantitativní křížové nebo křížové

zajištění podle ISO 2409 (2013) nebo ASTM D3359-17(2017). Nicméně, tahové testy zůstávají populární kvůli jejich praktičnosti a přesnosti. (Šimůnková a kol., 2020)



## 4 Materiál a metodika

V této kapitole jsou popsána testovaná dřeva a příprava jejich vzorků k testování. Dále přístroje, které se používaly k měření a přístroj, který simuluje proces umělého stárnutí v interiéru. Jsou zde popsány i vybrané nátěrové látky a způsob jejich nanášení, postupy měření barvy, lesku a destruktivní zkoušky. Pro měření barevnosti a lesku byly vybrány dva druhy dřev, a to Modřín (*Larix*), jelikož se nejčastěji používá na nábytek v interiéru a Buk (*Fagus sylvatica*), který má přírodní světlý vzhled a také se používá v nábytkářství.

### 4.1 Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Jedno z nejznámějších listnatých dřev je bukové dřevo (obr. č. 4). Je tvrdé, málo pružné a poměrně pevné. Barvu má světle hnědou až narůžovělou. Hydrotermickou úpravou – pařením získává tmavší, charakteristickou barvu, která je známá z různých nábytkářských výrobků. Pomocí pařením se odstraňují barevné rozdíly nepravého jádra a běli. Má kratší vlákna, jemné póry a dřeňové paprsky se dají zřetelně najít na všech řezech. (ldf.mendelu.cz, 2020)



Obrázek 4 Bukové dřevo

Zdroj: <https://www.fajndrevo.cz/>

Bukové dřevo je stejnorodé a velmi husté, méně trvanlivé, málo odolné vůči abiotickým činitelům. Proto se používá v nábytkářství, především na ohýbaný nábytek. Je důležitou surovinou na krájení dýh, převážně pro levnější použití, např. na překližky. (lesycr.cz, 2020)

Velmi dobře se obrábí, impregnuje, moří a lepí. Hůře se suší, jelikož má sklon k tvorbě trhlin. V neposlední řadě má dobrou výhřevnost. Velmi často se u buku vyskytuje jádro nepravé, zbarvené hnědočerveně, tudíž barevně neodlišené. Vyvrálé dřevo i běl jsou světle (pleťově) růžové. Nepravé jádro se od pařeného buku pozná snadno, a to díky příčnému řezu, který nekopíruje tvar letokruhů. Obrysy má barevně výraznější. (drevo.celyden.cz, 2020)

## 4.2 Modřín (Larix)

Za nejhodnotnější domácí dřevo se považuje modřínové (obr. č. 5), jelikož je velmi ceněno pro jeho tvrdost, pružnost a velikou trvanlivost. Jeho běl je úzká a má jemně nažloutlou barvu, s jádrem, které je až tmavočervené s nachovým nádechem. Letokruhy má modřín velmi výrazné a jsou vidět také drobné, dobře zarostlé a četné suky. Modřínové hraně by měly být zastíněny, jelikož dřevo na slunci mírně praská a bortí se. (drevo.celyden.cz, 2020)



Obrázek 5 Modřínové dřevo

Zdroj: <https://www.drevo-a-stavby.cz>

Barva dřeva na vzduchu a po napuštění různými přípravky tmavne. Jeho obrobiteľnosť je veľmi dobrá, jelikož podíl pryskyřice například oproti borovici je velmi malý. Použití lepidel a napouštění přijímá mnohem lépe než zmiňovaná borovice. (lesy-cr.cz, 2020)

Dřevo modřinu se používá ke stavbě lodí, výrobě kol, v nábytkářství na výrobu oken, dveří. Je vhodné k venkovnímu i vnitřnímu obkladu stěn. Další využití nachází v chemickém průmyslu. (ldf.mendelu.cz, 2020)

### 4.3 Postup testování

Před zahájením testování byly vzorky nařezány a připraveny k prvnímu nátěru. Byly použity vzorky dřeva buku a modřinu o rozměrech 2x4x5cm a jejich vlhkost se rovnala pokojové teplotě, tedy  $w = \pm 12\%$

Vzorky byly popsány a očíslovány podle druhu dřeva, množství koncentrace peroxidu vodíku, množství koncentrace Tinuvinu 5151 (UV stabilizátoru) v nátěru akrylátem (obr. č. 6)

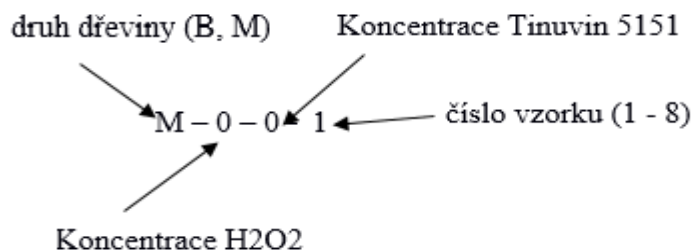
Popis vzorků vypadal takto:

Referenční vzorky M – R – 1

M – druh dřeva Modřín, (B – buk)

R – referenční vzorek

1 – číslo vzorku (1 – 8)



Obrázek 6 Popis vzorků podle nátěru

Zdroj: Vlastní zpracování

Na začátku celého testování, byly vybrány vzorky, které se co nejvíce shodovaly vzhledem, kresbou a řezem. Vzorky byly rozděleny do 8 skupin po 16 kusech jak pro buk, tak pro modřín. První 4 skupiny byly nejvíce podobné kvůli barevným výsledkům po umělém stárnutí. Další 4 skupiny byly určeny k destruktivním testům. Celkem bylo použito 256 ks vzorků.

Na zbylé vzorky dřeva byly štětcem aplikovány nátěry vybraných přípravků. Nátěry byly natřeny na všechny vzorky, vyjma těch referenčních, které se nechaly dostatečně zaschnout ± 48 h.

Testování pomocí umělého stárnutí bylo prováděno v přístroji XE-3 XENON TEST CHAMBER (obr. č. 12, str. 41)

Na základě modifikované normy ČSN EN 15187 s použitím skleněného filtru (Okenní sklo – Q). Parametry testování jsou uvedeny v tabulce č. 1. Ke zvýšení umělého stárnutí, byly v nastavení xenonové komory podle modifikované EN ISO 16474-2 použity dva stupně s různou vlhkostí vzduchu.

Tabulka 1 Jeden cyklus umělého stárnutí v Xenotestu podle normy EN ISO 16474-2;

Zdroj: Vlastní zpracování

| Stárnutí v Xenotestu       |         | Funkce  |
|----------------------------|---------|---|
| Funkce Jeden cyklus = 12 h |         |   |
| 1. krok                    | 6 hodin | Teplota vzduchu 40 °C; Teplota na černém panelu 55 °C; Vodní sprej (vypnuto), UV záření mezi 300-400 nm (TUV) 20 W·m <sup>-2</sup> ; Relativní vlhkost vzduchu 40 % |
| 2. krok                    | 6 hodin | Teplota vzduchu 40 °C; Teplota na černém panelu 55 °C; Vodní sprej (vypnuto), UV záření mezi 300-400 nm (TUV) 20 W·m <sup>-2</sup> ; Relativní vlhkost vzduchu 70 % |

Na konci testování byly vzorky podrobeny destruktivním zkouškám.

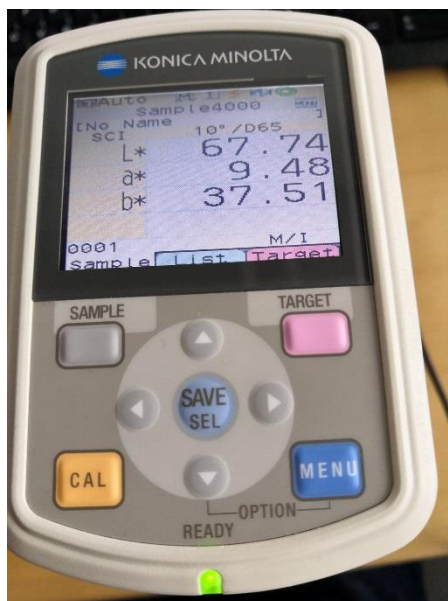
- tužkovou metodou,
- odtrhovou metodou,
- mřížkovou metodou.

Měření barvy a lesku bylo provedeno před uložením do přístroje pro umělé stárnutí a poté po 25 h, 50 h a 150 h = (25 h + 25 h +100 h). Naměřené hodnoty byly poté porovnávány.

### 4.3.1 Přístroje k měření barvy a lesku

#### 4.3.1.1 Spektrofotometr

Pro měření barevného spektra povrchu vzorků byl použit spektrofotometr Konica Minolta. Pomocí řady uživatelsky přívětivých funkcí spektrofotometr CM-700d efektivně měří barvu objektu. Tento ruční přístroj, který je ergonomicky navržen tak, aby pohodlně padl do ruky, je vybaven barevným LCD displejem. Spektrální grafy, pseudobarvy a grafy rozdílů barev jsou součástí množství informací zobrazovaných na obrazovce (obr. č. 7).



Obrázek 7 Spektrofotometr

Zdroj: Vlastní zpracování

Naměřené barvy lze také reprodukovat jako barevné skvrny na obrazovce, které jsou užitečné při hledání barev nebo při kontrole úrovně barevných rozdílů. K jednoduchému použití spektrofotometru CM-700d přispívají vyhrazená tlačítka (obr. č. 6) pro často používané operace, jako jsou vyvolání nabídek nebo cílové barvy. Displej ovládaný nabídkou umožňuje intuitivní ovládání jednotky. Tento přístroj je kompatibilní s Bluetooth a je přenosný, díky tomu všechny informace mohou být bezdrátově odesílány do tiskárny nebo do počítače. Díky velké kapacitě paměti jednotky může uložit až 1 000 sad cílových dat a 4 000 sad měřených dat.

Pomocí kompatibility softwaru SpectraMagic NX je spektrofotometr CM-700d snadno použitelný a zobrazuje více pohledů na výsledky editovatelných dat. Cílová data primárního cíle mohou být spojena se dvěma nebo více sekundárními cíli, což uživatelům umožňuje kontrolovat rozdíly v barvách a jiné sofistikované aplikace. Vložení informací do softwaru je prováděno pomocí jednoduchého přetažení pro snadnou interpretaci po tisku. Informace lze zobrazit pomocí různých grafů. Přenesení dat kompilovaných se

starším softwarem je možné převést do nejnovějšího aktualizovaného softwaru. V případě potřeby se informace dají snadno exportovat do Excelu, aby tato data bylo možné zobrazit na počítači. (konicaminolta.eu, 2020)

Barevné změny byly pomocí excelu přepočítány následujícím vzorcem:

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

*Rovnice 1 Výpočet  $\Delta E^*$*

*zdroj: Pánek, 2015*

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  jsou rozdíly v jednotlivých barevných osách. Složka  $L^*$  udává měrnou světlost a nabývá hodnot z intervalu 0 (černá) až 100 (bílá). Osa  $a^*$  probíhá od zelené barvy k červené, osa  $b^*$  pak od modré ke žluté. ( $\Delta$  = rozdíl mezi naměřenou hodnotou po ozařování vzorku a referenčního vzorku). (Panák, 2007)

#### 4.3.1.2 Leskoměr

Pro měření lesku byl použit leskoměr MG6 – F1 (obr. č. 8) podle normy ČSN EN 13722. Leskoměr MG6-F1 je malý, chytrý, stabilní a přesný. Používá se pouze jeden kus baterie velikosti AA, dobíjecí nebo alkalické. Je velmi snadný k použití a také pohodlný na nošení. Má vhodný chránič knoflíku na ovládání. Je vhodný pro všechny druhy povrchových a dokončovacích povrchů, jako jsou barvy, laky, tiskařské barvy atd. Je možné ho použít na obkladové materiály, jako jsou mramorové nebo žulové kameny, vyleštěné cihly, dále keramická dlažba atd. Také je možnost využití na ostatní druhy podkladů a věcí, jako je plast, dřevěné nádobí, papírové produkty atd. (testequip.com.au)



Obrázek 8 Leskoměr

Zdroj: Vlastní zpracování



Podle lesku lze určit rozdělení, které je založeno na měření množství odraženého světla díky fotoelektrickému leskoměru nebo reflektoskopu, který byl naměřený při 60°. Jelikož povrch dřeva postupně stárne, tím se současně snižuje i kvalita lesku. Rozlišovat můžeme 5 tříd lesku: první je vysoce lesklá, poté lesklá, dále pololesklá, polomatná a poslední třída je matná. Pokud se na objektu vyskytuje lesklý povrch, mohou se na něj zachytávat ve velmi malé míře různé nečistoty. Jelikož jeho povrch není tak hrubý, a tudíž se dá i snadněji čistit. (Pánek, 2015)

#### 4.3.2 Nátěrové látky

Pro bělení byl použit peroxid vodíku  $H_2O_2$  a jeho 20% a 30% koncentrace k dosažení požadované změny vzhledu (vybělení). Na začátku experimentu byl peroxid vodíku naředěn na 10%, 15%, 20% a 30% koncentraci pomocí destilované vody, se kterou se pracovalo během celého experimentu. Jelikož první dvě koncentrace nevykazovaly po natření a zaschnutí žádné viditelné změny. Byly vybrány výše uvedené.

Jako nátěr byl zvolen Akrylový lak vodou ředitelný (OBI Bezbarvý lak transparentní hedvábně matný). První vzorky byly natřeny pouze samotným lakem. Následně do něho byl na míchacím přístroji Witeg (obr. č. 9) vmíchán UV stabilizátor Tinuvin 5151 proti UV záření, a to v množství 1 %, 3 % a 5 %. K míchání bylo použito 600 otáček za minutu.



Obrázek 9 Míchací přístroj Witeg

Zdroj: Vlastní zpracování

### 4.3.3 Nátěry a umělé stárnutí

První nátěry byly prováděny s peroxidem vodíku. Nejprve bylo nanečisto vyzkoušeno natření dřeva koncentrací 10%, 15% 20% a 30% peroxidu. Z těchto 4 variant největší změnu vybělení vyvolaly koncentrace 20 % a 30 %. Těmito koncentracemi byly poté natřeny vzorky, které byly vybrány k testování.



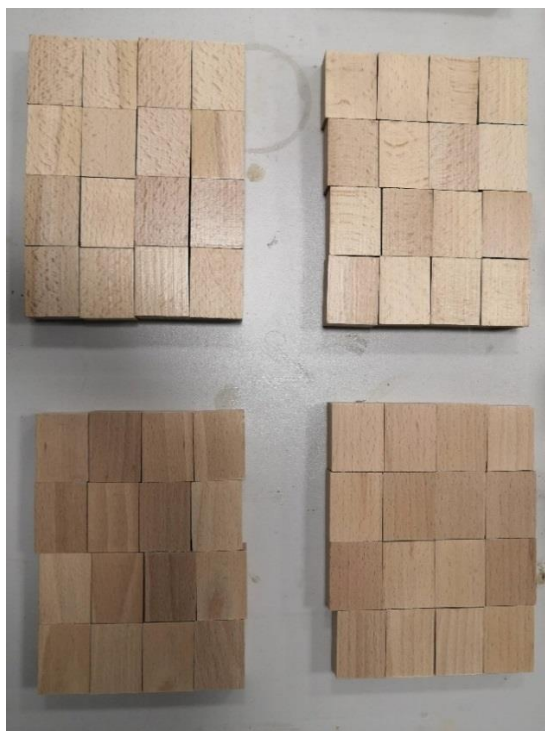
Obrázek 10 Vzorky modřinu pro urychlené stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

Na buk bylo naneseno 0,20g peroxidu a na modřín bylo naneseno 0,10g peroxidu. Kvůli vystoupení dřevních vláken se vzorky, které nebyly určeny k nátěru peroxidem, lehce přetřely destilovanou vodou. Všechny vzorky byly nakonec velmi jemně přebroušeny brusným papírem drsnosti 150, aby byla vlákna odstraněna.

Dále byly vzorky natřeny akrylovým nátěrem bez přidání UV stabilizátoru Tinuvin 5151 a potom s jeho přídatkem. Nános nátěru byl v průměru od 0,20g – 0,35g. Vrstva nátěru byla nanesena pomocí vizuálního posouzení, aby byla na celém povrchu vzorku (obr. č. 10 a 11, str. č. 40 a 41). Vzorky byly ponechány ve větrané místnosti, aby nátěr dostatečně zaschnul. Poté byly přebroušeny podle údajů výrobce brusným papírem o drsnosti 240. Nanesena byla druhá a zároveň poslední vrstva, která se také nechala dostatečně vytvrdnout. Následně byly vzorky uloženy k testování v Q-SUN (obr. č. 12, str. č. 41). První časový úsek v komoře byl 25 h, po kterých bylo provedeno 1. měření barvy a lesku na vzorcích.





Obrázek 11 Vzorky buku pro umělé stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 12 Uložení vzorků v Q-SUN

Zdroj: Vlastní zpracování

Měření barvy probíhalo s použitím spektrofotometru na 4 místech na vzorku (obr. č. 13) a s použitím leskoměru na 2 místech (obr. č. 14).



Obrázek 13 Místa měření barevných rozdílů

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 14 Místa měření lesku

Zdroj: Vlastní zpracování

Vzorky byly uloženy opět do Xenotestu (Q SUN) a opět na 25 h. Po této době (po 50 h) bylo provedeno další měření, postup „zpracování vzorků“ probíhal přesně jako při prvním měření. Následné a zároveň poslední měření bylo provedeno po celkových 150 h.

#### 4.3.4 Destruktivní zkouška tužkovou metodou

Tužkový test neboli měření tužkami, byl prováděn pomocí přístroje TGC (obr. č. 15) – Tužkový test tvrdosti nátěru (Wolff-Wilborn test). Tímto testem se jednoduše provádí zkouška odolnosti nátěru. Používají se při něm tužky tvrdosti od 10 B, až po 10 H. Test se provádí tak, že hrot tužky, který je před použitím osmirkován, se pod úhlem 45° vtláčuje do testovaného povrchu pod stejným tlakem v souvislém pohybu směrem dopředu. Podle toho, zda tužka zanechá na podkladu viditelnou rýhu se určuje destrukce nátěru. Díky tomuto přístroji lze tužku držet pod neustálým tlakem 7,5N a již zmiňovaném úhlu 45°. (proinex.cz, 2017)



Obrázek 15 Destruktivní metoda dle Wolff-Wilbornova testu (tužkami)

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 2 Tvrdost tužek a jejich číslování

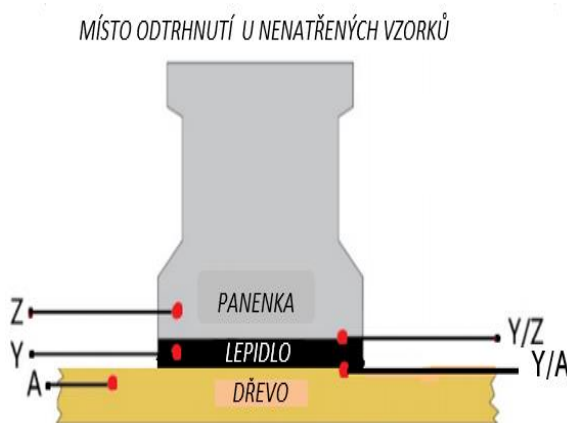
Zdroj: Vlastní zpracování

| Číslo tužky   | 1  | 2  | 3 | 4  | 5 | 6 | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|---------------|----|----|---|----|---|---|----|----|----|----|----|----|----|
| Tvrdost tužky | 3B | 2B | B | HB | F | H | 3H | 4H | 5H | 6H | 7H | 8H | 9H |

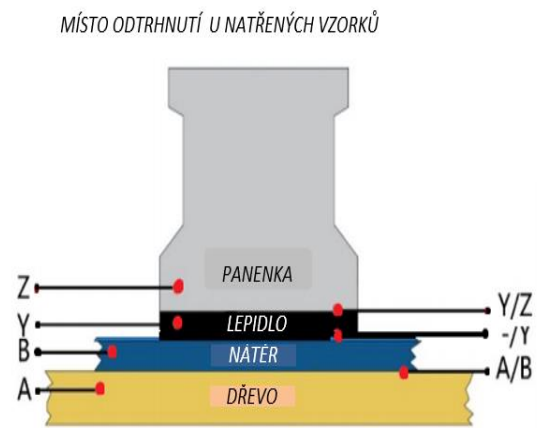
Pro tento test byly vybrány pouze vzorky buku. Jelikož vykazovaly viditelný rozdíl po zkoušce umělého stárnutí. Na začátku zkoušky, byly upraveny všechny hroty tužek do ostrého tvaru. Poté se začalo postupně od nejměkčí tužky. Měření následně postupovalo vzorek po vzorku, vždy od nejměkčí tužky, dokud na vzorku nebylo pozorováno jasně viditelné poškození. Následně byla zapsána její tvrdost do přílohy č. 2, (str. č. 77).

