

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Vliv prvotní úpravy dubového dřeva na zvýšení trvanlivosti
exteriérových transparentních nátěrových systémů**

Diplomová práce

Autor: Bc. Ondřej Machanec

Vedoucí práce: doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ondřej Machanec

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vliv prvotní úpravy dubového dřeva na zvýšení trvanlivosti exteriérových transparentních nátěrových systémů

Název anglicky

Influence of initial pretreatment of oak wood on increasing of exterior transparent coatings durability

Cíle práce

Cílem práce je prozkoumat, jaký vliv budou mít vybrané prvotní úpravy dubového dřeva na zvýšení celkové trvanlivosti následně aplikovaného exteriérového transparentního nátěrového systému.

Metodika

Nátěrové systémy na dubovém dřevě mají nižší životnost, zejména je to patrné u exteriérových transparentních variant. Je to způsobeno jeho komplikovanou morfologickou a chemickou strukturou. V práci bude zkoumáno, jaký vliv budou mít vybrané prvotní úpravy dubového dřeva na zvýšení celkové trvanlivosti následně aplikovaného nátěrového systému. Na prvotně ošetřeném dřevě budou měřeny vybrané povrchové charakteristiky a jejich změny. Vrchním nátěrem ošetřené vzorky budou vystaveny stárnutí a na základě výsledků a jejich statistického vyhodnocení bude doporučena pro praktické využití nejvýhodnější ze zkoumaných variant.

Doporučený rozsah práce

70 s.

Klíčová slova

dubové dřevo, předúpravy, transparentní nátěry, exteriér, trvanlivost

Doporučené zdroje informací

BULIAN, F., GRAYSTONE, J. (2009): Wood Coatings – Theory and Practice. Elsevier Science, 320 pp. ISBN 978-0444528407

Cogulet, A.; Blanchet, P.; Landry, V. (2013): The multifactorial aspect of wood weathering: A review based on a holistic approach of wood degradation protected by clear coating. *BioResources* (13), 2116-2138. doi:10.15376/biores.13.1.Cogulet.

Evans, P. D., Haase, J. G., Shakri, A., Seman, B. M., Kiguchi, M. (2015): The search for durable exterior clear coatings for wood. *Coatings* 5, 830-864. doi:10.3390/coatings5040830

Pánek, M., Oberhofnerová, E., Zeidler, A., Šedivka, P. (2017): Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering. *Coatings* 7 (172), doi:10.3390/coatings7100172

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

Reinprecht, L., (2008): Ochrana dřeva. (Wood Protection), Handbook, Technical University in Zvolen, 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 9. 3. 2020

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2020

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 31. 10. 2020

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „**Vliv prvotní úpravy dubového dřeva na zvýšení trvanlivosti exteriérových transparentních nátěrových systémů**“ vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Miloše Pánka, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu zdrojů. Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č.111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne: 18.4.2021

podpis:

Poděkování:

Tímto bych rád poděkoval především vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Miloši Pánkovi Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, se kterou odpovídal na všechny mé dotazy a za předání zkušeností a znalostí spojených s touto problematikou. Dále bych rád poděkoval rodině za podporu a vloženou důvěru, v neposlední řadě bych ještě chtěl poděkovat Ing. Ondřeji Dvořákovi, který mi pomohl s metodikou měření. Nakonec mé díky patří ještě Katedře zpracování dřeva a biomateriálů, díky které tato práce mohla vzniknout.

ABSTRAKT

Předkládaná diplomová práce se zabývá stanovením vlivu předúpravy tmelením povrchových pórů dubového dřeva epoxidovou pryskyřicí na trvanlivost transparentních nátěrových systémů exponovaných v exteriéru. V průběhu expozice byly pravidelně měřeny barva, lesk a smáčivost povrchu. Před začátkem expozice byl dále měřen vliv předúpravy na volnou povrchovou energii povrchu. Pro tmelení byla použita epoxidová pryskyřice. Byly sestaveny dvě hlavní sady vzorků, s předúpravou a bez předúpravy, a na ně byly následně aplikovány 4 nátěrové systémy. V nátěrových systémech byly použity kombinace 2 nátěrů na rozpouštědlové a 4 nátěrů na vodní bázi. Expozice probíhala v areálu České zemědělské univerzity v Praze metodami přirozeného povětrnostního stárnutí. U všech nátěrových systémů se sada s předúpravou ukázala jako trvanlivější varianta, ale u každého nátěrového systému se projevila odlišná změna ve vlastnostech. Byla prokázána významná změna lesku a barvy, ale na smáčivost povrchu a volnou povrchovou energii tmelení nemělo zásadní vliv. Nejvýraznější změna vlastností byla zaznamenána u nátěrů na vodní bázi, které byly použity v nátěrových systémech 3 a 4. I po vizuální stránce byly tyto nátěry hodnoceny nejkladněji.

KLÍČOVÁ SLOVA

dubové dřevo, předúpravy, transparentní nátěry, exteriér, trvanlivost

ABSTRACT

The presented diploma thesis deals with the determination of the effect of pre-treatment by sealing the surface pores of oak wood with epoxy resin on the durability of transparent coating systems exposed in the exterior. The color, gloss and wettability of the surface were regularly measured during the exposure. Prior to the start of the exposure, the effect of pretreatment on the free surface energy of the surface was further measured. Epoxy resin was used for sealing. Two main sets of samples were assembled, with and without pretreatment, and 4 coating systems were subsequently applied to them. Combinations of 2 solvent-based paints and 4 water-based paints were used in the coating systems. The exhibition took place on the premises of the Czech University of Life Sciences in Prague using the methods of natural weather aging. For all coating systems, the pre-treatment kit proved to be a more durable variant, but each coating system showed a different change in properties. A significant change in gloss and color was demonstrated, but the sealing did not have a significant effect on the wettability of the surface and the free surface energy of the sealant. The most significant change in properties was recorded for water-based coatings, which were used in coating systems 3 and 4, and even from the visual point of view, these coatings were evaluated most positively.