#### 4.3.5 Destruktivní zkouška odtrhovou metodou

Tato zkouška byla prováděna v souladu s normou ČSN EN ISO 4624 (673077). Pomocí přístroje Comtest OP1 S, kterým se zjišťuje tahová pevnost kolmo k povrchu. Je to také kontrola kvality podkladu, který se testuje. Používá se indukční snímač síly (obr. č. 20, str. č. 45) jako měrný člen. Jde o zjištění soudržnosti nanesených vrstev. (proinex.cz, 2017)



Obrázek 16 Místa možného odtrhnutí – nenatřený vzorek  
Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 17 Místa možného odtrhnutí – natřený vzorek  
Zdroj: Vlastní zpracování

Při odtrhové zkoušce byly vybrány pouze vzorky buku, od každé varianty nátěru dva vzorky. Jelikož modřín nevykazoval tak výrazné barevné změny na povrchu. Na jednu půlku byly nalepeny kovové terčičky, jak můžeme vidět na obrázku č. 18, (str. 45), (panenky) pomocí univerzálního dvousložkového epoxidového lepidla BISON. Z lepidla byly současně vytlačeny obě jeho složky, které se poté v misce rozmíchaly přiloženým plastovým míchátkem, dokud barva lepidla nebyla sourodá. Poté byly zatíženy lepené spoje 12Kg závažím (obr. č. 19, str. 45) a nechány minimálně 7 h zasychat.





Obrázek 18 Přilepené panenky na tělískách

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 19 Závaží na panenkách

Zdroj: Vlastní zpracování

Byly použity vždy dva vzorky od každé kombinace nátěrových látek (dále jen NL) ze skupiny, která byla vystavená umělému stárnutí. Dva vzorky od každé kombinace NL z referenční skupiny. Po zaschnutí lepidla byly prováděny zkoušky odtrhování.



Obrázek 20 Zkouška odtrhovacím strojem

Zdroj: Vlastní zpracování

K odtrhovacímu stroji se připojil elektronický měřič, který ukazuje sílu při odtrhnutí panenky od povrchu vzorku. Zespodu se našrouboval pomocný prostředek, do kterého se na konci našrouboval terčík přilepený na vzorku. Dále se přiložil na spodek přístroje kovový kruh, aby byla zajištěna dostatečná plocha k zapření vzorku. Nakonec se

přišrouboval vzorek k přístroji. Pomocí otočné páky byl pomalým krouživým pohybem uveden stroj do chodu a bylo sledováno zvyšování síly na elektrickém měřiči.

Vždy když odtrhování skončilo, ozvalo se hlasité křupnutí, jak se terčík odtrhl od vzorku (obr. č. 21). Následně se na měřiči objevila hodnota v MPa, při které došlo k porušení lepeného spoje. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách č. 4 a 5, (str. č. 49).



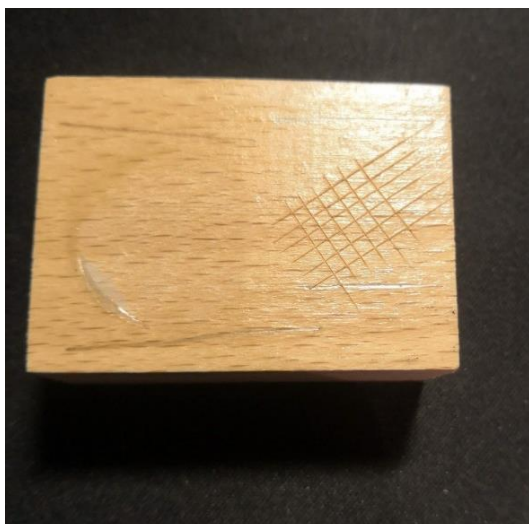
Obrázek 21 Vzorek po odtržení panenky

Zdroj: Vlastní zpracován

#### 4.3.6 **Destruktivní zkouška mřížkovou metodou**

Tento způsob testování spočívá v tom, že se pomocí ostrého předmětu na testovací povrch vzorku vyřízne až k podkladu pravidelná mřížka (obr. č. 22, str. č. 47). Vryty jsou prováděny pomocí ostrého předmětu v rozmezí 2–3 mm a jejich počet je 6 v každém směru a v délce podle velikosti povrchu testovaného vzorku. Je to destruktivní metoda testování a její výsledek je orientační. Po vyřezání se na mřížku nalepí izolepa (obr. č. 23, str. č. 47).

Na toto testování byly vybrány vzorky buku, jelikož vykazovaly viditelné změny po provedení testu umělého stárnutí. Nejdříve byly pomocí ostrého nožíku vyřezány na povrch vzorků mřížky, poté se na každý vzorek nalepil kousek izolepy tak, aby pokrývala celou mřížku. Potom byla izolepa postupně škrábáním strhávána a vždy se podle tabulky č. 3, (str. č. 47) zapisovala velikost poškození nátěru rovnou se tyto hodnoty zapisovaly do tabulky, která je v příloze č. 1, (str. č. 77).



Obrázek 22 Mřížka pro destruktivní test  
Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 23 Izolepa přilepená na vyřiznuté mřížce  
Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 3 Vyhodnocení přilnavosti mřížkovou zkouškou (Liptáková, 2001)

| Stupeň | Popis rozsahu poškození   |
|--------|---|
| 0      | Žádné viditelné poškození řezů, rohy celé bez nejmenšího odloupení nátěru.  |
| 1      | Drobné poškození rohů řezů nepřesahující 5 % z celkové plochy mřížky.   |
| 2      | Drobné poškození rohů, kde se setkávají křížící se řezy. Poškození je v rozmezí 5 až 15 % z plochy mřížky.  |
| 3      | Drobné poškození rohů, kde se setkávají křížící se řezy. Odtrhnutí některých nařezaných čtverečků. Poškození je v rozmezí 15 až 35 % z plochy mřížky. |
| 4      | Výrazné poškození rohů, kde se setkávají křížící se řezy. Výrazné odtrhnutí nařezaných čtverečků. Poškození je v rozmezí 35 až 65 % z plochy mřížky.  |
| 5      | Odtrhnutí při zkoušce je z větší plochy jako v případě stupně 4.  |

#### 4.3.7 Statistické vyhodnocení

Pro vyhodnocení výsledků byly použity programy Excel (Statsoft, USA) a Statistica 12 (Microsoft, USA). V Excelu byly vytvořeny tabulky, grafy k destruktivním testům a výpočty. V programu Statistica 12 byly vytvořeny svorkové grafy. Pro statistiku rozdílů byl použit Tukey HSD post hoc test, který má stanovenou hladinu významnosti 95 % tudíž  $\alpha < 0,05$ . V přílohách 6–13, (str. 81–88) jsou porovnávány průměrné hodnoty výsledků každé nátěrové varianty s každou a červeně jsou označeny hodnoty, které jsou statisticky významné mezi dvěma zkoumanými a vyhodnocenými variantami.

## 5 Výsledky

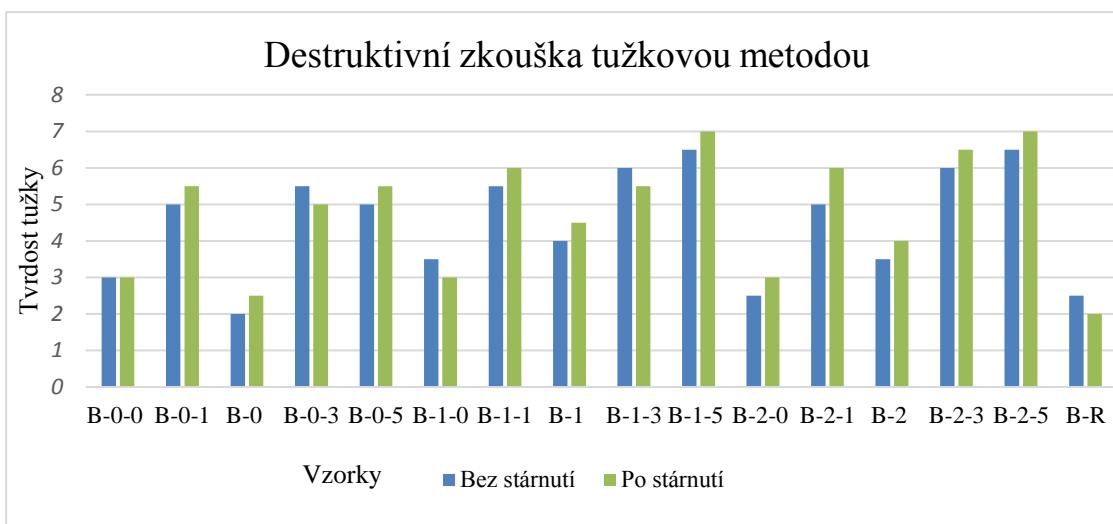
Rozdělení této kapitoly je uzpůsobené tomu, že destruktivní testování probíhalo pouze na bukových vzorcích. Proto jsou výsledky rozdělené do podkapitol buku a modřínu, následně k porovnání barevných změn obou dřev.

### 5.1. Buk

#### 5.1.1 Destruktivní zkouška tužkovou metodou

Podle tabulky č. 2, (str. 43) byla zapsána čísla tužek v tabulce, kde byla zprůměrována (příloha 2, str. 77). Vyhodnocení této zkoušky ukázalo, že nejtvrďší tužka byla 3 H u nátěrů, které měli 5 % Tinuvinu. Nejměkčí tužka 2 B u vzorků bez nátěru a vzorků bez nátěru s přidáním Tinuvinu.

V grafu č. 1 je vidět, že nejslabší nátěry po 150 hodinách umělého stárnutí byly ty bez bělení, s bělením a také referenční. Díky nátěrům, které měly příměs Tinuvinu, měl povrch vzorků větší pevnost a musela být použita tvrdší tužka. Jedná se o všechny tři možnosti s 1 %, 3 % a 5 %. Celkově měly po stárnutí natřené vzorky tvrdší povrch než ty, které byly natřeny pouze samotným lakem anebo byly jen bělené peroxidem vodíku. Nejvyšší tvrdost povrchu měly vzorky po stárnutí, které byly vybělené 20 % a 30 % a měly příměs 5 % Tinuvinu. Také při této zkoušce se ukázalo, že po umělém stárnutí vykazují povrchy natřených tělísek vyšší pevnost a odolnost, jako tomu bylo při zkoušce mřížkovou metodou.



Graf 1 Zkouška tužkovou metodou na buku po 15 h v Xenotestu

Zdroj: Vlastní zpracování



## 5.1.2 Destruktivní odtrhová zkouška

Místo odtrhnutí panenky od vzorku bylo po vykonání zkoušky vizuálně hodnoceno (tabulka č. 4). Výsledky síly jsou zapsány v tabulce č. 5, dále v příloze č. 3, (str. č. 78)

Tabulka 4 Vizuální posouzení místa poškození po odtrhu

Zdroj: Vlastní zpracování

| Vizuální posouzení | Vzorek bez stárnutí | Vzorek po stárnutí |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| A                  | 14                  | 14                 |
| A/B                | 16                  | 16                 |
| Y/Z                | 2                   | 2                  |

Tabulka 5 Velikost síly při odtrhu před a po stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

| Vzorky           | B-0-0 | B-0-1 | B-0  | B-0-3 | B-0-5 | B-1-0 | B-1-1 | B-1  | B-1-3 | B-1-5 | B-2-0 | B-2-1 | B-2  | B-2-3 | B-2-5 | B-R  |
|------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| MPa bez stárnutí | 1,80  | 0,95  | 0,73 | 1,30  | 1,13  | 2,33  | 1,29  | 1,81 | 1,64  | 1,01  | 1,21  | 0,93  | 1,22 | 1,07  | 1,97  | 0,75 |
| MPa po stárnutí  | 1,18  | 1,93  | 0,35 | 1,30  | 1,57  | 0,96  | 2,06  | 0,74 | 1,12  | 2,31  | 0,50  | 1,37  | 1,17 | 1,64  | 1,36  | 1,46 |

Při vyhodnocování testu pomocí odtrhu byla hodnocena síla, při které se panenka odpojila od vzorku. Síla byla následně zapsána a zprůměrována z důvodu provádění zkoušky na dvou stejných vzorcích (tabulka č. 5, str. č. 49, příloha č.3, str. č. 78). Následně se vizuálně posuzovalo místo, kde nastalo porušení adheze (obr. č. 16 a 17, str. č. 44). V tabulce č. 4, (str. č. 49) je součet všech vizuálních posouzení místa odtrhu. Je zde vidět, že faktor stárnutí nemá žádný vliv na možnost odtrhu. Byl zjištěn totožný počet míst odtržení a to A, A/B a Y/Z.

V tabulce č. 5, (str. č. 49) je vidět, že rozdíly mezi zkouškou před stárnutím a po něm se ve větší míře liší pouze o desetiny MPa. Přesto jsou tu i výraznější rozdíly. Posuzováním jednotlivých nátěrů je zřejmé, že u některých vzorků docházelo ke snižování pevnosti, ale u některých zároveň také k jejímu zvýšení. Bylo pozorováno, že pokud se jedná o vzorky, které jsou bez bělení a pouze vybělené anebo natřené akrylem s příměsí 1 % Tinuvinu, mají tendenci po umělém stárnutí zvyšovat svou pevnost nátěru. Postupně od nebělených přes 20% bělení až po 30% bělení.

Nejvyšší hodnoty MPa dosahují po stárnutí vzorky B-1-5 2,31 MPa a B-1-1 2,06 MPa. Lze tedy říct, že má na pevnost pozitivní vliv 20% bělení. Sílu od 1 do 2 MPa mají všechny vzorky které byly opatřeny nátěrem s Tinuvinem. Nejnižší hodnoty dosahují ty

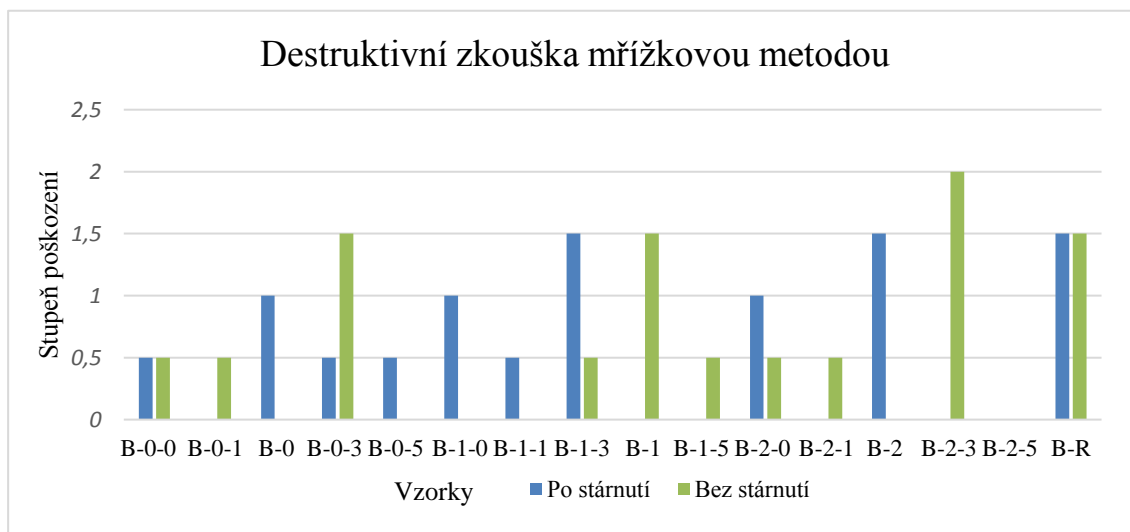
vzorky, které nebyly nijak ošetřeny. Bez ochrany se jejich povrch nejvíce zničil. Co se týče vizuálního hodnocení, skoro všechny hodnoty byly soustředěny pouze do tří výsledků. Jak se píše výše (tabulka č. 4, str. č. 49).

Místo porušení A – které značí porušení odtrhu v místě dřeva. Místo porušení A/B – které značí porušení odtrhu v místě mezi nátěrem a dřevem. Poslední je místo porušení Y/Z, které značí odtržení mezi lepidlem a kovovou panenkou. V tomto místě se porušili pouze vzorky B-0 před i po stárnutí, B-2-3 před stárnutím a B-R po stárnutí. Tento test byl prováděn manuálně, a proto mohou být výsledky lehce ovlivněny nepřesností při odtrhovacím cyklu.

### 5.1.3 Destruktivní zkouška mřížkovou metodou

Výsledky získané při této zkoušce jsou zaneseny do přílohy č. 1, (str. č. 77) Výsledky po provedení zkoušky ukázaly, že poškození jsou velmi malá, a to maximálně do stupně 2 viz tabulka 3, (str. 47).

Z grafu č. 2 vyplývá, že má viditelně největší poškození nátěr bez stárnutí s 30% bělením B-2-3. Rozptyl poškození na variantách nátěrů je vysoká, ale pouze od 0 do 2. Proto výsledky této zkoušky vykazují minimální poškození či žádné, tudíž dobrou adhezi všech testovaných nátěrů. Je zde vidět, že vzorky s nátěry se 3 % Tinuvinu bez stárnutí jsou vůči těm ostatním lehce poškozenější než po stárnutí. Nátěry s přídavkem 5 % Tinuvinu jsou nejméně poškozené. Celkově se nátěry bez stárnutí vyznačují větší mírou poškození, i když je opravdu zanedbatelné. Což znamená, že po stárnutí se povrch nátěrů stává pevnější a více odolává poškození.



Graf 2 Mřížková zkouška na buku po 150 h v Xenotestu

Zdroj: Vlastní zpracování

### 5.1.4 Lesk

Měření lesku probíhalo vždy na dvou místech na jednom vzorku. Podle tabulky č. 6, (str. 51) je viditelné, že změna lesku byla velmi málo ovlivněna umělým stárnutím. Rozdíly mezi počátkem měření a měřením po 150 h jsou v řádech desetin GU. Dokázáno je to i v Tukeyho HSD testu, který je v příloze č. 7 (str. č. 82). Hodnoty vzorků bez nátěrů jsou sice uvedené jako statisticky významné, ale to jen díky tomu, že byly již od počátku měření velmi malé než ty u vzorků natřených, a tudíž jsou rozdílné. Nejvyšší lesk byl naměřen u vzorku B-0-5 po 25 h (GU 18,56) a nejnižší u vzorku B-R po 25 h (2,60).

Tabulka 6 Hodnoty lesku buku v průběhu umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

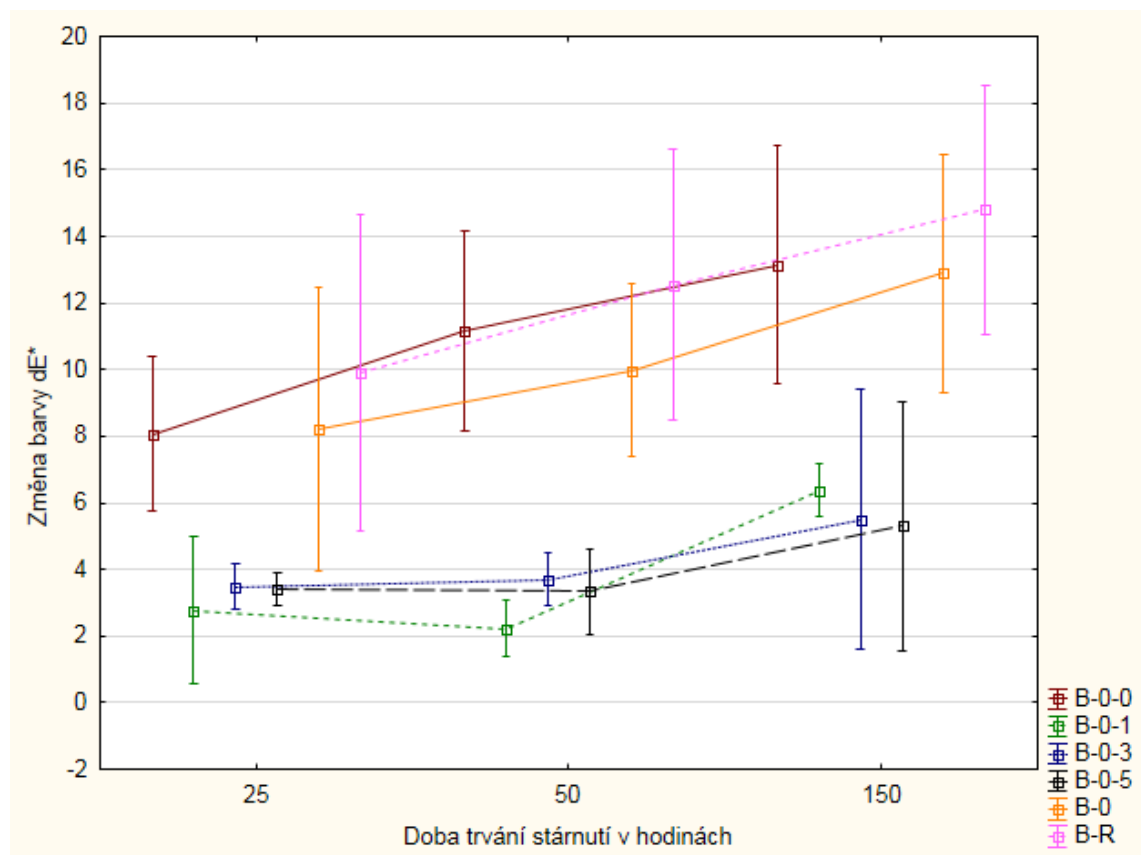
| č. vzorku | Průměry GU z 2 měření |         |         |          |
|-----------|-----------------------|---------|---------|----------|
|           | Natřené               | po 25 h | po 50 h | po 150 h |
| B-0       | 2,90                  | 2,76    | 2,79    | 2,98     |
| B-0-0     | 18,05                 | 17,65   | 18,10   | 17,01    |
| B-0-1     | 15,00                 | 15,01   | 14,90   | 14,83    |
| B-0-3     | 14,26                 | 14,05   | 13,96   | 12,90    |
| B-0-5     | 17,78                 | 18,56   | 18,53   | 16,05    |
| B-1       | 2,70                  | 2,70    | 2,70    | 2,90     |
| B-1-0     | 16,73                 | 16,21   | 16,30   | 15,76    |
| B-1-1     | 13,64                 | 13,46   | 13,53   | 13,24    |
| B-1-3     | 14,28                 | 14,94   | 14,50   | 13,39    |
| B-1-5     | 15,35                 | 16,33   | 16,24   | 14,16    |
| B-2       | 2,98                  | 2,84    | 2,80    | 3,01     |
| B-2-0     | 18,50                 | 17,90   | 17,93   | 17,00    |
| B-2-1     | 18,19                 | 17,73   | 17,88   | 17,39    |
| B-2-3     | 16,79                 | 16,05   | 15,94   | 14,64    |
| B-2-5     | 15,78                 | 16,03   | 16,20   | 14,55    |
| B-R       | 2,96                  | 2,60    | 2,69    | 3,05     |

### 5.1.5 Barva

Po ukončení testování pomocí umělého stárnutí (150 hodin) se změna barvy na povrchu nenatřených vzorků a vzorku s akrylem bez Tinuvinu změnila v rozsahu  $\Delta E^* = 5$ . Ovšem u vzorků, které byly opatřeny akrylovým nátěrem s Tinuvinem se barva měnila jen ve velmi malé míře  $\pm \Delta E^* 2$  (graf č. 3-5, str. č. 52-54).