KEYWORDS

oak wood, pretreatments, transparent coatings, exterior, durability

OBSAH

1	ÚVOD	13
2	CÍLE PRÁCE	14
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED PROBLEMATIKY	15
3.1	Dřevo exponované v exteriéru	15
3.1.1	Atmosférická degradace dřeva.....	16
3.2	Nátěry na dřevo v exteriéru	19
3.2.1	Transparentní nátěry v exteriéru	19
3.2.1.1	Možnosti zvýšení odolnosti transparentních nátěrů	20
3.3	Degradace dubového dřeva v exteriéru	22
3.3.1	Dub letní (<i>Quercus robur</i> , English oak)	22
3.3.1.1	Makroskopická stavba.....	22
3.3.1.2	Mikroskopická stavba	23
3.3.1.3	Chemické složení	23
3.3.2	Specifické degradace nátěrů na dřevě dubu letního.....	25
3.4	Možnosti zvýšení životnosti nátěrů na dřevě dubu	29
3.4.1	Prvotní úpravy rostlého dřeva	29
3.4.1.1	Vliv úpravy povrchů	29
3.4.1.2	Plnění pórů	30
3.5	Testování exteriérových nátěrů	34
3.5.1	Exteriérové zkoušky	34
3.5.2	Testované vlastnosti nátěrů.....	35
3.5.3	Výzkumy v oblasti nátěrových hmot na dřevě dubu	37
4	METODIKA	38
4.1	Použitý materiál	38
4.2	Příprava zkušebních vzorků	38
4.2.1	Výroba zkušebních vzorků	38
4.2.2	Kódování zkušebních vzorků.....	39
4.2.3	Tmelení pórů epoxidovou pryskyřicí.....	40
4.2.4	Nanášení jednotlivých vrstev	40
4.2.5	Ostatní dokončující operace.....	41
4.3	Použité nátěrové systémy	42
4.3.1	Nátěrové systémy na rozpouštědlové bázi	42
4.3.2	Nátěrové systémy na vodní bázi	42
4.4	Zkouška přirozeným stárnutím	43

4.5	Měřené vlastnosti	44
4.5.1	Smáčivost povrchu a volná povrchová energie	44
4.5.2	Změna lesku	46
4.5.3	Změna barvy	47
4.6	Statistické vyhodnocení	49
5	VÝSLEDKY	50
5.1	Změna volné povrchové energie	50
5.2	Změna smáčivosti povrchu	51
5.3	Změna barvy	52
5.4	Změna lesku	56
5.5	Vizuální hodnocení.....	57
6	DISKUZE	59
6.1	Volná povrchová energie	59
6.2	Smáčení povrchu	60
6.3	Barevné změny	61
6.4	Lesk.....	62
6.5	Vizuální hodnocení.....	63
7	ZÁVĚR	65
	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	66
	SEZNAM PŘÍLOH.....	74
	PŘÍLOHY	75

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 Elektromagnetické spektrum	16
Obrázek č. 2 Schéma zobrazující princip účinku jednotlivých typů UV a VIS ochrany	20
Obrázek č. 3 Mikroskopická stavba dubu letního.....	22
Obrázek č. 4 Mikroskopické řezy 40x zvětšeno	23
Obrázek č. 5 Tangenciální řez poukazující na rychlejší degradaci jarního dřeva s velkými otevřenými póry	25
Obrázek č. 6 Příklad trhlin u exponovaného dubu v exteriéru	26
Obrázek č. 7 Plnění pórů při moření.....	31
Obrázek č. 8 Plnění pórů pryskyřicí a vápennou pastou.....	31
Obrázek č. 9 Reprezentace odrazu světla	36
Obrázek č. 10 Zhotovené vzorky před povrchovou úpravou.....	38
Obrázek č. 11 Ukázka kódování vzorků	39
Obrázek č. 12 Ruční broušení vzorků po vytvrzení.....	40
Obrázek č. 13 Nanášení silikonu na čelních plochy vzorků	41
Obrázek č. 14 Označení míst na vzorku a oblasti měření.....	44
Obrázek č. 15 Příklady smáčivosti a jednotlivé složky energií.	44
Obrázek č. 16 Goniometr Krüss DSA 30E	45
Obrázek č. 17 Leskoměr MG 268 Series	46
Obrázek č. 18 Barevný prostor Lab	48
Obrázek č. 19 Spektrofotometr Konica Minolta 600d.....	49
Obrázek č. 20 Jednotlivé sady vzorků v průběhu 9 měsíční expozice	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Naměřené hodnoty povrchové energie v závislosti na dokončení povrchu	28
Tabulka č. 2 Přehled kódování vzorků	39
Tabulka č. 3 Přehled doby vytvrzení a doporučených nánosů jednotlivých nátěrů u vzorků bez plniče pórů	41
Tabulka č. 4 Přehled klimatických podmínek v průběhu expozice	43
Tabulka č. 5 Tabulka vyhodnocení stupně lesku	47
Tabulka č. 6 Velikost barevných změn	48
Tabulka č. 7 Rozdíly jednotlivých měřených vlastností mezi 0 a 9 měsícem expozice	50
Tabulka č. 8 Naměřené hodnoty volné povrchové energie u prvotně upravených a neupravených povrchů	50

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 Změny KÚ jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	51
Graf č. 2 Celkové barevné změny ΔE^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	52
Graf č. 3 Změny souřadnice L^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	53
Graf č. 4 Změny souřadnice a^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	54
Graf č. 5 Změny souřadnice b^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	55
Graf č. 6 Změny lesku jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice	56

SEZNAM ZKRATEK

CIE – model vytvořený mezinárodní komisí pro osvětlení

cm – centimetr

ČSN – Československá státní norma (později Československá norma)

EN – Evropská norma

GU – Gloss Unit (jednotka lesku)

HALS – světelné stabilizátory bráněného aminu

IČ – infračervené záření

ISO – International Organization for Standardization (mezinárodní organizace pro normalizaci)

KÚ – kontaktní úhel

m – metr

m² – metr čtvereční

m³ – metr krychlový

mJ/m² – milijoule na metr čtvereční

ml – mililitr

mm – milimetr

mN/m – milinewton na metr

pH – (potential of hydrogen) vodíkový exponent určující kyselost a zásaditost

R – drsnost povrchu

Ra – průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti

rad. – radiální plocha

RTG – rentgenové záření

Sb. – sbírka zákonů

tang. – tangenciální plocha

UV – ultrafialové záření

UVA – absorběry ultrafialového záření

1 ÚVOD

Používání dřevěných výrobků v exteriéru se převážně v poslední době stává více populární. Nevýhodou exteriéru je, že se s ním oproti interiéru pojí nepříznivější podmínky, a proto je v něm naše dřeviny vhodné chránit. Z praktického hlediska máme k ochraně dřeva více možností, ale nejčastěji se volí ochrana chemická v podobě nátěrových hmot. U dřevin s výraznou kresbou je tato ochrana ještě doplněna o touhu po dokončování povrchů transparentními případně semitransparentními nátěry. Právě tyto nátěry jsou v souvislosti s touto poptávkou stále více zkoumány a zdokonalovány. Důvodem je, že u těchto typů nátěrů nastává v exteriéru problém s jejich životností, kdy oproti pigmentovým vyžadují vyšší a častější údržbu. Ještě větších úskalí se ukazuje při natírání dřevin se specifickou anatomickou strukturou, jako jsou kruhovitě pórovité dřeviny, a dřevin s vysokým počtem extraktivních látek.

Z těchto důvodů bylo pro tuto diplomovou práci zvoleno dubové dřevo, u kterého se oba tyto problémy vyskytují na vysoké úrovni. Dalším důvodem pro zkoumání dubového dřeva byl i ten, že se vlivem globálního oteplování na území České republiky (a celkově v celé střední Evropě) budou postupem času vytvářet pro dub vhodnější podmínky. Podle předpokladů by vhodné podmínky pro dub na celém území České republiky měly být již někdy v letech 2070–2100 (Hanewinkel a kol. 2013).

I když je dub sám o sobě trvanlivý a udává se, že může bez dodatečné ochrany v exteriéru plnit funkci i 15 let, problém nastává v jeho natírání a udržení jeho původního vzhledu. Proto i mnoho velkých výrobců nátěrových hmot (Adler, Remmers, OSMO atd.) některé své nátěry na dubové dřevo nedoporučují, nebo doporučují, ale pouze za určitých podmínek. Z těchto důvodů se obecně u všech dřevin s výraznými póry a početnými extraktivními látkami zkoumají způsoby, jak tyto stěžečnosti odstranit nebo omezit. Právě na toto téma je zaměřena tato diplomová práce, která se zabývá vybranými způsoby zvýšení trvanlivosti transparentních nátěrů na dubovém dřevě a popisuje vliv vyplňování povrchových pórů na různé kombinace nátěrů.

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce je prozkoumat vliv epoxidové pryskyřice aplikované jako plnič pórů v rámci předúpravy na dubové dřevo. Dále popsat a prozkoumat vliv této předúpravy na zvýšení celkové trvanlivosti následně aplikovaných exteriérových transparentních nátěrových systémů.

- Dílčími cíli pro splnění hlavního cíle bude prozkoumání vlivu předúpravy na změny barvy, lesku a smáčivosti povrchu vybraných nátěrových systémů. A to vždy po 3 měsíčních intervalech v průběhu 9 měsíců exteriérové expozice. Dále také stanovení vlivu předúpravy na volnou povrchovou energii dubového dřeva.
- Vizualně porovnat jednotlivé nátěrové systémy a sady mezi sebou.
- Vyhodnocení nejlepší možné varianty ze zkoumaných nátěrových systémů a doporučení pro praxi.
- Popsání a rozebrání problematiky transparentních nátěrových systémů na dubovém dřevě exponovaném v exteriéru.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED PROBLEMATIKY

Dřevo exponované převážně v exteriéru není stálé a neustále degraduje, a to hlavně vlivem abiotických, ale i biotických činitelů (Reinprecht 2008). Z toho důvodu je nutné exponované dřevo dostatečně chránit. K zajištění požadované životnosti se nabízejí tři možnosti, a to buď ochrana konstrukční, chemická, anebo volba vhodné dřeviny do daného prostředí. Nejúčinnější a nejekologičtější z hlediska ochrany je konstrukční ochrana, ale ta nelze použít vždy (Solar 2014). Proto jsme v mnoha případech nuceni k použití chemické ochrany (Ptáček 2009), u které narážíme na problém rozdílné anatomické stavby dřeva a různého chemického složení. Z těchto hledisek nelze přesně určit chemickou úpravu, která by byla vhodná pro všechny dřeviny. Problém nastává zejména u kruhovitě pórovitých dřevin jako je například dub. To tlačí výzkumy k neustálému zkoumání nových nátěrových systémů a variant úprav, které by braly v úvahu jak anatomii jednotlivých druhů dřevin, tak i nově vynalezené technologie (Pánek a kol. 2019a).