Hodnoty měření v průběhu stárnutí jsou doloženy v příloze č. 4, (str. č. 79). Podle grafu č. 3 je vidět, že nejvyšší barevnou změnu vzorků bez bělení na konci testování  $\Delta E^* = 14,80$  měl vzorek B-R. Nejmenší barevnou změnu  $\Delta E^* = 5,30$  měl po konci testování vzorek B-0-5. Celkově se nižší změnou barvy vyznačovaly vzorky, které měly akrylový lak s přídavkem Tinuvinu.

Tím se dokazuje, že nátěry s přídavkem UV stabilizátoru jsou odolnější proti stárnutí než ty, které jsou natřeny nátěrem bez něj nebo nenatřené vůbec.

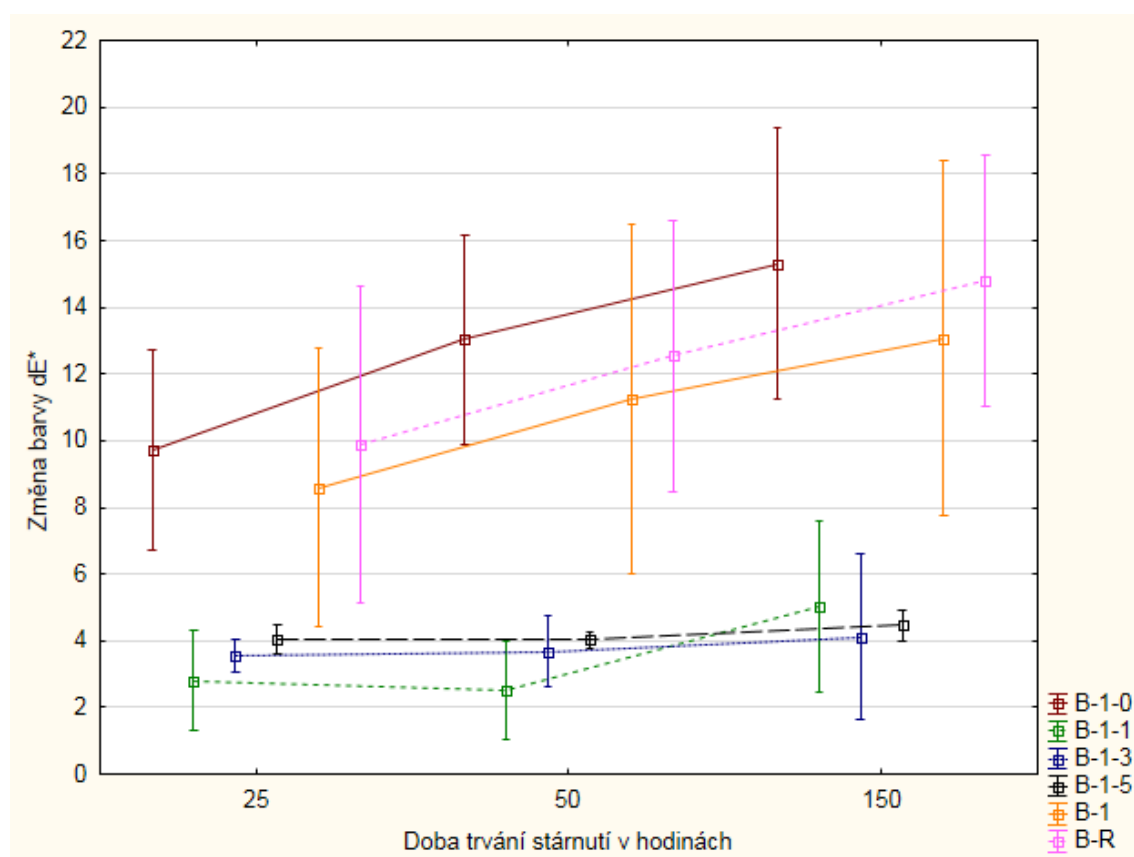


Graf 3 Celkový barevný rozdíl vzorků bez bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

Dle grafu č. 4 je pozorována skoro neměnná změna barvy u vzorků B-1-3 a B-1-5. Rozdíly těchto dvou variant jsou v řádech desetin. Nejnižší hodnoty  $\Delta E^*=4,12$  nabyl vzorek B-1-3. Největší barevnou změnou je  $\Delta E^*=15,51$  u vzorku B-1-1. Vzorky bez nátěru nebo nátěru bez Tinuvinu opět vyznačují větší barevné změny než ty, které jím byly opatřeny.

Dokazuje to, že po 20% bělení se barva povrchu vzorků mění bez nátěrů více než bez bělení, ale zároveň se také mění méně u vzorků natřených akrylovým lakem s UV stabilizátorem.



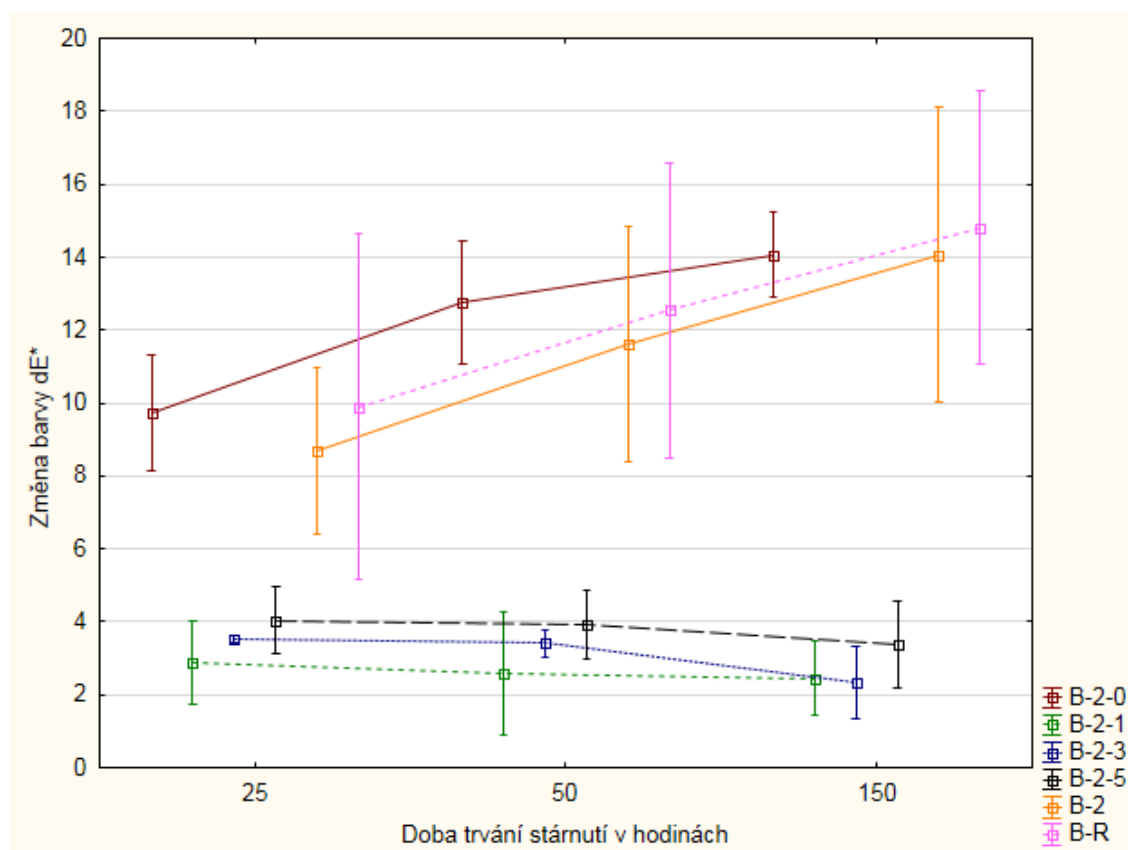
Graf 4 Celkový barevný rozdíl vzorků s 20 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

Na grafu č. 5 můžeme vidět, jak barevné změny bělených povrchů natřených akrylovým lakem s Tinuvinem po skončení umělého stárnutí snížily. Nejspíše bude pravděpodobnost spojením vyšší koncentrace bělení a Tinuvinu. Tudíž se dá předpokládat, že pokud by bylo vybělení větší, byla by změna barvy o něco nižší.

Největší změna barvy  $\Delta E^*=14,80$  byla po ukončení testu opět u vzorku B-R, jedná se o vzorek, který nebyl nijak ošetřen. Nejmenší změna barvy  $\Delta E^*=2,33$  po 150 h byla naměřena u vzorku B-2-3. Je to také nejnižší barevná změna ze všech bukových vzorků. Dokazuje to, že po 30% vybělení a natření akrylovým lakem s přísadkou 3 % Tinuvinu měl tento nátěr po 150 h umělého stárnutí nejlepší barvostálost.

Podle Tukeyho HSD testu (příloha č. 8-10, str. č. 83-85) se statistická významnost rozdílů pro nátěry během průběžných měření po 25 h, 50 h a 150 h pro buk ukázala jen mezi vzorky nenatřenými akrylovým lakem s UV stabilizátorem a těmi vzorky, které ho neměly. To znamená, že vzorky s Tinuvinem měly statisticky významné hodnoty oproti vzorkům, které byly ošetřeny pouze akrylovým lakem nebo vůbec žádným nátěrem.



Graf 5 Celkový barevný rozdíl vzorků s 30 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

## 5.2 Modřín

Vzorky modřínu nevykazovaly po ukončení umělého stárnutí dobrý efekt změny po bělení, tudíž se na rozdíl od buku vyhodnocovaly jen oba vybrané nedestruktivní charakteristiky jako je lesk a celková změna barvy.,

### 5.2.1 Lesk

Měření lesku probíhalo vždy na dvou místech na jednom vzorku.

Podle tabulky č. 7 je viditelné, že změna lesku byla velmi málo ovlivněna umělým stárnutím. Rozdíly mezi počátkem měření a měřením po 150 h jsou v řádech desetin GU. Doloženo je to i v Tukeyho HSD testu, který je v příloze č. 6, (str. č. 81) Hodnoty vzorků bez nátěrů jsou sice uvedené jako statisticky významné, ale to jen díky tomu, že byly již od počátku měření velmi malé než ty u vzorků natřených, a tudíž jsou rozdílné. Nejvyšší lesk byl naměřen u vzorku M-1-0 před umělým stárnutím (GU 18,70) a nejnižší u vzorku M-0 po 50 h (GU 2,69).

Tabulka 7 Hodnoty lesku modřínu v průběhu umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

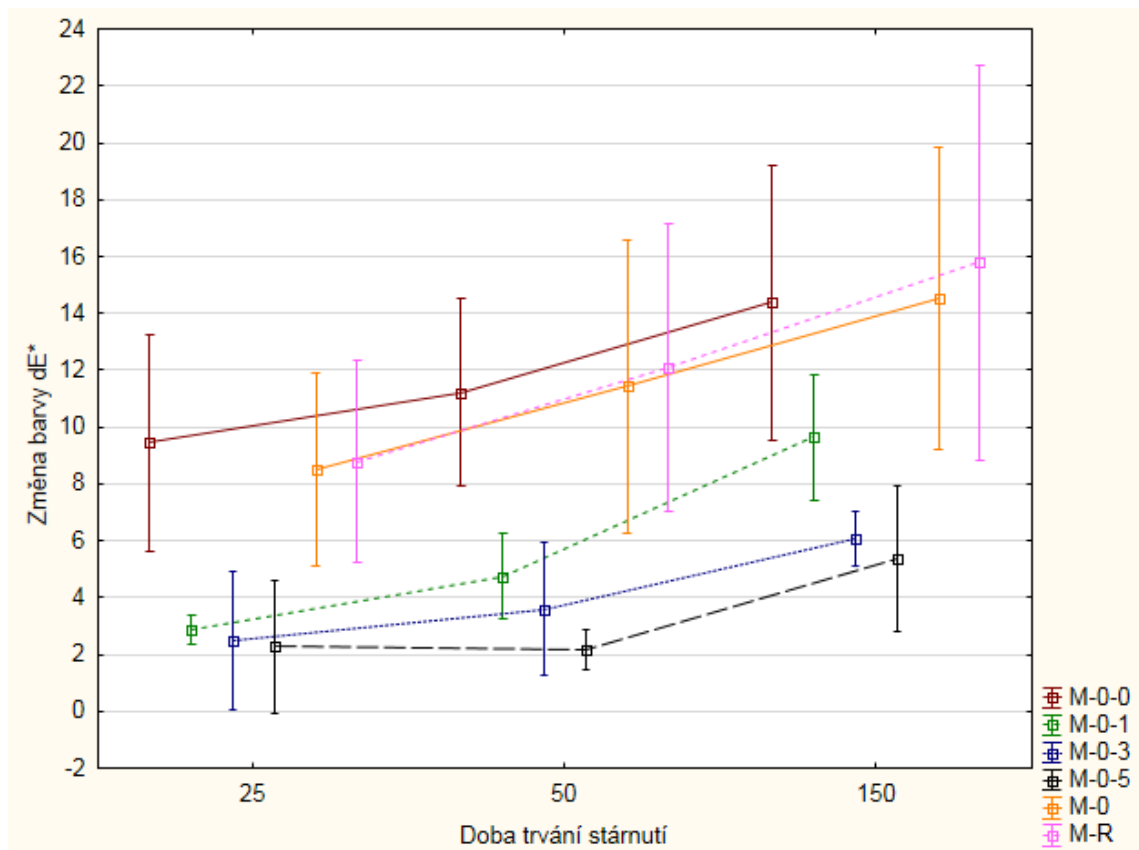
| č. vzorku | Průměry GU* ze 2 měření |         |         |          |
|-----------|-------------------------|---------|---------|----------|
|           | Natřené                 | po 25 h | po 50 h | po 150 h |
| M-0       | 2,90                    | 2,71    | 2,69    | 2,65     |
| M-0-0     | 18,06                   | 17,76   | 17,44   | 17,20    |
| M-0-1     | 14,45                   | 14,70   | 14,53   | 14,31    |
| M-0-3     | 14,75                   | 15,23   | 15,04   | 13,94    |
| M-0-5     | 16,18                   | 16,76   | 17,05   | 15,24    |
| M-1       | 3,13                    | 2,85    | 2,75    | 2,78     |
| M-1-0     | 18,70                   | 18,03   | 17,98   | 17,56    |
| M-1-1     | 15,15                   | 15,01   | 14,85   | 14,76    |
| M-1-3     | 16,49                   | 16,99   | 16,53   | 15,15    |
| M-1-5     | 16,66                   | 17,56   | 16,81   | 14,89    |
| M-2       | 3,38                    | 3,25    | 3,18    | 3,28     |
| M-2-0     | 16,00                   | 15,76   | 15,68   | 15,56    |
| M-2-1     | 14,80                   | 15,01   | 14,95   | 14,90    |
| M-2-3     | 14,43                   | 14,56   | 12,52   | 13,69    |
| M-2-5     | 12,71                   | 12,91   | 13,04   | 12,19    |
| M-R       | 3,30                    | 3,29    | 3,15    | 3,20     |

## 5.2.2 Barva

Na konci testování pomocí umělého stárnutí, které bylo po 150 h se prokázaly nátěry s přidáním UV stabilizátoru Tinuvin jako stabilnější a vykazovaly menší barevné změny od počátku měření oproti vzorkům, které byly nenatřené nebo jen akrylovým lakem bez stabilizátoru. Podle grafů č. 6-8, (str. č. 56-58)

Po všech třech měřeních (25 h, 50 h a 150 h) se změna barvy nejvíce prokazovala u vzorku M-1-0. Na rozdíl od vzorku natřeného s 5 % Tinuvinu, který vyznačoval nejnižší hodnotu  $\Delta E^*$ .

Hodnoty měření v průběhu stárnutí jsou doloženy v příloze č. 5, (str. č. 80). Z grafu č. 6 je patrné, že nejvyšší hodnotu  $\Delta E^*=15,78$  po 150 h vůči vzorkům bez bělení měl vzorek M-R. Na konci měření měl nejnižší hodnotu  $\Delta E^*=5,40$  vzorek M-0-5. Je vidět, jak podobně se měnila barva u vzorků bez UV stabilizátoru kromě M-0-0. Proti tomu se vzorky natřené Tinuvinem vykazují nízkým barevným rozdílem kromě vzorku M-0-1, který po 150 h odskočil a navýšil  $\Delta E^*$  vůči zbylým dvěma nátěrům.



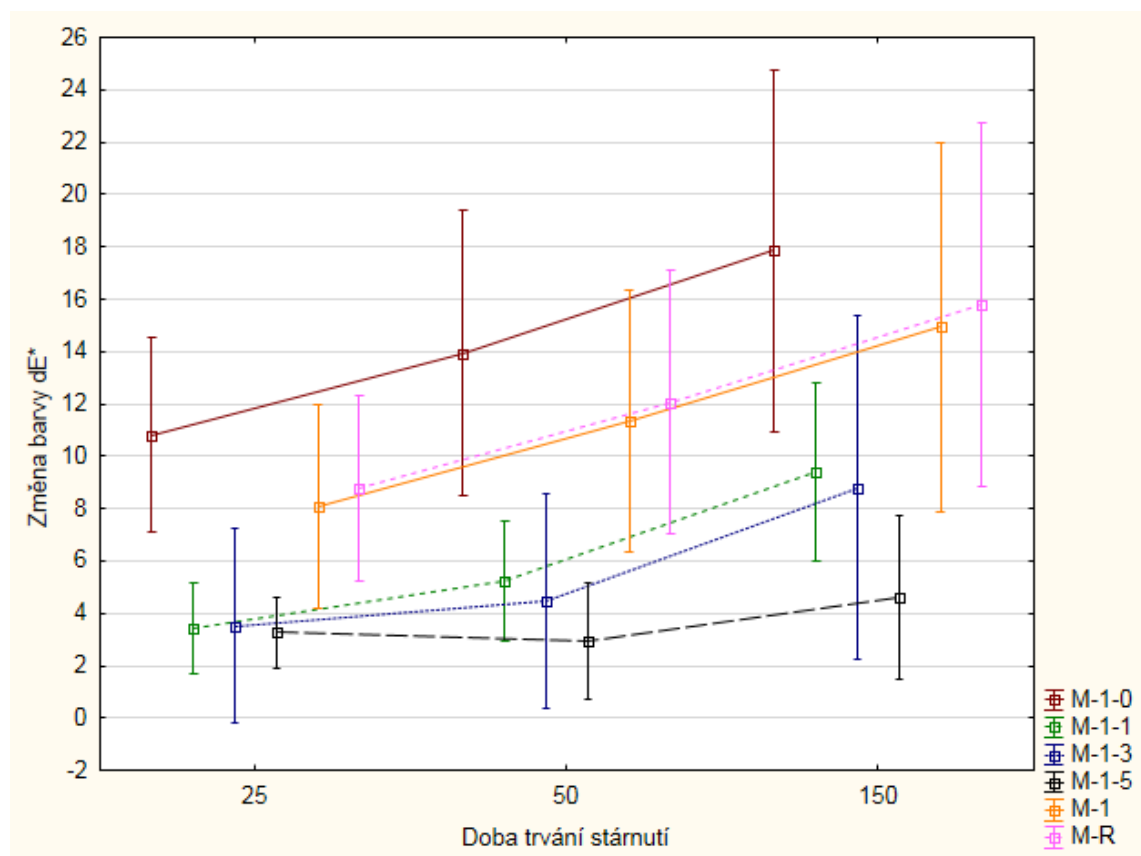
Graf 6 Celkový barevný rozdíl vzorků bez bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování



Podle grafu č. 7, (str. č. 57) lze zjistit, že tento graf znázorňuje podobnou tendenci změny barvy jako u předchozího grafu č. 6, (str. č. 56). Rozdílnými parametry jsou větší barevný rozdíl  $\Delta E^*=17,85$  na konci měření u vzorku M-1-0, který se projevuje jako nejvíce proměnlivým, co se týče změny barvy. U vzorků natřených s přísadkou Tinuvinu se nejlépe vyznačuje vzorek M-1-5, který má nejnižší hodnoty  $\Delta E^*=4,61$ . Je to také nejnižší barevný rozdíl po konci testování u všech vzorků. Oproti vzorkům bez bělení mají ty s 10% bělením natřené s 1 % a 3 % Tinuvinu větší barevný rozdíl.