3.1 Dřevo exponované v exteriéru

Exponované dřevo v exteriéru podléhá na jednu stranu degradacím biotickým, které jsou způsobené dřevokaznými a dřevozbarvujícími houbami, plísněmi, bakteriemi a dřevokazným hmyzem (Pánek 2015). Bakterie mají na degradaci dřeva malý vliv, ale jejich přítomnost může vést k vážnějšímu napadení ostatními škůdci (Bulian a Graystone 2009). Biotickým degradacím se snažíme předejít různými biocidními látkami a zabráněním vzniku podmínek, které by pro tyto škůdce byly vhodné (Ptáček 2009). Na druhou stranu při expozici dochází i k degradacím abiotickým, které jsou způsobené vlivy vnějšího prostředí a řadíme mezi ně degradace termické, chemické a atmosférické (Pánek 2015). Pro bližší pochopení degradace dřeva je nutné alespoň obecně jednotlivé faktory, převážně atmosférickou degradaci, blíže specifikovat.

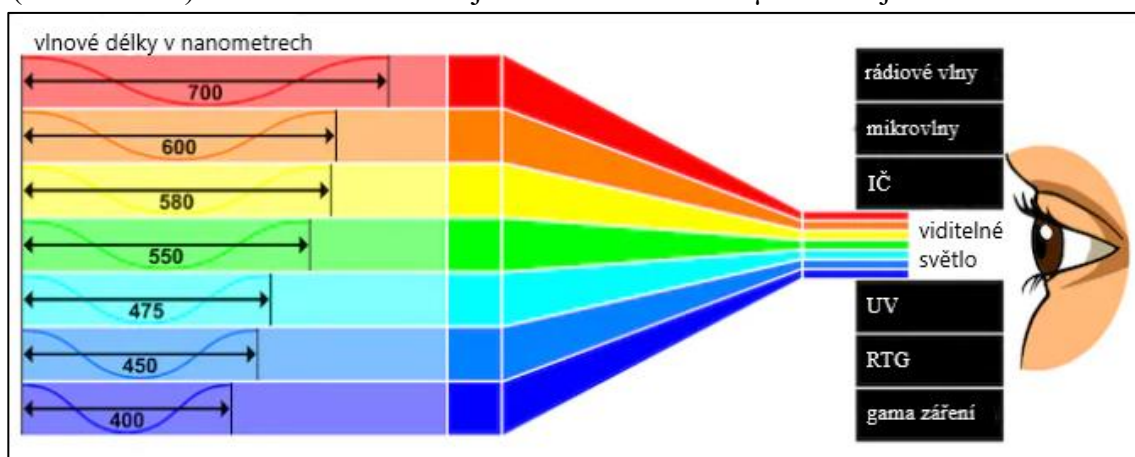
Termickou degradací se rozumí působení na dřevo vysokými teplotami, a proto tento typ degradace za normálních podmínek nastává jen ojediněle a za zvláštních situací (požár apod.). Chemická degradace může v exteriéru nastat pouze v malé míře a ve výjimečných případech, a to při spolupůsobení atmosférické degradace. Jedná se zejména o emise, které jsou přítomné v ovzduší. Tyto degradace se potom nazývají atmosféricko–chemické (Reinprecht, 2008).

3.1.1 Atmosférická degradace dřeva

Někdy se atmosférická degradace označuje jako degradace vlivem povětrnostních vlivů nebo zvětrávání (Sell a Feist 1986). Probíhá nepřetržitě v čase a nejvíce se na ní podílí vlhkost, záření a teplota (Reinprecht 2008). Do jaké míry a jak rychle k degradaci dojde potom určují specifické podmínky polohy a orientace vůči světovým stranám a další faktory (Kaila 1987). Při dlouhodobé expozici dřeva mohou být degradace způsobeny kombinovaným účinkem tepelné oxidace vzduchem a kyslíkem, který se částečně rozpustí ve vodě, a také hydrolyzou kyseliny ve vodě a kyselinami obsaženými ve dřevě (Matsuo 2011).

- **Záření**

V běžných exteriérových podmínkách se mu nedá zcela zabránit. V interiéru je tato degradace omezena zastřešením a menší plochou kterým by záření mohlo pronikat (pouze přes okna) (Pánek 2015). Sluneční záření můžeme rozdělit na viditelné, UV a IČ (Obrázek č. 1). Proniknutí do dřeva je v rádech od stovek μm až do jednotek mm.



Obrázek č. 1 Elektromagnetické spektrum, [online] (Barewalls 2020)

Viditelné záření VIS (vlnová délka 700 až 400 nm) – na povrchy dřeva má pouze mírný fotodegradační účinek. Proniká max. do hloubky 200 μm od povrchu (Cogulet a kol. 2018). Viditelné se nazývá kvůli schopnosti lidského oka toto záření rozpoznat.

Infračervené záření IČ (vlnová délka 0,3 mm až 700 nm) – dělí se na blízké, střední a dlouhé. Dlouhé IČ je absorbované atmosférou, střední vyzařují předměty ve formě tepelného záření a krátké se podobá viditelnému záření (Černoch a kol. 2012).

Ultrafialové záření UV (vlnová délka 400 až 10 nm) – rozeznáváme tři druhy UV: UVA (400–320 nm) z 95 %, UVB (320–290 nm) nebezpečnější, ale je zachytáváno

v ozonové vrstvě atmosféry a UVC (pod 280 nm) je nejtvrďší, ale vzniká díky němu ozonová vrstva (Černoch a kol. 2012). Způsobuje výrazné fotodegradační reakce. UV záření proniká do dřeva pouze cca do hloubky 75 μm od povrchu, což je méně než viditelné světlo, tam ale způsobují fotochemické reakce. Tento typ záření ale na druhou stranu našel i přínosné použití, například ke sterilizaci a likvidaci bakterií (Černoch a kol. 2012). Dále tento typ záření také často používají UV komory (Lambourne a Strivens 1999).

- **Voda**

Jeden z největších problémů v tomto ohledu je ten, že je dřevo hygroskopický materiál, to znamená, že dokáže přijímat a odevzdávat vodu (adsorpci a desorpci), a to jak v kapalně, tak i v plynné formě. Přijímání vody v plynném stavu nelze zabránit, ale její působení není příliš významné. Oproti tomu přijímání vody v kapalném stavu (dešťové vody) je závažné velmi, ale v mnoha případech tomu lze zabránit konstrukční ochranou (Solař 2014). Kontrola vlhkosti je také velmi důležitá z hlediska optimálních podmínek pro biotické škůdce, kdy pro dřevokazný hmyz jsou podmínky vhodné již okolo 10 %, zatímco u dřevokazných hub až od 30 % a výše (Ptáček 2009).

- **Proudění vzduchu**

Problematika proudění je spojená s unášením prachových částic, které pomalu obrušují a zdrsňují povrch materiálů, nebo se na povrchu usazují (Pánek 2015). U jehličnatých dřevin dochází k obrušování povrchu ve větší míře než u listnatých dřevin a je u nich více patrná plastická struktura vlivem většího úbytku jarního než letního dřeva. To je dáno rozdílem hustot (Williams a Feist 1999). Kyslík, který je vždy přítomen v proudícím vzduchu, přispívá k degradaci oxidací. Vlivem kyslíku oxidují syntetické polymery jednak v nátěrových hmotách (akrylátových, polyuretanových atd.), ale i polymery přírodní obsažené ve dřevě (Cogulet a kol. 2018).

- **Teplota**

Působením teploty dřevo mění svoje rozměry, tento děj se nazývá tepelná roztažnost. Tepelná roztažnost dřeva je 10^4 krát menší než bobtnání a sesychání, a proto není tolik důležitá a v praxi se vliv zanedbává (Hoadley 2000). Při teplotě 20 °C a intenzivním slunečním zářením se bílé povrchy mohou dostat až na teplotu 40 °C a tmavé povrchy až na teplotu 80 °C (Kaila 1987). Vyšší teplota také urychluje vysychání povrchových vrstev dřeva a dochází k většímu vlhkostnímu spádu a značnějším trhlinám (Pánek 2015). Čistě teplota má na rostlé dřevo výrazný vliv až nad hranicí 150 °C, kdy dochází k chemickým a fyzikálním změnám v důsledku tepelného rozkladu hemicelulóz. Takto cíleně upravené dřevo ale na druhou stranu pozitivně ovlivňuje míru bobtnání a sesychání (ThermoWood® Handbook 2003). Tepelné úpravy nad hranicí 200 °C se také ukazují jako účinné preventivní ochrany proti některým biologickým škůdcům (Hill 2006).

- **Ostatní vlivy**

Mezi další vlivy v exteriéru můžeme zařadit například již zmíněné kyselé deště, které výrazně ovlivňují degradaci chemických komponentů dřeva (Pánek 2015). Mezi nejvíce náchylné na chemikálie patří hemicelulózy a dále amorfní složky celulózy (Kačík a Tribulová 2020). Do této kategorie také můžeme zařadit mechanické vlivy, například sezónní zatížení a rázové zatížení, způsobené nejčastěji sněhem a ledem (Pánek 2015).

Výsledky působení výše zmíněných faktorů

Povrch dřeva postupem času vlivem převážně UV záření a vody mění svůj vzhled. Odborně se tento jev nazývá eroze povrchu. Světlé dřeviny většinou tmavnou (Dawson a kol. 2008) a tmavé dřeviny naopak obvykle získávají světlejší barvu (Sell a Feist 1986). UV záření způsobuje fotodegradaci ligninu a tím dřevo získává tmavší barvu. Pokud současně působí i voda, tak se ze dřeva vyplavují tmavé produkty ligninu vzniklé fotodegradací. Tím dřevo zase naopak získává světlejší barvu (Reinprecht 2008). Dřevo exponované v exteriéru ztratí za století úbytek povrchové hmoty v rozmezí od 1 do 13 mm. Množství úbytku závisí zejména na hustotě a tloušťce buněčných stěn (Sell a Feist 1986).