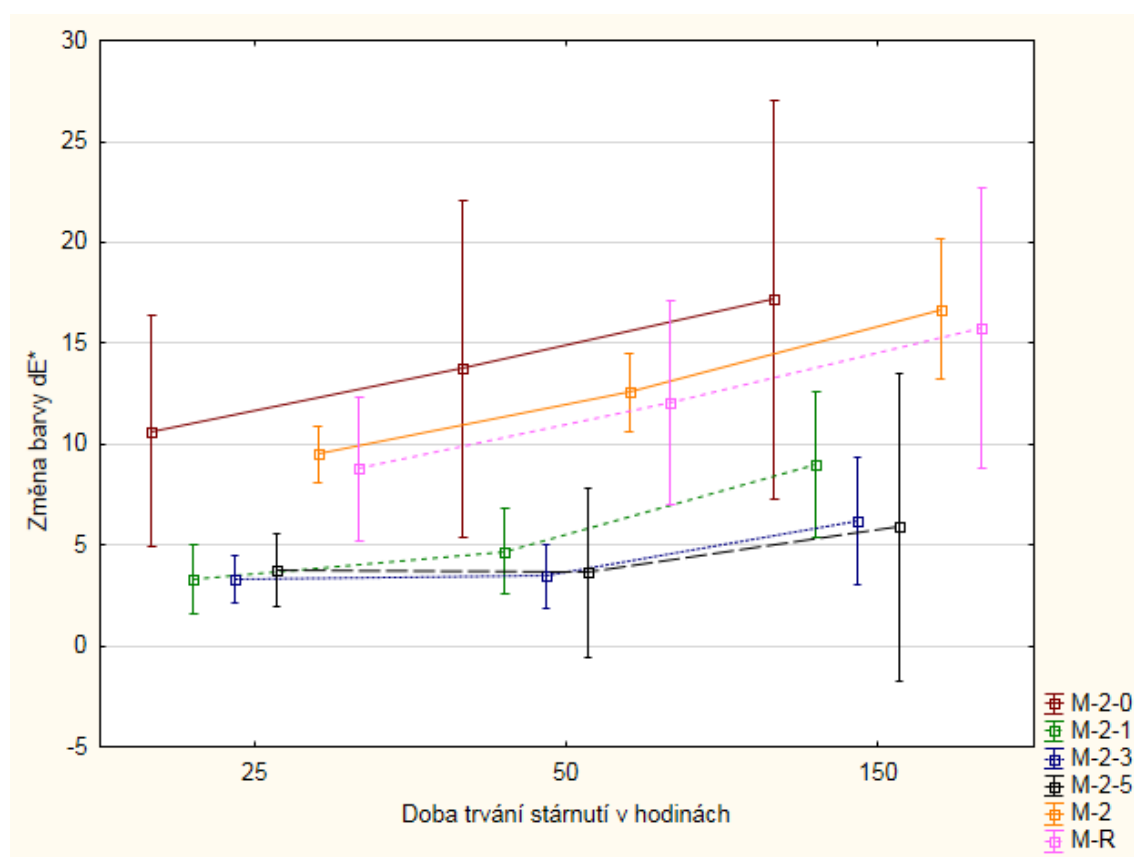
Vzorky M-1 a M-R mají velmi podobné změny barvy po celou dobu stárnutí při všech třech měřeních, jelikož si jsou nejvíce podobné i na povrchu.



Graf 7 Celkový barevný rozdíl vzorků s 20 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

Na grafu č. 8 je vidět podobně stejný vývoj změny barvy u vzorků, které nebyly natřené nebo natřené jen akrylovým lakem. Ovšem hodnota na vzorku M-2-0 je lehce vyšší než na ostatních vzorcích natřených bez přídavku Tinuvinu. Tento průběh je podobný jako u grafu č. 7, (str. č. 57). Je zde patrné, že při 30% bělení se vzorky opatřené přídavkem Tinuvinu chovají velmi podobně. Pomalá změna barvy na začátku testování a na konci umělého stárnutí malé zvýšení  $\Delta E^*$  kromě nátěru na vzorku M-2-1, který od 50 h do 150 h změnil barvu více oproti dvěma zbylým s UV stabilizátorem. Nejvyšší hodnoty nabyl vzorek M-2-0 a to  $\Delta E^*=17,19$ , nejnižší hodnoty pak vzorek M-2-5  $\Delta E^*=5,88$ .



Graf 8 Celkový barevný rozdíl vzorků s 30 % bělení v průběhu 150 h umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

Podle Tukey HSD testu (příloha č. 11-13, str. č. 86-88) se statistická významnost rozdílů pro nátěry během průběžných měření po 25 h a 50 h pro modřín ukázala jen mezi vzorky nenatřenými akrylovým lakem s UV stabilizátorem a těmi vzorky, které ho neměly. To znamená, že vzorky s Tinuvinem měly statisticky významné hodnoty oproti vzorkům, které byly ošetřeny pouze akrylovým lakem nebo vůbec žádným nátěrem.

Po 150 h se tato statistická významnost zmenšila, oproti předchozím dvěma měřením zde bylo výrazně méně statisticky významných hodnot mezi natřenými vzorky s Tinuvinem a bez něj. Je možné, že po více hodinách by tato významnost zcela zmizela.

### 5.3 Porovnání barevných rozdílů mezi dřevy

Při bližším zkoumání barevných změn na povrchu vzorků modřínu i buku je patrné, že u obou dřev probíhaly tyto změny víceméně podobně. U vzorků, které se natřely akrylovým lakem s přídavkem Tinuvinu byla zjištěna nízká hodnota změny barvy po celou dobu testování. U vzorků s nátěrem laku a přídavkem 1 % UV stabilizátoru se vyskytoval stejný projev změn jak u modřínu, tak i u buku. Kromě vzorku B-2-1, ten měl po celou dobu skoro stejné hodnoty  $\Delta E^*$ . U zbylých vzorků s tímto nátěrem u modřínu mezi 25 h a 50 h byla změna menší a po 150 h se zvýšila v průměru  $\Delta E^*=4,47$ . U buku bylo podobné chování  $\Delta E^*$  ale s tím rozdílem, že se  $\Delta E^*$  mezi 25 h a 50 h snížil a poté zvýšil v průměru  $\Delta E^*=3,34$ .

Vzorky natřené pouze akrylovým lakem nebo nenatřené se vyznačovaly u obou dřev vyššími hodnotami  $\Delta E^*$ . Největší barevnou změnu po 150 h  $\Delta E^*=15,51$  u buku měl vzorek B-1-1 zatímco u modřínu měl největší hodnotu  $\Delta E^*=17,85$  vzorek M-1-0. Na druhou stranu nejmenší hodnotu  $\Delta E^*=2,33$  měl u buku vzorek B-2-3 a u modřínu tomu bylo u vzorku M-1-5 a to  $\Delta E^*=4,61$ .

Celkově se barevné změny u buku pohybovaly v menších hodnotách než u modřínu. Buk reagoval na vybělení s následným nátěrem akrylovým lakem s přídavkem Tinuvinu mnohem lepší barevnou stabilitou než modřín. Co se týče Tukey HSD testu, tam se v obou případech dřev statisticky prokázala významnost pouze mezi vzorky, které byly natřené nátěrem s Tinuvinem a mezi těmi, které Tinuvin na svém povrchu neměly. Podle hodnot barvy  $\Delta L^*$  všechny vzorky modřínu v průběhu expozice ztmavly. Nejtmavších hodnot  $\Delta L^*=-11,85$  dosáhl vzorek M-1-0. Nejmenších zase vzorek M-0-5 a to  $\Delta L^*=-2,16$ . U buku některé vzorky zesvětlaly, a to nejvíce vzorek B-0-3  $\Delta L^*=4,58$ .

## 6 Diskuze

V této kapitole je posuzována barvostálost a lesk vzorků, hodnocení kvality a parametrů povrchového nátěru dřeva např. jeho pevnosti, tj. hodnocení destruktivními metodami, a to metodou síly odtrhu měřeno v Mpa, mřížkovou metodou a tužkovou metodou na natřeném dřevě po konci testu umělého stárnutí.

Dle testování byly více poškozené vzorky, které měly úpravu pouze nátěrem na bázi vody podobně jako při srovnání s prací Herrera, R. a kol. (2015), kteří testovali menší počet měření, ale závěry byly shodné. Jak ukázala jejich měření, vzorky natřené UV vytvrditelným nátěrem byly odolnější. Podle Bullet a Emre, (2008), nemá druh dřeva statisticky významnou hodnotu a významný účinek na tvrdost povrchu nátěru. Celkově výsledky studie rovněž prokázaly, že např. lak Nanolacke UV, který měl přídavek UV absorbéru, zajistil ty nejvyšší hodnoty tvrdosti nátěru oproti jiným polyuretanovým, celulózovým a syntetickým lakům z hlediska jejich povrchové tvrdosti. Yalinkilic, a kol. (1999), uvádí, že dřevo impregnované chemickou úpravou chrom-měď-bor nebylo významně ovlivněno po venkovní expozici, která trvala 9 měsíců. Což dokazuje, že i když venkovní prostředí působí na nátěry, dokážou si kvalitní laky udržet dlouhodobě stálou přilnavost ke dřevu. Uvádí také, že významnou roli pro kvalitu laku hraje i povrchová příprava dřeva před konečným nátěrem.

Z měření jednotlivých nátěrů v kapitole 5.1.3. vzešly celkové výsledky, které jsou podobné hodnotám, jako zaznamenal Herrera, a kol. (2015), a to okolo 1 MPa u ošetřených vzorků. Z měření hodnot vzorků buku, nejlepších hodnot, tj. nejvyšší hodnoty MPa při odtrhu dosahují po stárnutí vzorky B-1-5 (2,31 MPa) a B-1-1 (2,06 MPa). Hodnot od 1 do 2 Mpa mají prakticky všechny vzorky, které byly opatřeny nátěrem s Tinuvinem. Poněkud v rozporu se zkoumáním v této práci jsou výsledky studie Ozdemir a kol. (2015) kde je uváděna síla u dřeva broušeného papírem se zrnitostí 180 okolo 2 MPa, zatímco v této práci byla použita drsnost broušeného papíru 150.

Kromě pevnosti nátěru byla hodnocena i vizuální stránka vzorků, kde všechny hodnoty byly soustředěny pouze do parametrických výsledků, jak bylo již zmíněno v předchozí kapitole. Za první určení místa A – které značí porušení odtrhu samotného dřeva, jak např. potvrzuje i studie Taghiyari a Samadarpour (2015), kde vizuální pozorování ukázalo, že téměř ve všech případech došlo k poruše v poškozeném dřevěném substrátu, nikoli v povlaku nebo adhezivních vrstvách. Podobné výsledky byly zjištěny pro eukalypty a borové dřevo (De Moura a kol., 2013). Za druhé určení místa A/B – které

značí porušení odtrhu v místě mezi nátěrem a dřevem a je plně v souladu se závěry práce Šimůnková a kol. (2020), kde bylo selhání většinou pozorováno u dřevěného substrátu nebo na rozhraní dřevo / nátěr. Poslední třetí určení místa mezi nátěrem a panenkou není diskutováno, jakkoliv i v mých pokusech k tomuto došlo.

Výsledky barevných změn způsobené umělým stárnutím, získané v této práci se shodují např. s prací Mamoňová a Reinprecht (2014), ve které posuzovali nátěr Osmo UV Protection. Jejich i výsledky této práce také dokazují, že nátěry, ve kterých je UV stabilizátor jsou barevně stabilnější po testování pomocí umělého stárnutí. V práci Mamoňová a Reinprechta (2014) se sice testovalo v exteriéru, ale jelikož jejich vzorky byly natřené současně vodoodpudivým Aquastopem, jsou výsledky srovnatelné. Ve studii Oltean a kol. (2008) byly řešeny barevné změny také pomocí umělého stárnutí u neupravených dřev. Výsledky jsou vzájemně zcela srovnatelné, jelikož uvádějí po 120 h testování nejvyšší hodnoty  $\Delta E^*=16$  pro smrk. V této práci jsou nejvyšší hodnoty  $\Delta E^*=15,78$  u modřínu po 150 h testování.

Výsledky Goktas a kol. (2009) ukázaly, že vzorky dřeva ošetřené Mořenou barvířskou bez mořidla vedly k nejlepší celkové stálosti barev po zkoušce urychlení světlostálosti pod UV zářením. Potvrdilo se tak např., že ošetření proti zbarvení může snížit změnu barvy dřeva, pokud se sníží degradace ligninu v důsledku UV záření. Bylo pozorováno, že celkové barevné rozdíly neošetřené borovice lesní byly po všech dobách expozice pozoruhodně vyšší než ty bukové. To je ovšem v rozporu s touto prací, jelikož neošetřené vzorky buku i modřínu (který má velmi podobnou stavbu jako borovice) měly podobné barevné změny po celou dobu testování.

K opačnému výsledku došlo např. při bělení dřeva v práci Budakçı a Karamanoğlu (2014), kde se nejlepší výsledky, tj. vyšší barvostálost projevily na dřevě borovice, která se podobá modřínu a byla natřena manganistanem draselným, hydrogensířičitanem sodným a peroxidem vodíku. Naopak nejvyšší barevné změny dosáhlo bělení na dřevě kaštanu natřeným peroxidem vodíku a křemičitanem sodným. Co se týče hodnot  $\Delta L^*$   $\Delta a^*$   $\Delta b^*$ , ve výše uvedené studii jsou průměrné výsledky borovice pro  $\Delta a^*=4,342$  a v této práci je evidováno průměrné  $\Delta a^*=4,302$  mezi bělenými vzorky modřínu bez použití UV stabilizátoru. Průměry s Tinuvinem u bělených dřev jsou  $\Delta a^*=2,094$  což značí výrazně vyšší stupeň barvostálosti natřeného dřeva. Pro buk jsou tyto průměrné hodnoty barvostálosti také podobné. V práci Budakçı a Karamanoğlu (2014) uvádějí  $\Delta a^*=3,125$  a v této práci je výsledek  $\Delta a^*=2,865$ . Při použití Tinuvinu jsou hodnoty  $\Delta a^*=-1,893$  pro sledované spektrum dokonce záporné.

Účinné vlastnosti UV stabilizátorů proti vysoké změně barvy povrchu dřeva dokladuje i práce Rosu a kol. (2010) kde analýza barevných změn na lakovaném povrchu dřeva ošetřeného epoxidovaným sójovým olejem ukázala, že světlost  $\Delta L^*$  klesá, zatímco  $a^*$ ,  $b^*$  a  $\Delta E^*$  se zvyšuje s rostoucí dobou ozařování. V práci Fleišmanová (2009) se jako nejvýhodnější nátěr k zajištění barvostálosti prokázal polyuretanový lak na dřevotřískové desce pokryté bukovou dýhou s přídavkem 3 % UV stabilizátoru. Dále bylo prokázáno, že má na bukové dřevo přídavek 3 % UV stabilizátoru vliv ke zlepšení světlostálosti. Tím se prokazuje kvalita nátěrů, které mají UV stabilizátory, jako je tomu v celé této práci. S tímto tvrzením se dají srovnat i výsledky v práci Závada (2011), kde jsou nejlépe hodnoceny nátěry s přídavkem 3 % UV stabilizátoru.

Výsledky této práce byly také potvrzeny díky studii Nagarajappa a Pandey (2016). Uvádí, že na rozdíl od nemodifikovaného (neupraveného) dřeva vykazovalo upravené bělené dřevo lepší barvostálosti. FTIR analýza modifikovaného dřeva vystaveného UV světlu ukázala stabilizaci dřevních polymerů proti UV degradaci oproti neupravenému což jasně dokazuje lepší odolnost proti UV záření. Dřevo upravené pomocí isopropenylacetátu, který je používán jako stabilizátor, tak např. vykazovalo větší odolnost proti UV záření než dřevo, které nebylo nijak upraveno.

Ve studii Pánek a kol. (2018) se uvádí, že zhodnocení výsledků barevné stabilizace dubu je zvláště obtížné kvůli časté reakci a zbarvení povrchových vrstev po aplikaci UV stabilizátorů a nanočástic. Naproti tomu povrchová úprava modřínu byla u několika případů účinnější a také byl potvrzen synergický účinek při kombinaci látek. V této práci se rovněž ukázaly podobné výsledky, u buku byly barevné diference mezi vzorky mnohem lepší než u modřínu. Z toho vyplývá, že stabilizování barevných změn mezi těmito třemi dřevy lze nejlépe dosáhnout u buku, poté u modřínu a nejhůře u dubu.

Z uvedeného vyplývá, že u barvostálosti natřených dřev, za předpokladu, že budou umístěny tyto dřevěné předměty na denní světlo, je vhodné, aby byl jejich povrch ošetřen nátěrovým systémem, ve kterém je UV stabilizátor nebo jiný prostředek, který pohlcuje UV záření. Jeho vysoký podíl v nátěru sníží barevné změny, které by jinak nastaly po mnohem kratší době. Pokud se jedná o vybělené dřevo, ochrana jeho povrchu nátěrem s UV stabilizátorem je samozřejmě také potřebná. Díky tomu bude barvostálost dřeva o několik let prodloužena a nebude ani nutné povrch upravovat nátěry tak často.

## 7 Závěr

V této diplomové práci je zkoumán vliv urychleného umělého stárnutí na barvostálost povrchu běleného dřeva používaného v interiéru, a to modřínu a buku a kvalitu jeho povrchové úpravy. Jak u dřeva bez povrchové úpravy, dřeva dokončeného povrchovým nátěrem, tak u dřeva, které mělo povrch natřený nátěrovou hmotou s přídavkem UV stabilizátoru.

Na základě testování vzorků, které bylo provedeno v laboratořích Fakulty lesnické a dřevařské na České zemědělské univerzitě v Praze bylo zjištěno, že barevné změny vzorků přímo závisí na objemu přídavku UV stabilizátoru. Bělené dřevo bez povrchových úprav na konci testování přitom dosahovalo podobně vysokých hodnot jako nebělené dřevo. V závislosti na druhu dřeva bylo rovněž vyzorováno, že modřín vykazoval bez povrchových úprav vyšší barevné změny než u vzorků buku bez povrchových úprav. Vzorky, které byly natřeny akrylovým lakem bez přidání UV stabilizátoru, měly také podobné hodnoty celkové barevné změny jako vzorky bez povrchové úpravy, a to u obou dřev. Vliv povrchové úpravy akrylovým lakem na bělené dřevo tedy neměl žádný praktický význam k vylepšení barvostálosti povrchu vzorků. Pokud se jedná o úpravu vybělených vzorků pomocí laku s přídavkem UV stabilizátoru, bylo u nich pozorováno výrazné zlepšení celkové změny u obou dřev oproti ostatním vzorkům, které byly natřeny bez stabilizátoru.

Bukové dřevo mělo ve všech případech měření lepší výsledky než modřínové, ať už se jednalo o vzorky nebělené, bělené, natřené akrylovým lakem bez UV stabilizátoru, nebo i s ním. Nejlépe se vyznačovaly nátěry s 30% bělením a vyšším přídavkem stabilizátoru. U obou dřev se měřením dokázalo, že pokud byl povrchu dřeva natřen s přídavkem stabilizátoru, barevná změna se snížila. S každou vyšší koncentrací stabilizátoru se barvostálost zvyšovala. Lze tedy říct, že vyšší koncentrace bělidla spolu s vyšším přídavkem UV stabilizátoru mají přímý vliv na barvostálost povrchu dřev. Potvrdilo se to u obou druhů, které byly testovány. Stanovení nejmenší celkové barevné změny po provedení testování bylo vyhodnoceno pro bukový vzorek vybělený 30% roztokem bělidla peroxidu vodíku a s přídavkem 3 % UV stabilizátoru.

Měření lesku a následná vyhodnocení neukázala žádné významné ani statistické rozdíly. Od začátku testování umělým stárnutím až po jeho konec se lesk změnil jen o desetiny GU. Proto se jím dále práce nezabývá.

Pro testování přilnavosti nátěrového materiálu byly použity pouze vzorky buku, jelikož po ukončení testování umělým stárnutím vykazovaly lepší, tj. menší barevnou změnu než vzorky modřínu. Při měření destruktivních metod, za použití mřížkové metody, tužkové metody a metody odtrhu bylo zjištěno, že adheze nátěrového systému se u většiny vzorků bělených 20% bělidlem a natřených akrylovým lakem s 3 % přídavku UV stabilizátoru snížila, zatímco u ostatních vzorků se zvýšila. Zvýšení hodnot MPa u odtrhu lze přisuzovat postupnému vytvrzování nátěrové látky. Tyto metody testování však měly velmi variabilní výsledky, nedá se proto s jistotou vyhodnotit, který nátěrový systém měl nejlepší adhezi k povrchu. Pro lepší výsledky a vyhodnocení by bylo potřeba provést více měření na více vzorcích.