3.2 Nátěry na dřevo v exteriéru

Použitím nátěrových hmot vzniká obvykle konečná povrchová úprava, která má za úkol chránit povrch dřevěných výrobků a zvyšovat jejich vzhled. Otázka vzhledu je však kontroverznější. Každý člověk má individuální vkus a preference, a proto je estetická potřeba u každého různorodá (Hoadley 2000). Nátěrové hmoty jsou tvořené těkavými a netěkavými složkami. Pod netěkavé složky se zahrnují filmotvorné látky, barviva, plniva, tvrdidla, urychlovače a zvláčňovadla. Mezi těkavé složky patří organická a anorganická rozpouštědla, která se používají k rozpouštění filmotvorných látek, aby je bylo možné nanášet. Dále potom ještě k čištění nanášecích prostředků (Liptáková a Sedláčik 1989). V České republice existuje Nařízení vlády č. 215/2016 Sb. (ve znění nařízení vlády č. 312/205 Sb.), které nařizuje povinnou certifikaci nátěrových hmot (Pánek 2015).

Pro exteriér jsou na nátěrové hmoty kladeny vyšší nároky než pro interiér, protože v exteriérové expozici působí více degradačních faktorů a mnohem silněji. V dnešní době se také klade velký důraz na ekologii (Cogulet a kol. 2018).

- Podle krycí schopnosti nátěrové látky dělíme na:
 - transparentní – zachovávají přírodní vzhled podkladu,
 - pigmentové – na povrchu podkladu vytvoří film, který může být buď částečně, nebo většinou úplně neprůhledný.
- Podle místa použití:
 - interiérové,
 - exteriérové,
 - speciální (Pánek 2015).

3.2.1 Transparentní nátěry v exteriéru

Dřevo má jedinečnou estetickou vlastnost lišící se od ostatních materiálů, a tou je jeho textura. Z toho důvodu je na něj ve většině případů kladen důraz, aby si svoji přirozenou texturu zachovalo. Transparentní nátěry nutně nemusí být bez barvy, ale omezují se u nich pigmenty a barviva, tak aby se nestaly neprůhlednými (Bulian a Graystone 2009).

Exteriérové transparentní nátěrové hmoty na dřevo byly předmětem zájmu v 50. a 60. letech minulého století. Výzkumy byly podníceny ze strany veřejnosti, která chtěla i v exteriérových podmínkách čím dál více povrchy dokončovat tak, aby u dřevěných

výrobků byla patrná jejich textura. První výzkumy v Evropě byly provedeny kolem roku 1960, kdy se došlo k výsledkům, že pouze 20 % transparentních nátěrových hmot určených pro exteriér je pro exteriér vhodných (Evans a kol. 2015). V současné době jsou udávány záruční lhůty na životnost transparentních nátěrů i 5 let (Cogulet a kol. 2018). Většina ale přestává plnit svoji funkci přibližně po 2 letech (Evans a kol. 2015).

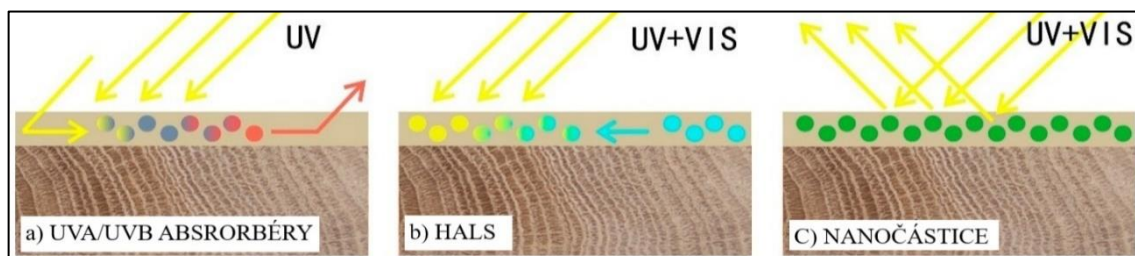
Shrnutím v pár větách se tedy dá říct, že mezi hlavní výhody transparentních nátěrů patří nezměnění přirozené textury, ale za cenu kratší životnosti a nutnosti častější obnovy nátěrového filmu. Další výhodou transparentních nátěrů je také možnost vytvořit povrch s otevřenými a polootevřenými póry, což může být u pigmentových nátěrů omezené (Bulian a Graystone 2009). Trvanlivost transparentních nátěrů je tedy ve většině případů dosti omezená, a proto se při jejich použití doporučuje používat různé modifikace (Matan a Matan 2012).

3.2.1.1 Možnosti zvýšení odolnosti transparentních nátěrů

Využívají se buď ve formě základových nátěrů, nebo jako modifikace přímo nátěrových hmot (Evans a kol. 2015). Tyto modifikace se snaží zesílit slabá místa dřevěných materiálů a dodat v tomto ohledu dřevěným povrchům delší trvanlivost (Petrič 2013).

- **Ochrana vůči UV a VIS záření**

Mimo UV záření degraduje dřevo i část viditelného spektra (VIS) (Bulian a Graystone 2009). Dnes tyto látky dělíme na UV absorbéry, HALS a nanočástice (Obrázek č. 2) (Pánek a kol. 2018). Aplikace může být buď jako předúprava ve formě nátěru, vrchní transparentní krycí vrstva, nebo jako aditivum do nátěrových hmot (Pánek a kol. 2019a).



Obrázek č. 2 Schéma zobrazující princip účinku jednotlivých typů UV a VIS ochrany (Pánek a kol. 2018)

a) **UVA/UVB absorbéry** – absorbují a chrání před UV zářením (Pánek a kol. 2018). UV záření je po dopadu přeměněno na teplo a následně rozptýleno (Aloui a kol. 2007).

b) **HALS** (hindered amine light stabilizers) zachycují volné radikály, které vznikají při rozkladu ligninu UV zářením a následně je neutralizují (Pánek a kol. 2018). Na rozdíl od UV absorbérů chrání povrchy i před VIS (Bulian a Graystone 2009).

c) **nanočástice** – nejčastěji oxid zinečnatý (ZnO), oxid ceričitý (CeO₂) a oxid titaničitý (TiO₂). Nanočástice UV a VIS záření odráží a rozptylují (Nair a kol. 2018).

- **Ochrana vůči vodě**

Tato modifikace byla vyvinuta za účel přeměny dřeva na hydrofóbní materiál, aby se tak stalo musí se upravit volná povrchová energie povrchu (Hill 2006). V zahraničních výzkumech jsou tyto látky označovány jako vodní repelenty (Petrič 2013). Tyto modifikace se naopak od celoobjemových snaží vodu cíleně zachytit před vsáknutím pod povrch (Žlahtič a Humar 2016). Nejčastěji se používají systémy obsahující oleje, vosky, rozpouštědla a v malé míře i pryskyřice (Reinprecht 2008).

- **Biocidní prostředky**

Jedná se o sloučeniny působící proti dřevokazným houbám (fungicidy), dřevokaznému hmyzu (insekticidy), bakteriím (baktericidy) a případně i proti hlodavcům (rodenticidy) (Dejmal 2017). Používají se anorganické kationty a anionty stříbra, zinku, mědi, fluóru, rtuti, boru atd., nebo organické extraktiva z odolnějších dřevin nebo i organismů (Matan a Matan 2012).

- **Retardéry hoření (antipyreny)**

Jsou to látky, které potlačují, nebo zpomalují hořlavost dřeva. Dřevo podle ČSN EN 13501-1 patří podle reakce na oheň do třídy D, tedy středně hořlavý materiál (Dejmal 2017). Podle způsobu ochrany je dělíme na fyzikální a chemické (Bulian a Graystone 2009).

Mimo výše popsané prostředky se v menší míře používají například i prostředky zmatňující povrch, zvyšující lesk, vyhlazovače povrchu, smáčedla a změkčovadla (Bulian a Graystone, 2009).

3.3 Degradace dubového dřeva v exteriéru

Tato kapitola nejdříve popisuje dub letní, kde se zabývá jeho makroskopickou a mikroskopickou strukturou. Dále se zabývá specifickými jevy, které se u exteriérově exponovaného dubového dřeva vyskytují.

3.3.1 Dub letní (*Quercus robur*, English oak)

Ve světě rozeznáváme přes 400 druhů dubů a podle dřeva rozlišujeme duby na „bílé“ a „červené“. Nejrozšířenější zástupci dubů u nás, dub letní a dub zimní, se řadí do skupiny „bílých“ dubů (Hrčka a kol. 2018). Podle normy ISO EN 350 (2019) se jádrové dřevo řadí do třídy trvanlivosti 2 a jeho objemová hmotnost se pohybuje kolem 710 kg/m^3 při 12 % vlhkosti a řadí se mezi dřeva středně sesychává (Wagenführ 2007). Dub je kruhovitě pórovitá jádrová dřevina s poměrně úzkou bělí přibližně 3 cm. Jádro dubu letního má světle až tmavě hnědou barvu a běl je většinou nažloutlá až světlehnědá. Jádro se vytváří poměrně brzy a je oproti bělovému dřevu odolnější (Rowell 2012).

3.3.1.1 Makroskopická stavba

Je charakteristický okem viditelnou pórovitostí, která je u dubu letního kolem 57 % a má výrazné dřevné paprsky viditelné na všech řezech (Wagenführ 2007). Na příčném řezu jsou dobře viditelné velké cévy v jarním dřevě a menší cévy v letním dřevě, které jsou uspořádány do zvlněných řad tzv. plamenců (Obrázek č. 3) (Zeidler a Borůvka 2016). Dřeň dubu má hvězdicovitý tvar (Požgaj a kol. 1993). Dřevné paprsky jsou u dubu obzvláště široké a tvoří na radiálním řezu charakteristické stříbrné odlesky (Obrázek č. 3) (Bulian a Graystone 2009).



Obrázek č. 3 Mikroskopická stavba dubu letního příčný řez (vlevo), tangenciální řez (uprostřed) a radiální řez (vpravo), šipky ukazují na stříbrné odlesky a plamence (Wagenführ 2007)

V našich podmínkách se vyskytují další zástupci dubů, převážně dub zimní. Na základě dřeva od sebe naše jednotlivé zástupce nelze rozeznat (Zeidler a Borůvka 2016).

3.3.1.2 Mikroskopická stavba

Průměr jarních cév je u dubu v rozmezí 150–350 μm (někdy se udává až 1 mm) a letních 30–140 μm . Délka vláken bývá do 1,74 mm (Wagenführ 2007). Ve dřevě se často vyskytují thyly. Dub je dále charakteristický pro vysoký obsah extraktivních látek (Zeidler a Borůvka 2016). Thyly ve dřevě snižují propustnost pro kapaliny. V případě extraktiv se ukázalo, že na propustnost vliv nemají nebo mají, ale pouze v malé míře (De Meijer 2005).



Obrázek č. 4 Mikroskopické řezy 40x zvětšeno, příčný řez (vlevo), tangenciální řez (vpravo) (Wagenführ 2007).