Pro použití dřeva do interiéru je potřeba znát jeho chování a změny, které se vyskytují při vystavení UV záření, pokud k němu dochází. Na rozdíl od dřeva vystaveného v exteriéru, kde na něj působí mnoho dalších činitelů, se dřevo v interiéru proti těmto exteriérovým činitelům nemusí ochraňovat. Stále však platí, že i proti UV záření je dobré povrch dřevěných předmětů vylepšit jeho natřením. Při používání běleného dřeva je důležité, aby se jeho povrch dále upravil nátěrem. Z výsledků této práce vyplývá, že je vhodné doporučit takový nátěr, který má přídavek UV stabilizátoru, jelikož díky němu se barva povrchu bude v průběhu let měnit velmi pomalu a nebude ztrácet svoji vizuální stránku oproti tomu povrchu, který by byl ošetřen pouze samotným nátěrem. Např. modřínové dřevo vykazovalo po vybělení nižší barvostálost, a to jak po testování, tak i po vizuální stránce. Vyplývá z toho, že pro modřín není použití bělidel v této práci vhodné. Na druhou stranu světlé dřevo jako je buk, má po bělení výrazně lepší vlastnosti a vzhled se díky tomu stává zajímavějším a jistě i také více příjemným. Proto by světlá dřeva měla být častěji a více bělená, aby vynikla jejich povrchová struktura a vzhled.



## Seznam literatury a použitých zdrojů

ASARI, M.; TAKATSUKI, H.; YAMAZAKI, M.; AZUMA, T.; TAKIGAMI, H.; SAKAI, S., (2004): Waste wood recycling as animal bedding and development of bio-monitoring tool using the CALUX assay. *Environment International*. 30(5) p. 639–649

AYADI, N.; LEJEUNE, F.; CHARRIER, F. et al. (2003) Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh-und Werkstoff* 61, 221-226. 10.1007/s007-003-0389-2.

BECHTOLD, T.; TURCANU, A.; GANGLBERGER, E.; GEISLER, S., (2003): Natural dyes in modern textile dyehouses how to combine experiences of two centuries to meet the demands of the future? *Journal of Cleaner Production*. 11. p. 499-509

BUDAKÇI, M. (2006): Effect of Outdoor Exposure and Bleaching on Surface Color and Chemical Structure of Scots Pine, *Progress in Organic Coatings*, 56, 46-52. 10.1016/j.porgcoat.2006.01.018

BUDAKÇI, M.; ATAR, M. (2001): Effects of Bleaching Process on Hardness and Glossiness of Pine Wood (*Pinus sylvestris* L.) Exposed to Outdoor Conditions, *Turkish Journal of Agriculture and forestry*, 25. 201-207

BUDAKÇI, M.; ÇINAR, H., (2004) Colour Effects of Stains on Wood with Knots, Cracks and Rots, *Progress in Organic Coatings*, Cilt 51, 2004. 1-5 1016/j.porgcoat.2004.04.001

BUDAKÇI M.; KARAMANOĞLU M., (2014) Effect of Bleaching on Hardness, Gloss and Color Change of Weathered Woods, *BioResources* 9(2) 2311-2327

BULLET, K.; EMRE, A., (2008), Comparison of Conventional Varnishes with Nanolack UV Varnish With Respect to Hardness and Adhesion Durability, *International Journal of Molecular Sciences*. 2008, 9, 476-48

ÇAKICIER, N., (1994) Ağaç Yüzeylerinde Kullanılan Verniklerin Su ile Eritilen Ağaç Boyalarının Renginde Yaptığı Değişiklikler, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1994. 34-40

D. ROSU, C.A.; TEACA, R.; BODIRLAU, L.; ROSU, (2010) FTIR and color change of the modified wood as a result of artificial light irradiation, *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 99(3), 144-149

DE MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; NOLASCO, A. M.; ULIANA, L. R., (2013): Evaluation of coating performance and color stability on thermally rectified Eucalyptus grandis and Pinus caribaea Var. Hondurensis woods. *Wood Research*, 58(2) 231-242

DELIKAN, A. B., (2001) Ağaç Boyaları ile Renklendirilmiş Ağaç Malzemedede Hızlandırılmış Solma Deneyleri, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2001. 1-5

FLEIŠMANOVÁ V., 2009, Odolnost povrchových úprav dřeva buk a ořešák vůči působení UV záření, *Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Lesnická a dřevařská, fakulta Ústav nábytku, designu a bydlení*. 48 s

GOKTAS, O.; OZEN, E.; BAYSAL, E.; MAMMADOV, R.; ALMA H. M.; SONMEZ, A., 2009: Color stability of wood treated with madder root (rubia tinctorium l.) Extract after lightfastness test, *Wood research* 54(1) 37-44

HOCKEN, J.; PIPPLIES, K.; SCHULTE, K. (2002) “The Advantageous Use of Ultra Fine Titanium Dioxide in Wood Coatings”, *Sachtleben Chemie GmbH*, Duisburg, Germany, 2002. 1-15

HON, D. N. S., (1981) Photochemical Degradation of Lignocellulosic Material, In: *Developments in Polymer Degradations*, N. Grassie, ed. *Appl. Sci. Publ.*, London, 1981.

HULINSKÝ a BITTMAN, Pavel. (2009). Učební text pro obor Truhlář 2. ročník. *Brno: Střední škola polytechnická*, 2009. ISBN 978-80-88058-38-0.

CHANG H.T.; CHANG S.T., (2001) Correlation between softwood discoloration induced by accelerated lightfastness testing and by indoor exposure, *Polym. Degrad. Stab.* 72 (2001) 361-365

CHANG T.C.; CHANG H.T.; WU C.L.; CHANG S.T., (2010) Influences of extractives on the photodegradation of wood, *Polym. Degrad. Stab.* 95 (2010) 516-521

KARAMANOĞLU, M. (2012): The Restoration of Some Wood Materials Exposed to Outdoor Conditions By Bleaching Process, *Master of Science Thesis*, Duzce University. Turkey

LIONETTO, F.; Sole, R.D.; CANNOLETTA, D.; VASAPOLLO, G.; MAFFEZZOLI, A., (2012): Monitoring wood degradation during weathering by cellulose crystallinity, *Materials*, 5 1910-1922

LIPTÁKOVÁ E.; SEDLIČIK M., (1989). Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle. *Bratislava: Alfa*, 1989. str. 405. ISBN 80-50-00116-9.

MAMOŇOVÁ M.; REINPRECHT L., (2014) Spectrophotometric Analysis of the Accelerated Aged Wood Treated with Transparent Coatings for Exterior Constructions, *Proceedings of the 57th International Convention of Society of Wood Science and Technology* June 23-27, 2014 - Zvolen, SLOVAKIA

MASUDA M., (2001) Why human loves wood grain figure? Extraction of vision-physical characteristics deeply related to impression, *ICWSF Conference (5–7 September)* Ljubljana, 2001, pp. 11–23

PÁNEK M.; OBERHOFNEROVÁ E.; HÝSEK Š.; ŠEDIVKA P.; ZEIDLER A., (2018) Colour Stabilization of Oak, Spruce, Larch and Douglas Fir Heartwood Treated with Mixtures of Nanoparticle Dispersions and UV-Stabilizers after Exposure to UV and VIS-Radiation, *Materials* 2018, 11, 1653 p.19

MITSUI, K., (2004) “Changes in the Properties of the Light–Irradiated Wood with Heat Treatment”, *Holz als Roh–und Werkstoff*, Cilt 62, No 1, 2004 601-605

MITSUI K.; TSUCHIKAWA S., (2005) Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood, *J. Photochem. Photobiol. B: Biol.* 81 (2005) 84-88

MULLER, U.; RATZSCH, M.; SCHWANNINGER, M.; STEINER, M. and ZOBL, H. (2003). Yellowing and IR-changes of spruce wood as results of UV – irradiation. *International Journal of photochemistry Photobiology B, Biology*, 69: p. 97-105

NAGARAJAPPA G. B.; PANDEY K. K., 2016, (2016) UV resistance and dimensional stability of wood modified with isopropenyl acetate, *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* 155 (2016) p. 20–27

NZOKOU, P.; KAMDEM, D.P.; TEMIZ, A. (2011): Effect of accelerated weathering on discoloration and roughness of finished ash wood surfaces in comparison with red oak and hard maple, *Progress in Organic Coating*, 71, p. 350-354

OLTEAN, L.; TEISCHINGER, A.; HANSMANN, Ch., (2008), Wood surface discolouration due to simulated indoor sunlight exposure, *Holz Roh Werkst* (2008) 66, p. 51-56

PANDEY, K.K., A (2005) Note on the influence of extractives on the photo-discoloration and photo-degradation of wood, *Polym. Degrad. Stab.* 87 (2005) 375-379

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

PERSZE, L.; TOLVAJ, L., (2012): Photodegradation of wood at elevated temperature: color change, *Journal of photochemistry and photobiology*, 108, 44-47

SALTHAMMER, T.; BEDNAREK, M.; FUHRMANN, F.; FUNAKI, R.; TANABE, S.I., (2002): Formation of organic indoor air pollutants by UV-curing chemistry. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 15 p. 1-9

SALTHAMMER, T.; SCHWARZ, A.; FUHRMANN, F., (1998): Emission of reactive compounds and secondary products from wood-based furniture coatings. *Atmospheric Environment* 33, p. 75-84

SÖNMEZ, A. (2005): *Finishing on Woodworking I, Preparation and Coloring*, Faculty of Technical Education, Gazi University. *Cem Web Publishing*, Ankara.

SÖNMEZ, A., (1997) "Color Changing Effects of Varnishes on Wood Surfaces", 11th *World Forestry Congress*, Antalya, 36, October, 1997. p. 13-22

ŠIMŮNKOVÁ K.; HÝSEK Š.; OBERHOFNEROVÁ E.; PÁNEK M.; FIDAN H., (2020), Effect of artificial weathering and temperature cycling on the adhesion strength of waterborne acrylate coating systems used for wooden windows, *Journal of Green Building*, vol. 15 num. 1, 14 p

TAGHIYARI R. H.; SAMADARPOUR A., (2015) Effects of Nanosilver Impregnation and Heat Treatment on Coating Pulloff Adhesion Strength on Solid Wood, *DRVNA INDUSTRIJA* 66 (4), 2015 p. 321-327

TOLVAJ L.; MOLNAR Z.; NEMETH R., (2013) Photodegradation of wood at elevated temperature: Infrared spectroscopic study, *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology* 121, p. 32-36

TOLVAJ, L. B.; FAIX O., (1995) Artificial Ageing of Wood Monitored by DRIFT Spectroscopy and CIE L\*a\*b\* Color Measurements. I. Effect of UV Light, *Holzforschung* 49 (1995) 397-404

TOMAK, E.; USTAÖMER, D.; YILDIZ S.; PESMAN, E., (2014): Changes in Surface and Mechanical Properties of Heat Treated Wood During Natural Weathering, *Measurement*, 53, p. 30-39

OZDEMIR T.; HIZIROGLU S.; KOCAPINAR M.; (2015) Adhesion Strength of Cellulosic Varnish Coated Wood Species as Function of Their Surface Roughness, Hindawi Publishing Corporation, *Advances in Materials Science and Engineering*, Volume 2015, Article ID 525496, 5 pages

WANG, X., REN, H, (2008): Comparative Study of the Photo-Discoloration of Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) and Two Wood Species, *Applied surface science*, 254 7029-7034.

WEGNER H.W.; KICLIGHTER E.C., (1986) Modern woodworking, in: Finisher and Finishing. *Bleaching and Disassembly*, 1986, Goodheart-Wilcox Publisher; Edición: Revised edition, pp 1600 ISBN-10: 0870065777

YALINKILIC, M.K.; ILHAN, R; IMAMURA, Y.; TAKAHASHI, M.; DEMIRCI, Z.; CIHANGIR, Y.; PEKER, H. (1999) Weathering durability of CCB-impregnated wood for clear varnish coatings. *Journal of wood science*, vol. 45, no. 6

YAZICI, H., (2005) The effects of weathering on wood strength, ZKU Bartn *Journal of Forestry Faculty*, 7(8) 502-514

ZÁVADA V. Ing., 2011 Vliv UV stabilizátorů v nátěrovém systému na vlastnosti povrchové úpravy dřeva. *Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně Lesnická a dřevařská, fakulta Ústav nábytku, designu a bydlení*, 169 s

## Internetové zdroje

10. Interiér z dubu vytvoří díky OSMO opravdový zážitek | *OSMO - ochrana dřeva a přírodní nátěry na dřevo*. OSO COLOR | OSO - ochrana dřeva a přírodní nátěry na dřevo [online]. Dostupné z: <https://www.osmo.cz/osmo-reference/vnitri-ni-pouziti/10-interier-z-dubu-vytvori-diky-osmo-opravdovy-zazitek>

17 Common Causes of Contract Furniture Damage. [online]. [cit. 27.02.2020]. *The contact chair* Dostupné z: <https://info.thecontractchair.co.uk/blog/17-causes-contract-furniture-damage>

aapkapainter.com. 2017. aapkapainter.com. aapkapainter.com. [Online] 7. 3 2017. [Citace: 3. 2 2020.] *Aapkapainter* Dostupné z: <https://aapkapainter.com/blog/different-wood-finishes/>.

American Express. Forbidden [online]. Copyright © 2020, [cit. 16.02.2020]. *coconix.com* Dostupné z: <https://coconix.com/blogs/leather-vinyl-repair-kit-floor-furniture-repair-kit/types-of-wood-furniture-damage-and-their-causes>

Block-board, Wood, Wood Panel, Floorboard, Old, Cracked, Laminated,.. Stock Photo, Picture And Royalty Free Image. Image 51032762.. Stock Photos, *Vectors and Royalty Free Images from 123RF* [online]. Copyright © 06 [cit. 04.06.2020]. Dostupné z: [https://www.123rf.com/photo\\_51032762\\_block-board-wood-wood-panel-floorboard-old-cracked-laminated-glued-splines-scratched-peeled-off-dama.html](https://www.123rf.com/photo_51032762_block-board-wood-wood-panel-floorboard-old-cracked-laminated-glued-splines-scratched-peeled-off-dama.html)

Buk lesní - Charakteristiky dřevin - Dřevo centrum. *Dřevo centrum* [online]. [cit. 04.06.2020] Dostupné z: <http://drevo.celyden.cz/charakteristiky-drevin/buk-lesni/index.html>

DPMcare.com. *Commercial Carpet, Floor & Upholstery Care | DPM Care DPM Care* [online]. [cit. 27.05.2020] Dostupné z: <https://dpmcare.com/how-to-protect-hard-surfaces-from-furniture-damage/#.Xs6xykQzZQJ>

Dřevěný nábytek v ohrožení. Víte, jak z něj vyčistit skvrny od vína, kávy nebo cigaret? | *Prima Living*. *Prima Living | Prima Living* [online]. Dostupné z: <https://living.iprima.cz/obyvaci-pokoj/dreveny-nabytek-v-ohrozeni-vite-jak-z-nej-vycistit-skvrny-od-vina-kavy-nebo-cigaret>

Dřevo v interiéru - bydleme.stylove.cz. Inspirace - bydleme.stylove.cz [online]. Copyright © 2017, [cit. 14.02.2020]. *Bydleme stylově* Dostupné z: <https://www.bydleme.stylove.cz/inspirace/244-drevo-v-interieru/>

Dřevo v interiéru – zkrášlí a zateplí | Living.cz. Living.cz | Vše o bydlení, nábytku a rekonstrukcích [online]. *Living* Dostupné z: <https://www.living.cz/drevo-v-interieru-zkrasli-a-zatepli/>

Features – KONICA MINOLTA Europe. [online]. Copyright © 2020 *Konica Minolta Sensing Europe B.V.* [cit.02.04.2020]. Dostupné z: <https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/spectrophotometers-portable/cm-700d-cm-600d/features.html>

Fotogalerie: Truhlářské řezivo | Dřevařské centrum. *Dřevařské centrum s.r.o.* [online]. Copyright © 2020 Dřevařské centrum s.r.o. [cit. 15.06.2020]. Dostupné z: <https://www.fajndrevo.cz/...vo/>

Furniture Damage And Repair | *Furniture World Magazine. Furniture World Magazine Digital Edition* [online]. Copyright © 2006 [cit. 14.04.2020]. Dostupné z: <https://www.furninfo.com/furniture-world-archives/3352>

furnituresmodern.com. 2019. *furnituresmodern how-to-oil-furniture* [Online] 5. 9 2019. [cit. 14.05.2020] Dostupné z: <https://furnituresmodern.com/how-to-oil-furniture/>.

How Do I Prevent Furniture Damage While Moving? | *Wheaton. Affordable Household & Commercial Moving Services* | Wheaton World Wide Moving [online]. Copyright © Copyright 2020 [cit. 14.04.2020]. Dostupné z: <https://www.wheatonworldwide.com/2019/10/29/preventing-furniture-damage-while-moving/>

How to Protect Your Wooden Furniture from Sun Damage [online]. Copyright © *Eat Sleep Live Ltd* 2020 [cit. 27.04.2020]. Dostupné z: <https://www.eatsleeplive.co.uk/blogs/features/how-to-protect-your-wooden-furniture-from-sun-damage>

hunker.com. types-of-wood-finishes. *Hunker* [Online] [cit. 17.05.2020] Dostupné z: <https://www.hunker.com/12212518/types-of-wood-finishes>.

Instruments, KSJ Photoelectrical. 2017. *KSJ Instruments*. [Online] 2017 [Citace: 31. 3. 2020] [http://en.ksj.cn/news\\_detail/newsId=1.html](http://en.ksj.cn/news_detail/newsId=1.html).

Lesy ČR. [online] Copyright ©2020 Lesy ČR [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://lesycr.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/buk/>

Lesy ČR. [online] Copyright ©2020 Lesy ČR [cit. 05.06.2020]. Dostupné z: <https://lesycr.cz/drevo/charakteristika-dreva-jednotlivych-drevin/modrin/>

Living.cz. 2010. *Living.cz. Living.* [Online] [Citace: 31. 3. 2020] 13. 12 2010. <https://www.living.cz/drevo-v-interieru-zkrasli-a-zatepli/>.

Mezistromy.cz. 2017. Dřevo v interiéru | *MeziStromy.cz. Lesnicko-dřevařský vzdělávací portál* [online]. Copyright © 2020. [cit. 14.02.2020]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/vyuziti-dreva-ve-stavebnictvi/drevo-v-interieru/odborny>.

Modřínové fošny - fošny z modřínu - fošny modřín. *Kruhové dřevostavby na klíč, soběstačné kruhové domy na klíč* [online]. Copyright © 2019 [cit. 15. 06. 2020]. Dostupné z: <http://www.drevo-a-stavby.cz/...in/>

Modřín opadavý - Charakteristiky dřevin - Dřevo centrum. *Dřevo centrum* [online]. [cit. 04.06.2020] Dostupné z: <http://drevo.celyden.cz/charakteristiky-drevin/modrin-opadavy/index.html>

Odrthoměr Comtest OP1 S. [online]. *Proinex* Copyright © 2017 [cit. 27.04.2020]. Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/245-odtrhomer-comtest-op1-s.html>

Panák, Ing. Ondřej. 2007. *Měření barevnosti* [online]. Copyright © [cit.13.05.2020]. Dostupné z: [https://www.upce.cz/sites/default/binary\\_www\\_old/fcht/kpf/studenti-kpf/merenibarevnosti.pdf](https://www.upce.cz/sites/default/binary_www_old/fcht/kpf/studenti-kpf/merenibarevnosti.pdf)

Scandinavian white wood finish - How to get the look.. *Floor Sanding Experts / The Ultimate Floor Sanding Company* [online]. Copyright © Ultimate Floor Sanding 2017. All rights reserved. [cit. 16.02.2020]. Dostupné z: <https://www.ultimatefloorsanding.co.uk/floor-sanding-tips/scandinavian-white-wood/>

Spektrofotometr Konica Minolta CM-700d — *INFOCUBE s.r.o.* [online]. Copyright © 2019 infocube s.r.o.. All rights reserved. [cit. 04.06.2020]. Dostupné z: <https://infocube.cz/cs/spektrofotometr-konica-minolta-cm-700d/>

Stavba dřeva – Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích. [online]. *Mendelu* [cit. 05.06.2020] Dostupné z: [http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba\\_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=bk](http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=bk)



Stavba dřeva – Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích. [online]. *Mendelu* [cit. 05.06.2020] Dostupné z: [http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba\\_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=md](http://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=md)

testequip.com.au. testequip. gloss meter. [Online] *Testequip* [cit. 05.06.2020] Dostupné z: <https://www.testequip.com.au/gloss-meter/153-single-angle-gloss-meter-ksj-mg6-f1.html>.

Tužkový test tvrdosti nátěru (Wolff-Wilborn test). [online]. Copyright © 2017 [cit. 27.04.2020]. *Proinex.cz* Dostupné z: <https://www.proinex.cz/cs/44-tuzkovy-test-tvrdosti-nateru-wolff-wilborn-test.html>

Wood Finishes Part 1 - Revealing (Identifying) Your Surface. *I Restore Stuff - Breathe life into old furniture* [online]. [Citace: 31. 5. 2020] Dostupné z: <https://irestorestuff.com/wood-finishes-part-1-revealing-your-surface/>

woodworkingtrade.com. polycrylic-vs-polyurethane-finish. *woodworkingtrade*. [Online] [cit.21.04.2020] *Woodworking trade.com* Dostupné z: <https://www.woodworkingtrade.com/polycrylic-vs-polyurethane-finish/>

## Seznam použitých norem

ČSN EN ISO 11664-4 - *Kolorimetrie – Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976  $L^*a^*b^*$* . Praha: Technické normy, 2011. 24 s.

ČSN EN ISO 2813 67 3066 *Nátěrové hmoty – Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20°, 60° a 85°*. Praha: SVÚOM s. r. o., 2016. 24 s.

ČSN EN ISO 15187 *Nábytek – Hodnocení účinku vystavení světlu*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 28 s.

ČSN EN ISO 16474-2 *Nátěrové hmoty – Metoda vystavení laboratorním zdrojům světla – Část 2: Xenonové lampy*. Praha: SVÚOM s. r. o., 2013. 21 s.

ČSN EN ISO 4624 (673077) *Nátěrové hmoty – Odtrhová zkouška přilnavosti*. Praha: SVÚOM s. r. o., 2016. 20 s.

ČSN EN ISO 2409 (673085) *Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška*. Praha: SVÚOM s.r.o. 2013. 20 s.

ČSN EN ISO 15184 (673075) *Nátěrové hmoty – Stanovení tvrdosti nátěru zkouškou tužkami*. Praha: SVÚOM s. r. o., 2013. 12 s.

## **Seznam příloh**

### **Příloha č. 1**

Mřížková zkouška – stupně poškození bez a po stárnutí

### **Příloha č. 2**

Zkouška tužkami – tvrdosti tužek bez a po stárnutí

### **Příloha č. 3**

Odtrhová zkouška – MPa před a po stárnutí s vizuálním posouzením odtrhu

### **Příloha č. 4**

Průměry změny barvy buku po dobu umělého stárnutí

### **Příloha č. 5**

Průměry změny barvy modřínu po dobu umělého stárnutí

### **Příloha č. 6**

Tukeyův HSD test pro lesk modřínu – 150 h

### **Příloha č. 7**

Tukeyův HSD test pro lesk buku – 150 h

### **Příloha č. 8**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 25 h

### **Příloha č. 9**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 50 h

### **Příloha č. 10**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 150 h

### **Příloha č. 11**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřínu – 25 h

### **Příloha č. 12**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřínu – 50 h

### **Příloha č. 13**

Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřínu – 150 h

## Přílohy

Příloha 1 Mřížková zkouška – stupně poškození bez a po stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

| <b>Vzorky</b> | <b>Stupeň poškození bez stárnutí</b> | <b>Stupeň poškození po stárnutí (150 h)</b> |
|---------------|--------------------------------------|---|
| <b>B-0-0</b>  | 0,5                                  | 0,5   |
| <b>B-0-1</b>  | 0,5                                  | 0   |
| <b>B-0</b>    | 0                                    | 1   |
| <b>B-0-3</b>  | 1,5                                  | 0,5   |
| <b>B-0-5</b>  | 0                                    | 0,5   |
| <b>B-1-0</b>  | 0                                    | 1   |
| <b>B-1-1</b>  | 0                                    | 0,5   |
| <b>B-1-3</b>  | 0,5                                  | 1,5   |
| <b>B-1</b>    | 1,5                                  | 0   |
| <b>B-1-5</b>  | 0,5                                  | 0   |
| <b>B-2-0</b>  | 0,5                                  | 1   |
| <b>B-2-1</b>  | 0,5                                  | 0   |
| <b>B-2</b>    | 0                                    | 1,5   |
| <b>B-2-3</b>  | 2                                    | 0   |
| <b>B-2-5</b>  | 0                                    | 0   |
| <b>B-R</b>    | 1,5                                  | 1,5   |

Příloha 2 Zkouška tužkami – tvrdosti tužek bez a po stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

| <b>Vzorek</b> | <b>Číslo tužky</b>  |                            |
|---------------|---------------------|----------------------------|
|               | <b>bez stárnutí</b> | <b>po stárnutí (150 h)</b> |
| <b>B-0-0</b>  | 3,0                 | 3,0                        |
| <b>B-0-1</b>  | 5,0                 | 5,5                        |
| <b>B-0</b>    | 2,0                 | 2,5                        |
| <b>B-0-3</b>  | 5,5                 | 5,0                        |
| <b>B-0-5</b>  | 5,0                 | 5,5                        |
| <b>B-1-0</b>  | 3,5                 | 3,0                        |
| <b>B-1-1</b>  | 5,5                 | 6,0                        |
| <b>B-1</b>    | 4,0                 | 4,5                        |
| <b>B-1-3</b>  | 6,0                 | 5,5                        |
| <b>B-1-5</b>  | 6,5                 | 7,0                        |
| <b>B-2-0</b>  | 2,5                 | 3,0                        |
| <b>B-2-1</b>  | 5,0                 | 6,0                        |
| <b>B-2</b>    | 3,5                 | 4,0                        |
| <b>B-2-3</b>  | 6,0                 | 6,5                        |
| <b>B-2-5</b>  | 6,5                 | 7,0                        |
| <b>B-R</b>    | 2,5                 | 2,0                        |

Příloha 3 Odrhová zkouška – MPa před a po stárnutí s vizuálním posouzením odtrhu

Zdroj: Vlastní zpracování

| Vzorek po stárnutí | MPa  | Průměr Mpa | Vizuální posouzení | Vzorek bez stárnutí | MPa  | Průměr Mpa | Vizuální posouzení |
|--------------------|------|------------|--------------------|---------------------|------|------------|--------------------|
| <b>B-0-0</b>       | 1,24 | 1,18       | A                  | <b>B-0-0</b>        | 2,13 | 1,80       | A/B                |
|                    | 1,12 |            | A/B                |                     | 1,47 |            | A/B                |
| <b>B-0-1</b>       | 2,11 | 1,93       | A/B                | <b>B-0-1</b>        | 1,03 | 0,95       | A/B                |
|                    | 1,75 |            | A/B                |                     | 0,87 |            | A/B                |
| <b>B-0</b>         | 0,58 | 0,35       | A                  | <b>B-0</b>          | 0,29 | 0,73       | Y/Z                |
|                    | 0,11 |            | Y/Z                |                     | 1,17 |            | A                  |
| <b>B-0-3</b>       | 1,09 | 1,30       | A/B                | <b>B-0-3</b>        | 0,86 | 1,30       | A/B                |
|                    | 1,51 |            | A                  |                     | 1,73 |            | A/B                |
| <b>B-0-5</b>       | 1,35 | 1,57       | A/B                | <b>B-0-5</b>        | 1,34 | 1,13       | A                  |
|                    | 1,79 |            | A                  |                     | 0,91 |            | A                  |
| <b>B-1-0</b>       | 1,29 | 0,96       | A/B                | <b>B-1-0</b>        | 1,48 | 1,33       | A/B                |
|                    | 0,63 |            | A/B                |                     | 1,18 |            | A/B                |
| <b>B-1-1</b>       | 2,11 | 2,06       | A                  | <b>B-1-1</b>        | 1,96 | 1,29       | A/B                |
|                    | 2,01 |            | A/B                |                     | 0,62 |            | A/B                |
| <b>B-1</b>         | 0,89 | 0,74       | A                  | <b>B-1</b>          | 1,86 | 1,81       | A                  |
|                    | 0,59 |            | A                  |                     | 1,76 |            | A                  |
| <b>B-1-3</b>       | 1,44 | 1,12       | A                  | <b>B-1-3</b>        | 1,8  | 1,64       | A                  |
|                    | 0,79 |            | A                  |                     | 1,47 |            | A                  |
| <b>B-1-5</b>       | 2,25 | 2,31       | A/B                | <b>B-1-5</b>        | 0,29 | 1,01       | A/B                |
|                    | 2,36 |            | A/B                |                     | 1,72 |            | A/B                |
| <b>B-2-0</b>       | 0,48 | 0,50       | A/B                | <b>B-2-0</b>        | 0,98 | 1,21       | A/B                |
|                    | 0,52 |            | A/B                |                     | 1,43 |            | A                  |
| <b>B-2-1</b>       | 1,22 | 1,37       | A/B                | <b>B-2-1</b>        | 0,58 | 0,93       | A/B                |
|                    | 1,52 |            | A/B                |                     | 1,27 |            | A/B                |
| <b>B-2</b>         | 0,62 | 1,17       | A                  | <b>B-2</b>          | 0,97 | 1,22       | A                  |
|                    | 1,71 |            | A                  |                     | 1,47 |            | A                  |
| <b>B-2-3</b>       | 1,48 | 1,64       | Y/Z                | <b>B-2-3</b>        | 1,09 | 1,07       | A                  |
|                    | 1,79 |            | A/B                |                     | 1,05 |            | A                  |
| <b>B-2-5</b>       | 1,05 | 1,36       | A/B                | <b>B-2-5</b>        | 1,81 | 1,97       | A                  |
|                    | 1,66 |            | A                  |                     | 2,13 |            | A/B                |
| <b>B-R</b>         | 1,28 | 1,46       | A                  | <b>B-R</b>          | 1,21 | 0,75       | A                  |
|                    | 1,63 |            | A                  |                     | 0,29 |            | Y/Z                |

## Příloha 4 Průměry změny barvy buku po dobu umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

| Vzorek       | 25 h         |              |              |              | 50 h         |              |              |              | 150 h        |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ |
| <b>B-0-0</b> | -4,02        | 0,31         | 6,85         | 8,07         | -4,75        | 1,09         | 9,88         | 11,17        | -4,15        | 2,17         | 12,05        | 13,14        |
|              | <i>1,41</i>  | <i>0,75</i>  | <i>1,03</i>  | <i>1,29</i>  | <i>1,96</i>  | <i>0,87</i>  | <i>1,27</i>  | <i>1,66</i>  | <i>2,28</i>  | <i>1,12</i>  | <i>1,72</i>  | <i>1,97</i>  |
| <b>B-1-0</b> | -5,70        | 1,08         | 7,72         | 9,72         | -6,79        | 1,96         | 10,87        | 13,04        | -6,99        | 3,29         | 13,11        | 15,31        |
|              | <i>1,47</i>  | <i>0,76</i>  | <i>1,13</i>  | <i>1,69</i>  | <i>1,73</i>  | <i>0,85</i>  | <i>1,14</i>  | <i>1,80</i>  | <i>2,24</i>  | <i>1,18</i>  | <i>1,43</i>  | <i>2,32</i>  |
| <b>B-2-0</b> | -6,21        | 1,41         | 7,35         | 9,74         | -7,78        | 2,30         | 9,81         | 12,75        | -8,00        | 3,33         | 11,04        | 14,06        |
|              | <i>0,90</i>  | <i>0,42</i>  | <i>0,54</i>  | <i>0,94</i>  | <i>1,01</i>  | <i>0,32</i>  | <i>0,64</i>  | <i>1,03</i>  | <i>0,90</i>  | <i>0,41</i>  | <i>0,82</i>  | <i>0,89</i>  |
| <b>B-0-1</b> | -0,85        | -0,64        | -0,34        | 2,76         | 0,16         | -1,37        | 0,50         | 2,23         | 2,03         | -1,39        | 5,18         | 6,38         |
|              | <i>1,97</i>  | <i>1,94</i>  | <i>2,61</i>  | <i>2,84</i>  | <i>1,56</i>  | <i>0,56</i>  | <i>0,57</i>  | <i>0,50</i>  | <i>2,35</i>  | <i>0,77</i>  | <i>1,44</i>  | <i>0,60</i>  |
| <b>B-0-3</b> | 0,16         | -1,67        | -2,47        | 3,49         | 1,56         | -2,19        | -2,16        | 3,71         | 4,58         | -2,91        | -0,04        | 5,50         |
|              | <i>1,65</i>  | <i>0,52</i>  | <i>0,79</i>  | <i>0,62</i>  | <i>1,23</i>  | <i>0,51</i>  | <i>0,53</i>  | <i>0,48</i>  | <i>2,07</i>  | <i>0,87</i>  | <i>0,69</i>  | <i>2,15</i>  |
| <b>B-0-5</b> | -0,30        | -1,42        | -2,73        | 3,39         | 0,70         | -1,90        | -2,05        | 3,34         | 4,27         | -2,95        | -0,57        | 5,30         |
|              | <i>1,20</i>  | <i>0,65</i>  | <i>0,40</i>  | <i>0,29</i>  | <i>1,58</i>  | <i>0,77</i>  | <i>0,51</i>  | <i>0,72</i>  | <i>2,03</i>  | <i>0,84</i>  | <i>0,47</i>  | <i>2,06</i>  |
| <b>B-1-1</b> | -1,96        | -0,77        | -1,47        | 2,80         | -1,89        | -0,99        | -0,04        | 2,52         | -1,38        | -0,73        | 4,55         | 5,04         |
|              | <i>1,21</i>  | <i>0,47</i>  | <i>0,67</i>  | <i>0,93</i>  | <i>1,05</i>  | <i>0,45</i>  | <i>1,14</i>  | <i>0,91</i>  | <i>0,89</i>  | <i>0,56</i>  | <i>1,95</i>  | <i>1,63</i>  |
| <b>B-1-3</b> | -0,44        | -1,38        | -3,03        | 3,55         | 0,24         | -1,79        | -2,83        | 3,68         | 2,33         | -2,45        | -0,63        | 4,12         |
|              | <i>1,02</i>  | <i>0,54</i>  | <i>0,24</i>  | <i>0,28</i>  | <i>1,35</i>  | <i>0,65</i>  | <i>0,65</i>  | <i>0,59</i>  | <i>1,81</i>  | <i>0,95</i>  | <i>1,69</i>  | <i>1,36</i>  |
| <b>B-1-5</b> | -0,23        | -1,62        | -3,47        | 4,05         | 0,23         | -2,02        | -3,17        | 4,03         | 2,60         | -2,84        | -1,77        | 4,46         |
|              | <i>1,25</i>  | <i>0,29</i>  | <i>0,34</i>  | <i>0,30</i>  | <i>1,38</i>  | <i>0,40</i>  | <i>0,26</i>  | <i>0,20</i>  | <i>1,37</i>  | <i>0,70</i>  | <i>0,40</i>  | <i>0,80</i>  |
| <b>B-2-1</b> | -1,50        | -0,88        | -2,19        | 2,89         | -1,61        | -1,08        | -1,46        | 2,57         | -0,64        | -1,15        | 1,24         | 2,46         |
|              | <i>0,78</i>  | <i>0,35</i>  | <i>0,40</i>  | <i>0,63</i>  | <i>1,11</i>  | <i>0,35</i>  | <i>0,45</i>  | <i>0,94</i>  | <i>1,33</i>  | <i>0,39</i>  | <i>1,15</i>  | <i>0,68</i>  |
| <b>B-2-3</b> | -1,42        | -0,96        | -2,98        | 3,51         | -1,62        | -1,24        | -2,57        | 3,41         | -0,24        | -1,87        | -0,49        | 2,33         |
|              | <i>0,47</i>  | <i>0,50</i>  | <i>0,16</i>  | <i>0,12</i>  | <i>0,77</i>  | <i>0,59</i>  | <i>0,16</i>  | <i>0,26</i>  | <i>1,15</i>  | <i>0,71</i>  | <i>0,25</i>  | <i>0,55</i>  |
| <b>B-2-5</b> | -0,90        | -1,29        | -3,54        | 4,03         | -0,76        | -1,70        | -3,20        | 3,93         | 1,02         | -2,32        | -1,64        | 3,38         |
|              | <i>1,10</i>  | <i>0,51</i>  | <i>0,27</i>  | <i>0,53</i>  | <i>1,26</i>  | <i>0,59</i>  | <i>0,26</i>  | <i>0,53</i>  | <i>1,39</i>  | <i>0,77</i>  | <i>0,46</i>  | <i>0,67</i>  |
| <b>B-0</b>   | -5,22        | 0,59         | 5,99         | 8,23         | -4,83        | 0,96         | 8,57         | 9,99         | -5,05        | 2,41         | 11,47        | 12,90        |
|              | <i>2,92</i>  | <i>1,26</i>  | <i>0,80</i>  | <i>2,54</i>  | <i>1,34</i>  | <i>0,72</i>  | <i>1,35</i>  | <i>1,46</i>  | <i>1,80</i>  | <i>0,94</i>  | <i>1,82</i>  | <i>2,00</i>  |
| <b>B-1</b>   | -6,33        | 1,19         | 5,51         | 8,60         | -7,66        | 1,92         | 7,86         | 11,27        | -7,80        | 2,89         | 9,91         | 13,07        |
|              | <i>2,35</i>  | <i>0,93</i>  | <i>1,02</i>  | <i>2,29</i>  | <i>2,66</i>  | <i>1,01</i>  | <i>1,74</i>  | <i>2,87</i>  | <i>2,97</i>  | <i>1,13</i>  | <i>1,40</i>  | <i>2,92</i>  |
| <b>B-2</b>   | -5,87        | 1,07         | 6,26         | 8,69         | -7,47        | 1,79         | 8,66         | 11,62        | -8,20        | 2,99         | 10,96        | 14,07        |
|              | <i>1,06</i>  | <i>0,81</i>  | <i>0,71</i>  | <i>1,26</i>  | <i>1,61</i>  | <i>0,91</i>  | <i>0,91</i>  | <i>1,79</i>  | <i>2,03</i>  | <i>0,99</i>  | <i>1,23</i>  | <i>2,23</i>  |
| <b>B-R</b>   | -7,29        | 1,27         | 6,36         | 9,90         | -8,32        | 1,98         | 8,97         | 12,54        | -8,40        | 3,18         | 11,59        | 14,80        |
|              | <i>2,90</i>  | <i>0,89</i>  | <i>0,71</i>  | <i>2,62</i>  | <i>2,79</i>  | <i>0,82</i>  | <i>0,72</i>  | <i>2,27</i>  | <i>2,64</i>  | <i>0,75</i>  | <i>1,03</i>  | <i>2,12</i>  |

Poznámka: Průměry jsou ze 4 měření, údaje kurzívou jsou směrodatné odchylky; doba je uložení v Xenotestu

## Příloha 5 Průměry změny barvy modřinu po dobu umělého stárnutí

Zdroj: Vlastní zpracování

| Vzorek       | 25 h         |              |              |              | 50 h         |              |              |              | 150 h        |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ | $\Delta L^*$ | $\Delta a^*$ | $\Delta b^*$ | $\Delta E^*$ |
| <b>M-0-0</b> | -3,31        | 0,25         | 8,03         | 9,45         | -6,61        | 1,80         | 8,84         | 11,22        | -8,78        | 3,74         | 10,72        | 14,39        |
|              | <i>2,92</i>  | <i>1,23</i>  | <i>2,97</i>  | <i>2,26</i>  | <i>0,77</i>  | <i>0,88</i>  | <i>1,80</i>  | <i>1,92</i>  | <i>1,63</i>  | <i>1,34</i>  | <i>1,98</i>  | <i>2,75</i>  |
| <b>M-1-0</b> | -6,54        | 1,81         | 7,23         | 10,80        | -9,00        | 3,27         | 9,64         | 13,94        | -11,85       | 5,62         | 11,89        | 17,85        |
|              | <i>3,64</i>  | <i>1,94</i>  | <i>2,56</i>  | <i>2,30</i>  | <i>2,74</i>  | <i>1,81</i>  | <i>3,23</i>  | <i>3,40</i>  | <i>2,25</i>  | <i>2,39</i>  | <i>3,21</i>  | <i>3,96</i>  |
| <b>M-2-0</b> | -6,48        | 2,82         | 7,88         | 10,66        | -8,15        | 4,13         | 10,16        | 13,75        | -10,89       | 6,40         | 11,58        | 17,19        |
|              | <i>1,84</i>  | <i>1,33</i>  | <i>2,60</i>  | <i>3,22</i>  | <i>2,91</i>  | <i>1,86</i>  | <i>3,44</i>  | <i>4,63</i>  | <i>3,61</i>  | <i>2,31</i>  | <i>3,63</i>  | <i>5,46</i>  |
| <b>M-0-1</b> | -2,16        | -0,34        | 1,50         | 2,89         | -2,73        | 0,10         | 3,73         | 4,76         | -4,49        | 1,69         | 8,27         | 9,66         |
|              | <i>0,52</i>  | <i>0,68</i>  | <i>0,96</i>  | <i>0,54</i>  | <i>0,67</i>  | <i>0,77</i>  | <i>1,10</i>  | <i>0,97</i>  | <i>1,15</i>  | <i>0,88</i>  | <i>1,28</i>  | <i>1,34</i>  |
| <b>M-0-3</b> | -2,01        | -0,20        | -0,87        | 2,50         | -2,92        | 0,27         | 1,26         | 3,60         | -3,09        | 1,08         | 4,55         | 6,07         |
|              | <i>1,41</i>  | <i>0,79</i>  | <i>0,95</i>  | <i>1,46</i>  | <i>1,58</i>  | <i>0,73</i>  | <i>1,40</i>  | <i>1,49</i>  | <i>1,49</i>  | <i>0,95</i>  | <i>1,67</i>  | <i>0,70</i>  |
| <b>M-0-5</b> | -0,63        | -0,94        | -1,33        | 2,27         | -1,09        | -0,54        | 0,52         | 2,18         | -2,16        | 0,63         | 4,32         | 5,40         |
|              | <i>1,36</i>  | <i>0,78</i>  | <i>1,25</i>  | <i>1,40</i>  | <i>1,27</i>  | <i>0,77</i>  | <i>1,16</i>  | <i>0,74</i>  | <i>1,97</i>  | <i>1,15</i>  | <i>1,68</i>  | <i>1,61</i>  |
| <b>M-1-1</b> | -2,84        | 0,62         | 0,74         | 3,42         | -3,48        | 1,29         | 3,31         | 5,23         | -4,43        | 2,84         | 7,62         | 9,41         |
|              | <i>0,91</i>  | <i>0,99</i>  | <i>1,37</i>  | <i>1,00</i>  | <i>0,99</i>  | <i>0,96</i>  | <i>1,53</i>  | <i>1,28</i>  | <i>1,60</i>  | <i>1,18</i>  | <i>1,58</i>  | <i>1,91</i>  |
| <b>M-1-3</b> | -2,93        | 0,22         | -0,48        | 3,52         | -3,64        | 0,70         | 1,56         | 4,47         | -5,55        | 2,26         | 5,74         | 8,81         |
|              | <i>1,85</i>  | <i>1,00</i>  | <i>1,89</i>  | <i>2,12</i>  | <i>2,17</i>  | <i>1,00</i>  | <i>1,88</i>  | <i>2,34</i>  | <i>3,13</i>  | <i>1,73</i>  | <i>3,02</i>  | <i>3,63</i>  |
| <b>M-1-5</b> | -2,35        | 0,01         | -1,79        | 3,25         | -2,55        | 0,36         | -0,21        | 2,96         | -2,67        | 1,06         | 3,22         | 4,61         |
|              | <i>0,78</i>  | <i>1,27</i>  | <i>0,63</i>  | <i>0,86</i>  | <i>1,21</i>  | <i>1,42</i>  | <i>0,72</i>  | <i>1,37</i>  | <i>1,25</i>  | <i>1,87</i>  | <i>0,86</i>  | <i>1,78</i>  |
| <b>M-2-1</b> | -3,00        | 0,62         | 0,38         | 3,31         | -3,57        | 1,15         | 2,61         | 4,69         | -5,06        | 2,95         | 6,74         | 9,01         |
|              | <i>0,83</i>  | <i>1,03</i>  | <i>0,81</i>  | <i>0,98</i>  | <i>0,94</i>  | <i>1,08</i>  | <i>0,68</i>  | <i>1,20</i>  | <i>1,47</i>  | <i>1,35</i>  | <i>1,17</i>  | <i>2,00</i>  |
| <b>M-2-3</b> | -1,70        | 0,05         | -0,73        | 3,32         | -1,94        | 0,34         | 0,79         | 3,46         | -2,74        | 1,64         | 4,57         | 6,17         |
|              | <i>2,24</i>  | <i>0,80</i>  | <i>1,64</i>  | <i>0,84</i>  | <i>2,09</i>  | <i>0,88</i>  | <i>1,80</i>  | <i>0,94</i>  | <i>2,22</i>  | <i>1,15</i>  | <i>1,97</i>  | <i>1,75</i>  |
| <b>M-2-5</b> | -2,38        | 0,38         | -0,96        | 3,75         | -2,73        | 0,60         | 0,34         | 3,65         | -3,76        | 1,81         | 3,74         | 5,88         |
|              | <i>1,87</i>  | <i>1,07</i>  | <i>2,31</i>  | <i>1,61</i>  | <i>2,31</i>  | <i>1,26</i>  | <i>2,39</i>  | <i>2,70</i>  | <i>3,30</i>  | <i>1,78</i>  | <i>2,96</i>  | <i>4,43</i>  |
| <b>M-0</b>   | -5,27        | 0,81         | 6,39         | 8,52         | -6,85        | 1,83         | 8,70         | 11,43        | -9,88        | 3,59         | 9,67         | 14,52        |
|              | <i>1,52</i>  | <i>0,98</i>  | <i>1,99</i>  | <i>1,98</i>  | <i>1,62</i>  | <i>1,53</i>  | <i>2,86</i>  | <i>2,90</i>  | <i>1,42</i>  | <i>1,90</i>  | <i>3,18</i>  | <i>3,00</i>  |
| <b>M-1</b>   | -4,59        | 1,26         | 6,36         | 8,10         | -6,55        | 2,64         | 8,74         | 11,35        | -9,18        | 4,83         | 10,66        | 14,93        |
|              | <i>1,37</i>  | <i>1,00</i>  | <i>2,55</i>  | <i>2,62</i>  | <i>1,72</i>  | <i>1,36</i>  | <i>2,99</i>  | <i>3,35</i>  | <i>2,38</i>  | <i>1,87</i>  | <i>3,44</i>  | <i>4,38</i>  |
| <b>M-2</b>   | -3,70        | 1,52         | 8,59         | 9,49         | -5,64        | 2,94         | 10,82        | 12,56        | -8,87        | 5,39         | 13,06        | 16,70        |
|              | <i>0,61</i>  | <i>0,62</i>  | <i>0,79</i>  | <i>0,98</i>  | <i>0,75</i>  | <i>0,77</i>  | <i>0,91</i>  | <i>1,23</i>  | <i>1,42</i>  | <i>1,15</i>  | <i>1,23</i>  | <i>2,04</i>  |
| <b>M-R</b>   | -4,73        | 0,60         | 7,18         | 8,78         | -6,66        | 2,02         | 9,69         | 12,07        | -10,52       | 3,41         | 10,71        | 15,78        |
|              | <i>1,27</i>  | <i>0,66</i>  | <i>2,32</i>  | <i>2,14</i>  | <i>1,55</i>  | <i>1,04</i>  | <i>2,96</i>  | <i>2,99</i>  | <i>3,42</i>  | <i>2,28</i>  | <i>3,34</i>  | <i>4,01</i>  |

Poznámka: Průměry jsou ze 4 měření, údaje kurzívou jsou směrodatné odchylky; doba je uložení v Xenotestu



Příloha 6 Tukeyův HSD test pro lesk modřinu – 150 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná lesk (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 3,1624, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ nátěru   | {1}<br>(17,200) | {2}<br>(17,563) | {3}<br>(15,563) | {4}<br>(14,313) | {5}<br>(13,938) | {6}<br>(15,238) | {7}<br>(14,763) | {8}<br>(15,150) | {9}<br>(14,887) | {10}<br>(14,900) | {11}<br>(13,688) | {12}<br>(12,188) | {13}<br>(2,6500) | {14}<br>(2,7750) | {15}<br>(3,2750) | {16}<br>(3,2000) |
| 1        | M-0-0-150  |                 | 1,000000        | 0,993971        | 0,628068        | 0,425893        | 0,967965        | 0,844989        | 0,954258        | 0,889354        | 0,893311         | 0,307219         | 0,018182         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 2        | M-1-0-150  | 1,000000        |                 | 0,962524        | 0,432314        | 0,260830        | 0,885310        | 0,675050        | 0,854545        | 0,739222        | 0,745377         | 0,175446         | 0,007866         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 3        | M-2-0-150  | 0,993971        | 0,962524        |                 | 0,999694        | 0,994416        | 1,000000        | 0,999999        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 0,978369         | 0,370026         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 4        | M-0-1-150  | 0,628068        | 0,432314        | 0,999694        |                 | 1,000000        | 0,999993        | 1,000000        | 0,999998        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         | 0,939521         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 5        | M-0-3-150  | 0,425893        | 0,260830        | 0,994416        | 1,000000        |                 | 0,999515        | 0,999998        | 0,999787        | 0,999990        | 0,999988         | 1,000000         | 0,988485         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 6        | M-0-5-150  | 0,967965        | 0,885310        | 1,000000        | 0,999993        | 0,999515        |                 | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 0,996578         | 0,539123         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 7        | M-1-1-150  | 0,844989        | 0,675050        | 0,999999        | 1,000000        | 0,999998        | 1,000000        |                 | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 0,999951         | 0,786809         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 8        | M-1-3-150  | 0,954258        | 0,854545        | 1,000000        | 0,999998        | 0,999787        | 1,000000        | 1,000000        |                 | 1,000000        | 1,000000         | 0,998161         | 0,587091         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 9        | M-1-5-150  | 0,889354        | 0,739222        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999990        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        |                 | 1,000000         | 0,999812         | 0,726744         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 10       | M-2-1-150  | 0,893311        | 0,745377        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999988        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        |                  | 0,999787         | 0,720434         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 11       | M-2-3-150  | 0,307219        | 0,175446        | 0,978369        | 1,000000        | 1,000000        | 0,996578        | 0,999951        | 0,998161        | 0,999812        | 0,999787         |                  | 0,997581         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 12       | M-2-5-150  | 0,018182        | 0,007866        | 0,370026        | 0,939521        | 0,988485        | 0,539123        | 0,786809        | 0,587091        | 0,726744        | 0,720434         | 0,997581         |                  | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 13       | M-0-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |                  | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         |
| 14       | M-1-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         |                  | 1,000000         | 1,000000         |
| 15       | M-2-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         | 1,000000         |                  | 1,000000         |
| 16       | M-R-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         |                  |

Příloha 7 Tukeyův HSD test pro lesk buku – 150 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Typ náteru | Tukeyův HSD test; proměnná lesk (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 6,1557, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          |            | {1}<br>(2,9750)  | {2}<br>(2,9000) | {3}<br>(3,0125) | {4}<br>(17,012) | {5}<br>(15,762) | {6}<br>(17,000) | {7}<br>(14,825) | {8}<br>(12,900) | {9}<br>(16,050) | {10}<br>(13,238) | {11}<br>(13,387) | {12}<br>(14,163) | {13}<br>(17,388) | {14}<br>(14,637) | {15}<br>(14,550) | {16}<br>(3,0500) |
| 1        | B-0-150    |  | 1,000000        | 1,000000        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000232        | 0,000152        | 0,000186         | 0,000177         | 0,000156         | 0,000152         | 0,000153         | 0,000154         | 1,000000         |
| 2        | B-1-150    | 1,000000   |                 | 1,000000        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000221        | 0,000152        | 0,000181         | 0,000173         | 0,000156         | 0,000152         | 0,000153         | 0,000153         | 1,000000         |
| 3        | B-2-150    | 1,000000   | 1,000000        |                 | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000237        | 0,000152        | 0,000189         | 0,000179         | 0,000157         | 0,000152         | 0,000153         | 0,000154         | 1,000000         |
| 4        | B-0-0-150  | 0,000152   | 0,000152        | 0,000152        |                 | 0,999995        | 1,000000        | 0,996129        | 0,595232        | 1,000000        | 0,723846         | 0,776110         | 0,955530         | 1,000000         | 0,991166         | 0,987523         | 0,000152         |
| 5        | B-1-0-150  | 0,000152   | 0,000152        | 0,000152        | 0,999995        |                 | 0,999996        | 1,000000        | 0,953953        | 1,000000        | 0,984262         | 0,991166         | 0,999891         | 0,999869         | 0,999999         | 0,999997         | 0,000152         |
| 6        | B-2-0-150  | 0,000152   | 0,000152        | 0,000152        | 1,000000        | 0,999996        |                 | 0,996357        | 0,600137        | 1,000000        | 0,728358         | 0,780262         | 0,957067         | 1,000000         | 0,991606         | 0,988105         | 0,000152         |
| 7        | B-0-1-150  | 0,000153   | 0,000153        | 0,000153        | 0,996129        | 1,000000        | 0,996357        |                 | 0,999045        | 0,999996        | 0,999901         | 0,999972         | 1,000000         | 0,982009         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000153         |
| 8        | B-0-3-150  | 0,000232   | 0,000221        | 0,000237        | 0,595232        | 0,953953        | 0,600137        | 0,999045        |                 | 0,906026        | 1,000000         | 1,000000         | 0,999995         | 0,449852         | 0,999707         | 0,999842         | 0,000244         |
| 9        | B-0-5-150  | 0,000152   | 0,000152        | 0,000152        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999996        | 0,906026        |                 | 0,960028         | 0,974758         | 0,999235         | 0,999989         | 0,999977         | 0,999951         | 0,000152         |
| 10       | B-1-1-150  | 0,000186   | 0,000181        | 0,000189        | 0,723846        | 0,984262        | 0,728358        | 0,999901        | 1,000000        | 0,960028        |                  | 1,000000         | 1,000000         | 0,580492         | 0,999980         | 0,999991         | 0,000193         |
| 11       | B-1-3-150  | 0,000177   | 0,000173        | 0,000179        | 0,776110        | 0,991166        | 0,780262        | 0,999972        | 1,000000        | 0,974758        | 1,000000         |                  | 1,000000         | 0,639166         | 0,999995         | 0,999998         | 0,000181         |
| 12       | B-1-5-150  | 0,000156   | 0,000156        | 0,000157        | 0,955530        | 0,999891        | 0,957067        | 1,000000        | 0,999995        | 0,999235        | 1,000000         | 1,000000         |                  | 0,889663         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000157         |
| 13       | B-2-1-150  | 0,000152   | 0,000152        | 0,000152        | 1,000000        | 0,999869        | 1,000000        | 0,982009        | 0,449852        | 0,999989        | 0,580492         | 0,639166         | 0,889663         |                  | 0,966776         | 0,957067         | 0,000152         |
| 14       | B-2-3-150  | 0,000153   | 0,000153        | 0,000153        | 0,991166        | 0,999999        | 0,991606        | 1,000000        | 0,999707        | 0,999977        | 0,999980         | 0,999995         | 1,000000         | 0,966776         |                  | 1,000000         | 0,000154         |
| 15       | B-2-5-150  | 0,000154   | 0,000153        | 0,000154        | 0,987523        | 0,999997        | 0,988105        | 1,000000        | 0,999842        | 0,999951        | 0,999991         | 0,999998         | 1,000000         | 0,957067         | 1,000000         |                  | 0,000154         |
| 16       | B-R-150    | 1,000000   | 1,000000        | 1,000000        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000244        | 0,000152        | 0,000193         | 0,000181         | 0,000157         | 0,000152         | 0,000154         | 0,000154         |                  |

Příloha 8 Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 25 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 2,2357, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ<br>nátěru  | {1}<br>(8,0674) | {2}<br>(9,7188) | {3}<br>(9,7423) | {4}<br>(2,7630) | {5}<br>(3,4877) | {6}<br>(3,3943) | {7}<br>(2,7994) | {8}<br>(3,5506) | {9}<br>(4,0457) | {10}<br>(2,8858) | {11}<br>(3,5090) | {12}<br>(4,0333) | {13}<br>(8,2293) | {14}<br>(8,5978) | {15}<br>(8,6921) | {16}<br>(9,8995) |
| 1        | B-0-0-25   |                 | 0,967743        | 0,963729        | 0,000867        | 0,006638        | 0,005100        | 0,000954        | 0,007922        | 0,030144        | 0,001203         | 0,007051         | 0,029200         | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,927077         |
| 2        | B-1-0-25   | 0,967743        |                 | 1,000000        | 0,000154        | 0,000181        | 0,000173        | 0,000154        | 0,000189        | 0,000366        | 0,000155         | 0,000183         | 0,000358         | 0,987086         | 0,999352         | 0,999768         | 1,000000         |
| 3        | B-2-0-25   | 0,963729        | 1,000000        |                 | 0,000154        | 0,000179        | 0,000171        | 0,000154        | 0,000186        | 0,000350        | 0,000155         | 0,000181         | 0,000342         | 0,985066         | 0,999180         | 0,999696         | 1,000000         |
| 4        | B-0-1-25   | 0,000867        | 0,000154        | 0,000154        |                 | 0,999997        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999992        | 0,997110        | 1,000000         | 0,999996         | 0,997390         | 0,000572         | 0,000279         | 0,000246         | 0,000153         |
| 5        | B-0-3-25   | 0,006638        | 0,000181        | 0,000179        | 0,999997        |                 | 1,000000        | 0,999999        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,004191         | 0,001466         | 0,001131         | 0,000167         |
| 6        | B-0-5-25   | 0,005100        | 0,000173        | 0,000171        | 1,000000        | 1,000000        |                 | 1,000000        | 1,000000        | 0,999999        | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,003213         | 0,001134         | 0,000882         | 0,000163         |
| 7        | B-1-1-25   | 0,000954        | 0,000154        | 0,000154        | 1,000000        | 0,999999        | 1,000000        |                 | 0,999996        | 0,997871        | 1,000000         | 0,999998         | 0,998091         | 0,000633         | 0,000294         | 0,000257         | 0,000153         |
| 8        | B-1-3-25   | 0,007922        | 0,000189        | 0,000186        | 0,999992        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999996        |                 | 1,000000        | 0,999999         | 1,000000         | 1,000000         | 0,005020         | 0,001749         | 0,001344         | 0,000171         |
| 9        | B-1-5-25   | 0,030144        | 0,000366        | 0,000350        | 0,997110        | 1,000000        | 0,999999        | 0,997871        | 1,000000        |                 | 0,999046         | 1,000000         | 1,000000         | 0,019741         | 0,007175         | 0,005499         | 0,000271         |
| 10       | B-2-1-25   | 0,001203        | 0,000155        | 0,000155        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999999        | 0,999046        |                  | 1,000000         | 0,999155         | 0,000784         | 0,000341         | 0,000291         | 0,000153         |
| 11       | B-2-3-25   | 0,007051        | 0,000183        | 0,000181        | 0,999996        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999998        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         |                  | 1,000000         | 0,004457         | 0,001556         | 0,001199         | 0,000168         |
| 12       | B-2-5-25   | 0,029200        | 0,000358        | 0,000342        | 0,997390        | 1,000000        | 1,000000        | 0,998091        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999155         | 1,000000         |                  | 0,019102         | 0,006931         | 0,005310         | 0,000267         |
| 13       | B-0-25   | 1,000000        | 0,987086        | 0,985066        | 0,000572        | 0,004191        | 0,003213        | 0,000633        | 0,005020        | 0,019741        | 0,000784         | 0,004457         | 0,019102         |                  | 1,000000         | 1,000000         | 0,964570         |
| 14       | B-1-25   | 1,000000        | 0,999352        | 0,999180        | 0,000279        | 0,001466        | 0,001134        | 0,000294        | 0,001749        | 0,007175        | 0,000341         | 0,001556         | 0,006931         | 1,000000         |                  | 1,000000         | 0,996621         |
| 15       | B-2-25   | 1,000000        | 0,999768        | 0,999696        | 0,000246        | 0,001131        | 0,000882        | 0,000257        | 0,001344        | 0,005499        | 0,000291         | 0,001199         | 0,005310         | 1,000000         | 1,000000         |                  | 0,998504         |
| 16       | B-R-25   | 0,927077        | 1,000000        | 1,000000        | 0,000153        | 0,000167        | 0,000163        | 0,000153        | 0,000171        | 0,000271        | 0,000153         | 0,000168         | 0,000267         | 0,964570         | 0,996621         | 0,998504         |                  |

Příloha 9 Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 50 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 2,3046, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ nátěru   | {1}<br>(11,167) | {2}<br>(13,039) | {3}<br>(12,747) | {4}<br>(2,2268) | {5}<br>(3,7061) | {6}<br>(3,3353) | {7}<br>(2,5178) | {8}<br>(3,6841) | {9}<br>(4,0297) | {10}<br>(2,5652) | {11}<br>(3,4122) | {12}<br>(3,9338) | {13}<br>(9,9867) | {14}<br>(11,270) | {15}<br>(11,621) | {16}<br>(12,542) |
| 1        | B-0-0-50   |                 | 0,923611        | 0,980640        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000153         | 0,999026         | 1,000000         | 1,000000         | 0,994881         |
| 2        | B-1-0-50   | 0,923611        |                 | 1,000000        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,280895         | 0,950228         | 0,993094         | 1,000000         |
| 3        | B-2-0-50   | 0,980640        | 1,000000        |                 | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,440752         | 0,989621         | 0,999427         | 1,000000         |
| 4        | B-0-1-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        |                 | 0,989505        | 0,999522        | 1,000000        | 0,990912        | 0,942281        | 1,000000         | 0,998974         | 0,962577         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 5        | B-0-3-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,989505        |                 | 1,000000        | 0,998945        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999334         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000186         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 6        | B-0-5-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,999522        | 1,000000        |                 | 0,999989        | 1,000000        | 0,999999        | 0,999995         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000161         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 7        | B-1-1-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 1,000000        | 0,998945        | 0,999989        |                 | 0,999145        | 0,987114        | 1,000000         | 0,999965         | 0,993147         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 8        | B-1-3-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,990912        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999145        |                 | 1,000000        | 0,999467         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000184         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 9        | B-1-5-50   | 0,000153        | 0,000152        | 0,000152        | 0,942281        | 1,000000        | 0,999999        | 0,987114        | 1,000000        |                 | 0,990467         | 1,000000         | 1,000000         | 0,000266         | 0,000153         | 0,000152         | 0,000152         |
| 10       | B-2-1-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 1,000000        | 0,999334        | 0,999995        | 1,000000        | 0,999467        | 0,990467        |                  | 0,999982         | 0,995132         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 11       | B-2-3-50   | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,998974        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999965        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999982         |                  | 1,000000         | 0,000164         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |
| 12       | B-2-5-50   | 0,000153        | 0,000152        | 0,000152        | 0,962577        | 1,000000        | 1,000000        | 0,993147        | 1,000000        | 1,000000        | 0,995132         | 1,000000         |                  | 0,000237         | 0,000153         | 0,000152         | 0,000152         |
| 13       | B-0-50   | 0,999026        | 0,280895        | 0,440752        | 0,000152        | 0,000186        | 0,000161        | 0,000152        | 0,000184        | 0,000266        | 0,000152         | 0,000164         | 0,000237         |                  | 0,997529         | 0,973991         | 0,570256         |
| 14       | B-1-50   | 1,000000        | 0,950228        | 0,989621        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000153         | 0,997529         |                  | 1,000000         | 0,997745         |
| 15       | B-2-50   | 1,000000        | 0,993094        | 0,999427        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,973991         | 1,000000         |                  | 0,999950         |
| 16       | B-R-50   | 0,994881        | 1,000000        | 1,000000        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,570256         | 0,997745         | 0,999950         |                  |

Příloha 10 Tukeyův HSD test pro změnu barvy buku – 150 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 3,6577, sv = 48,000 |            |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|--|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Č. buňky   | Typ nátěru | {1}<br>(12,899) | {2}<br>(13,067) | {3}<br>(14,067) | {4}<br>(13,141) | {5}<br>(15,313) | {6}<br>(14,065) | {7}<br>(6,3806) | {8}<br>(5,5042) | {9}<br>(5,2958) | {10}<br>(5,0354) | {11}<br>(4,1187) | {12}<br>(4,4557) | {13}<br>(2,4586) | {14}<br>(2,3250) | {15}<br>(3,3783) | {16}<br>(14,801) |
| 1  | B-0-150    |                 | 1,000000        | 0,999945        | 1,000000        | 0,909777        | 0,999946        | 0,001524        | 0,000302        | 0,000241        | 0,000191         | 0,000155         | 0,000159         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,987303         |
| 2  | B-1-150    | 1,000000        |                 | 0,999992        | 1,000000        | 0,946935        | 0,999993        | 0,001064        | 0,000251        | 0,000212        | 0,000176         | 0,000154         | 0,000156         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,994824         |
| 3  | B-2-150    | 0,999945        | 0,999992        |                 | 0,999997        | 0,999877        | 1,000000        | 0,000225        | 0,000157        | 0,000155        | 0,000153         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         |
| 4  | B-0-0-150  | 1,000000        | 1,000000        | 0,999997        |                 | 0,959437        | 0,999997        | 0,000910        | 0,000234        | 0,000193        | 0,000172         | 0,000153         | 0,000155         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,996731         |
| 5  | B-1-0-150  | 0,909777        | 0,946935        | 0,999877        | 0,959437        |                 | 0,999874        | 0,000154        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         |
| 6  | B-2-0-150  | 0,999946        | 0,999993        | 1,000000        | 0,999997        | 0,999874        |                 | 0,000225        | 0,000157        | 0,000155        | 0,000153         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 1,000000         |
| 7  | B-0-1-150  | 0,001524        | 0,001064        | 0,000225        | 0,000910        | 0,000154        | 0,000225        |                 | 0,999999        | 0,999978        | 0,999691         | 0,944093         | 0,985787         | 0,252410         | 0,208025         | 0,679442         | 0,000160         |
| 8  | B-0-3-150  | 0,000302        | 0,000251        | 0,000157        | 0,000234        | 0,000152        | 0,000157        | 0,999999        |                 | 1,000000        | 1,000000         | 0,999564         | 0,999986         | 0,658075         | 0,590622         | 0,965969         | 0,000152         |
| 9  | B-0-5-150  | 0,000241        | 0,000212        | 0,000155        | 0,000193        | 0,000152        | 0,000155        | 0,999978        | 1,000000        |                 | 1,000000         | 0,999939         | 0,999999         | 0,757206         | 0,694824         | 0,986286         | 0,000152         |
| 10   | B-1-1-150  | 0,000191        | 0,000176        | 0,000153        | 0,000172        | 0,000152        | 0,000153        | 0,999691        | 1,000000        | 1,000000        |                  | 0,999998         | 1,000000         | 0,860682         | 0,811111         | 0,996783         | 0,000152         |
| 11   | B-1-3-150  | 0,000155        | 0,000154        | 0,000152        | 0,000153        | 0,000152        | 0,000152        | 0,944093        | 0,999564        | 0,999939        | 0,999998         |                  | 1,000000         | 0,996723         | 0,992769         | 1,000000         | 0,000152         |
| 12   | B-1-5-150  | 0,000159        | 0,000156        | 0,000152        | 0,000155        | 0,000152        | 0,000152        | 0,985787        | 0,999986        | 0,999999        | 1,000000         | 1,000000         |                  | 0,980149         | 0,965333         | 0,999980         | 0,000152         |
| 13   | B-2-1-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,252410        | 0,658075        | 0,757206        | 0,860682         | 0,996723         | 0,980149         |                  | 1,000000         | 0,999998         | 0,000152         |
| 14   | B-2-3-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,208025        | 0,590622        | 0,694824        | 0,811111         | 0,992769         | 0,965333         | 1,000000         |                  | 0,999985         | 0,000152         |
| 15   | B-2-5-150  | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152        | 0,679442        | 0,965969        | 0,986286        | 0,996783         | 1,000000         | 0,999980         | 0,999998         | 0,999985         |                  | 0,000152         |
| 16   | B-R-150    | 0,987303        | 0,994824        | 1,000000        | 0,996731        | 1,000000        | 1,000000        | 0,000160        | 0,000152        | 0,000152        | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         | 0,000152         |                  |

Příloha 11 Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřinu – 25 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 3,4562, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ<br>nátěru  | {1}<br>(9,4462) | {2}<br>(10,801) | {3}<br>(10,655) | {4}<br>(2,8948) | {5}<br>(2,4997) | {6}<br>(2,2696) | {7}<br>(3,4187) | {8}<br>(3,5185) | {9}<br>(3,2542) | {10}<br>(3,3111) | {11}<br>(3,3205) | {12}<br>(3,7544) | {13}<br>(8,5167) | {14}<br>(8,1015) | {15}<br>(9,4938) | {16}<br>(8,7825) |
| 1        | M-0-0-25   |                 | 0,999533        | 0,999880        | 0,000951        | 0,000435        | 0,000307        | 0,003098        | 0,003894        | 0,002116        | 0,002410         | 0,002463         | 0,006673         | 0,999996         | 0,999572         | 1,000000         | 1,000000         |
| 2        | M-1-0-25   | 0,999533        |                 | 1,000000        | 0,000170        | 0,000157        | 0,000155        | 0,000243        | 0,000270        | 0,000213        | 0,000222         | 0,000223         | 0,000370         | 0,925620         | 0,783607         | 0,999693         | 0,972109         |
| 3        | M-2-0-25   | 0,999880        | 1,000000        |                 | 0,000180        | 0,000161        | 0,000156        | 0,000285        | 0,000324        | 0,000239        | 0,000253         | 0,000255         | 0,000472         | 0,955046         | 0,842983         | 0,999927         | 0,985682         |
| 4        | M-0-1-25   | 0,000951        | 0,000170        | 0,000180        |                 | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         | 0,999999         | 0,007816         | 0,019532         | 0,000860         | 0,004266         |
| 5        | M-0-3-25   | 0,000435        | 0,000157        | 0,000161        | 1,000000        |                 | 1,000000        | 0,999996        | 0,999986        | 1,000000        | 0,999999         | 0,999999         | 0,999811         | 0,003174         | 0,008176         | 0,000402         | 0,001720         |
| 6        | M-0-5-25   | 0,000307        | 0,000155        | 0,000156        | 1,000000        | 1,000000        |                 | 0,999936        | 0,999821        | 0,999991        | 0,999982         | 0,999979         | 0,998682         | 0,001865         | 0,004855         | 0,000289         | 0,001032         |
| 7        | M-1-1-25   | 0,003098        | 0,000243        | 0,000285        | 1,000000        | 0,999996        | 0,999936        |                 | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,024595         | 0,056983         | 0,002779         | 0,013903         |
| 8        | M-1-3-25   | 0,003894        | 0,000270        | 0,000324        | 1,000000        | 0,999986        | 0,999821        | 1,000000        |                 | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,030287         | 0,069045         | 0,003492         | 0,017268         |
| 9        | M-1-5-25   | 0,002116        | 0,000213        | 0,000239        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999991        | 1,000000        | 1,000000        |                 | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,017325         | 0,041188         | 0,001898         | 0,009660         |
| 10       | M-2-1-25   | 0,002410        | 0,000222        | 0,000253        | 1,000000        | 0,999999        | 0,999982        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        |                  | 1,000000         | 1,000000         | 0,019581         | 0,046140         | 0,002161         | 0,010959         |
| 11       | M-2-3-25   | 0,002463        | 0,000223        | 0,000255        | 1,000000        | 0,999999        | 0,999979        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         |                  | 1,000000         | 0,019978         | 0,047010         | 0,002208         | 0,011189         |
| 12       | M-2-5-25   | 0,006673        | 0,000370        | 0,000472        | 0,999999        | 0,999811        | 0,998682        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         |                  | 0,048781         | 0,106348         | 0,005991         | 0,028460         |
| 13       | M-0-25   | 0,999996        | 0,925620        | 0,955046        | 0,007816        | 0,003174        | 0,001865        | 0,024595        | 0,030287        | 0,017325        | 0,019581         | 0,019978         | 0,048781         |                  | 1,000000         | 0,999992         | 1,000000         |
| 14       | M-1-25   | 0,999572        | 0,783607        | 0,842983        | 0,019532        | 0,008176        | 0,004855        | 0,056983        | 0,069045        | 0,041188        | 0,046140         | 0,047010         | 0,106348         | 1,000000         |                  | 0,999360         | 1,000000         |
| 15       | M-2-25   | 1,000000        | 0,999693        | 0,999927        | 0,000860        | 0,000402        | 0,000289        | 0,002779        | 0,003492        | 0,001898        | 0,002161         | 0,002208         | 0,005991         | 0,999992         | 0,999360         |                  | 1,000000         |
| 16       | M-R-25   | 1,000000        | 0,972109        | 0,985682        | 0,004266        | 0,001720        | 0,001032        | 0,013903        | 0,017268        | 0,009660        | 0,010959         | 0,011189         | 0,028460         | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         |                  |

Příloha 12 Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřinu – 50 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 6,2010, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ<br>nátěru  | {1}<br>(11,223) | {2}<br>(13,937) | {3}<br>(13,750) | {4}<br>(4,7581) | {5}<br>(3,5985) | {6}<br>(2,1755) | {7}<br>(5,2315) | {8}<br>(4,4729) | {9}<br>(2,9609) | {10}<br>(4,6867) | {11}<br>(3,4603) | {12}<br>(3,6462) | {13}<br>(11,432) | {14}<br>(11,346) | {15}<br>(12,563) | {16}<br>(12,072) |
| 1        | M-0-0-50   |                 | 0,971183        | 0,984667        | 0,042915        | 0,006663        | 0,000628        | 0,084682        | 0,027781        | 0,002232        | 0,038550         | 0,005272         | 0,007223         | 1,000000         | 1,000000         | 0,999989         | 1,000000         |
| 2        | M-1-0-50   | 0,971183        |                 | 1,000000        | 0,000514        | 0,000184        | 0,000153        | 0,001063        | 0,000359        | 0,000160        | 0,000467         | 0,000175         | 0,000187         | 0,985856         | 0,980734         | 0,999985         | 0,999357         |
| 3        | M-2-0-50   | 0,984667        | 1,000000        |                 | 0,000681        | 0,000200        | 0,000154        | 0,001446        | 0,000451        | 0,000164        | 0,000610         | 0,000187         | 0,000213         | 0,993279         | 0,990370         | 0,999998         | 0,999814         |
| 4        | M-0-1-50   | 0,042915        | 0,000514        | 0,000681        |                 | 0,999998        | 0,981322        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999582        | 1,000000         | 0,999993         | 0,999999         | 0,031266         | 0,035696         | 0,004915         | 0,011236         |
| 5        | M-0-3-50   | 0,006663        | 0,000184        | 0,000200        | 0,999998        |                 | 0,999976        | 0,999867        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999999         | 1,000000         | 1,000000         | 0,004676         | 0,005418         | 0,000711         | 0,001561         |
| 6        | M-0-5-50   | 0,000628        | 0,000153        | 0,000154        | 0,981322        | 0,999976        |                 | 0,926234        | 0,993854        | 1,000000        | 0,985528         | 0,999994         | 0,999964         | 0,000463         | 0,000521         | 0,000180         | 0,000242         |
| 7        | M-1-1-50   | 0,084682        | 0,001063        | 0,001446        | 1,000000        | 0,999867        | 0,926234        |                 | 1,000000        | 0,994536        | 1,000000         | 0,999648         | 0,999907         | 0,063181         | 0,071476         | 0,010916         | 0,024150         |
| 8        | M-1-3-50   | 0,027781        | 0,000359        | 0,000451        | 1,000000        | 1,000000        | 0,993854        | 1,000000        |                 | 0,999949        | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         | 0,019999         | 0,022945         | 0,003015         | 0,006965         |
| 9        | M-1-5-50   | 0,002232        | 0,000160        | 0,000164        | 0,999582        | 1,000000        | 1,000000        | 0,994536        | 0,999949        |                 | 0,999741         | 1,000000         | 1,000000         | 0,001566         | 0,001813         | 0,000311         | 0,000566         |
| 10       | M-2-1-50   | 0,038550        | 0,000467        | 0,000610        | 1,000000        | 0,999999        | 0,985528        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999741        |                  | 0,999997         | 1,000000         | 0,027995         | 0,032005         | 0,004347         | 0,009984         |
| 11       | M-2-3-50   | 0,005272        | 0,000175        | 0,000187        | 0,999993        | 1,000000        | 0,999994        | 0,999648        | 1,000000        | 1,000000        | 0,999997         |                  | 1,000000         | 0,003686         | 0,004274         | 0,000573         | 0,001240         |
| 12       | M-2-5-50   | 0,007223        | 0,000187        | 0,000213        | 0,999999        | 1,000000        | 0,999964        | 0,999907        | 1,000000        | 1,000000        | 1,000000         | 1,000000         |                  | 0,005070         | 0,005873         | 0,000763         | 0,001692         |
| 13       | M-0-50   | 1,000000        | 0,985856        | 0,993279        | 0,031266        | 0,004676        | 0,000463        | 0,063181        | 0,019999        | 0,001566        | 0,027995         | 0,003686         | 0,005070         |                  | 1,000000         | 0,999999         | 1,000000         |
| 14       | M-1-50   | 1,000000        | 0,980734        | 0,990370        | 0,035696        | 0,005418        | 0,000521        | 0,071476        | 0,022945        | 0,001813        | 0,032005         | 0,004274         | 0,005873         | 1,000000         |                  | 0,999997         | 1,000000         |
| 15       | M-2-50   | 0,999989        | 0,999985        | 0,999998        | 0,004915        | 0,000711        | 0,000180        | 0,010916        | 0,003015        | 0,000311        | 0,004347         | 0,000573         | 0,000763         | 0,999999         | 0,999997         |                  | 1,000000         |
| 16       | M-R-50   | 1,000000        | 0,999357        | 0,999814        | 0,011236        | 0,001561        | 0,000242        | 0,024150        | 0,006965        | 0,000566        | 0,009984         | 0,001240         | 0,001692         | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         |                  |

Příloha 13 Tukeyův HSD test pro změnu barvy modřinu – 150 h

Zdroj: Vlastní zpracování

| Č. buňky | Tukeyův HSD test; proměnná dE (MR_DP_Stat)<br>Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy<br>Chyba: meziskup. PC = 11,491, sv = 48,000 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|----------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|          | Typ nátěru   | {1}<br>(14,387) | {2}<br>(17,855) | {3}<br>(17,186) | {4}<br>(9,6598) | {5}<br>(6,0674) | {6}<br>(5,3971) | {7}<br>(9,4125) | {8}<br>(8,8070) | {9}<br>(4,6051) | {10}<br>(9,0080) | {11}<br>(6,1749) | {12}<br>(5,8841) | {13}<br>(14,518) | {14}<br>(14,933) | {15}<br>(16,702) | {16}<br>(15,778) |
| 1        | M-0-0-150  |                 | 0,983501        | 0,998079        | 0,828068        | 0,071744        | 0,034821        | 0,770819        | 0,606425        | 0,013881        | 0,663487         | 0,080090         | 0,059197         | 1,000000         | 1,000000         | 0,999782         | 1,000000         |
| 2        | M-1-0-150  | 0,983501        |                 | 1,000000        | 0,081487        | 0,001147        | 0,000535        | 0,063113        | 0,032629        | 0,000275        | 0,040822         | 0,001306         | 0,000924         | 0,988461         | 0,996963         | 1,000000         | 0,999943         |
| 3        | M-2-0-150  | 0,998079        | 1,000000        |                 | 0,154932        | 0,002639        | 0,001145        | 0,123173        | 0,067458        | 0,000473        | 0,082888         | 0,003020         | 0,002085         | 0,998880         | 0,999843         | 1,000000         | 1,000000         |
| 4        | M-0-1-150  | 0,828068        | 0,081487        | 0,154932        |                 | 0,977377        | 0,912136        | 1,000000        | 1,000000        | 0,750653        | 1,000000         | 0,982751         | 0,965392         | 0,798642         | 0,692725         | 0,234668         | 0,453339         |
| 5        | M-0-3-150  | 0,071744        | 0,001147        | 0,002639        | 0,977377        |                 | 1,000000        | 0,988179        | 0,998490        | 0,999999        | 0,996743         | 1,000000         | 1,000000         | 0,062546         | 0,039973         | 0,004850         | 0,015109         |
| 6        | M-0-5-150  | 0,034821        | 0,000535        | 0,001145        | 0,912136        | 1,000000        |                 | 0,943426        | 0,985860        | 1,000000        | 0,976330         | 1,000000         | 1,000000         | 0,030035         | 0,018591         | 0,002077         | 0,006651         |
| 7        | M-1-1-150  | 0,770819        | 0,063113        | 0,123173        | 1,000000        | 0,988179        | 0,943426        |                 | 1,000000        | 0,810322        | 1,000000         | 0,991357         | 0,980708         | 0,737541         | 0,623403         | 0,190855         | 0,387264         |
| 8        | M-1-3-150  | 0,606425        | 0,032629        | 0,067458        | 1,000000        | 0,998490        | 0,985860        | 1,000000        |                 | 0,920682        | 1,000000         | 0,999037         | 0,996948         | 0,568689         | 0,451263         | 0,109639         | 0,248488         |
| 9        | M-1-5-150  | 0,013881        | 0,000275        | 0,000473        | 0,750653        | 0,999999        | 1,000000        | 0,810322        | 0,920682        |                 | 0,890226         | 0,999999         | 1,000000         | 0,011836         | 0,007107         | 0,000799         | 0,002452         |
| 10       | M-2-1-150  | 0,663487        | 0,040822        | 0,082888        | 1,000000        | 0,996743        | 0,976330        | 1,000000        | 1,000000        | 0,890226        |                  | 0,997808         | 0,993922         | 0,626381         | 0,507419         | 0,132717         | 0,290557         |
| 11       | M-2-3-150  | 0,080090        | 0,001306        | 0,003020        | 0,982751        | 1,000000        | 1,000000        | 0,991357        | 0,999037        | 0,999999        | 0,997808         |                  | 1,000000         | 0,070013         | 0,044985         | 0,005546         | 0,017166         |
| 12       | M-2-5-150  | 0,059197        | 0,000924        | 0,002085        | 0,965392        | 1,000000        | 1,000000        | 0,980708        | 0,996948        | 1,000000        | 0,993922         | 1,000000         |                  | 0,051459         | 0,032579         | 0,003847         | 0,012107         |
| 13       | M-0-150  | 1,000000        | 0,988461        | 0,998880        | 0,798642        | 0,062546        | 0,030035        | 0,737541        | 0,568689        | 0,011836        | 0,626381         | 0,070013         | 0,051459         |                  | 1,000000         | 0,999893         | 1,000000         |
| 14       | M-1-150  | 1,000000        | 0,996963        | 0,999843        | 0,692725        | 0,039973        | 0,018591        | 0,623403        | 0,451263        | 0,007107        | 0,507419         | 0,044985         | 0,032579         | 1,000000         |                  | 0,999993         | 1,000000         |
| 15       | M-2-150  | 0,999782        | 1,000000        | 1,000000        | 0,234668        | 0,004850        | 0,002077        | 0,190855        | 0,109639        | 0,000799        | 0,132717         | 0,005546         | 0,003847         | 0,999893         | 0,999993         |                  | 1,000000         |
| 16       | M-R-150  | 1,000000        | 0,999943        | 1,000000        | 0,453339        | 0,015109        | 0,006651        | 0,387264        | 0,248488        | 0,002452        | 0,290557         | 0,017166         | 0,012107         | 1,000000         | 1,000000         | 1,000000         |                  |