3.3.1.3 Chemické složení

Chemické látky ve dřevě dubu, a ostatně u všech dřevin, můžeme rozdělit na makromolekulární látky a látky s nízkou molekulovou hmotností. Dřevní hmotu tvoří zejména organické makromolekulární látky (u dubu do 92 %) a dále také v menší míře nízkomolekulární (doprovodné) látky (Bulian a Graystone 2009).

- **Makromolekulární látky** ve dřevě, hlavní složky dřeva, jsou rozděleny na sacharidickou a aromatickou část. U dubu letního bylo naměřeno zastoupení sacharidické části z 67 % (38 % celulózy a 29 % hemicelulózy) a aromatické části z 25 % (lignin) (Hrčka a kol. 2018). Poměr jednotlivých hlavních složek je rozdílný v závislosti na geografické poloze, části stromu a dalších faktorech (Rowell 2012).
- Dále dřevo dubu obsahuje **látky s nízkou molekulovou hmotností**, a to jak **anorganické** (oxidy a soli), tak i **organické sloučeniny** (extraktiva).

Anorganické látky jsou spojovány většinou se spalováním dřeva (mineralizací), protože z nich vzniká popel a dají se tak získat. U dřev dubových druhů bývá podíl popela většinou do 0,5 % (Rowell 2012), u dubu letního zhruba 0,2 % (Hrčka a kol. 2018).

Organické látky (extraktivní, protože se ze dřeva dají extrahovat různými rozpouštědly) tyto látky mají vliv na barvu dřeva, přirozenou odolnost, vůni a jsou důležité i pro povrchovou úpravu (Požgaj a kol. 1993). Některé extraktivní látky plní metabolické funkce, jiné jsou odpadním produktem a jejich přítomnost v jádrovém dřevě poskytuje ochranné vlastnosti. U některých se ani doposud přesně neví, k čemu slouží (Rowell 2012). Podle chemického složení je rozdělujeme na aromatické fenolové sloučeniny, alifatické sloučeniny a terpeny a terpenoidy (Sivrikaya a kol. 2009).

- **Fenolické látky** jsou ve dřevě po množství sacharidů zastoupeny na druhém místě. Vyskytují se hlavně v jádrovém dřevě a jsou zodpovědné za barvu a přirozenou trvanlivost. Můžeme je rozdělit do 4 skupin: lignany, stilbeny, flavonoidy a taniny (trísloviny). Lignany jsou stabilní a na rozdíl od stilbenů zářením netmavnou (Rowell 2012). Flavonoidy jsou extrahovatelné vodou a jsou také zodpovědné za barvu dřeva (dub červený) (Kačík a Tribulová 2020). Taniny reagují s kovem a zejména u dubu se na povrchu při styku vytváří tmavé skvrny.
- Mezi **alifatické deriváty** patří mastné kyseliny, tedy tuky a vosky (nejčastější problém u natírání tropických dřevin).
- **Terpeny** jsou látky obsažené převážně v jehličnanech, patří mezi ně například terpentýn, který se dříve používal k rozpouštění barev (Kačík a Tribulová 2020).

U dubu letního bylo izolováno více než 20 různých hydrolyzovatelných taninů (Rowell 2012). Hydrolyzovatelné taniny většinou obsahují vícesytný alkohol, obvykle D – glukózu. Ve dřevě dubu letního byly nalezeny například vescalagin, castalagin, kyselina ellagová, kyselina gallová a vanilin (Günther a Mosandl 1986).

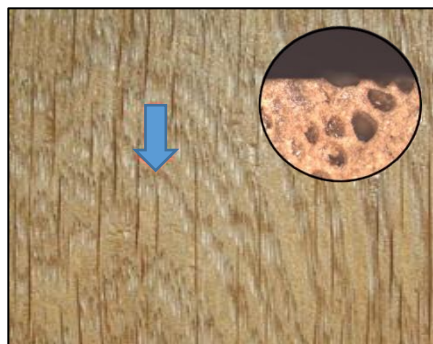
Taniny u čerstvě poraženého dubového dřeva také způsobují nakyslý pach (Zeidler a Borůvka 2016). Hodnoty pH jádrového dřeva se u dřevin obecně pohybují od 3,0. To dub vychyluje od většiny ostatních dřevin, protože se u něj nejčastěji pohybují hodnoty pH v rozmezí 4 – 5. Kyselost je způsobena volnou kyselinou octovou, a způsobuje korozi kovových materiálů. Kyselost může v některých případech ovlivnit i nátěr (Bulian a Graystone 2009).

3.3.2 Specifické degradace nátěrů na dřevě dubu letního

Výrobci jako Adler, Remmers a mnoho dalších často své nátěrové systémy nedoporučují na dubové dřevo v exteriéru (Příloha č. 1). Jak již bylo výše uvedeno důvodem je jeho pórovitost a vysoký obsah extraktiv. Jednotlivé případy jsou uvedené v přílohách.

- **Pórovitost**

Díky pórovitosti povrchu dubu je znemožněno nanesení rovnoměrné vrstvy nátěrového systému. Díky velkým pórům je také problematická přilnavost nátěrových hmot (De Meijer 2005). V praxi to potom vypadá tak, že v místech pórů (v jarním dřevě) dochází k degradaci nátěru nejdříve a nejrychleji (Obrázek č. 5) (Pánek a kol. 2019b).



Obrázek č. 5 Tangenciální řez poukazující na rychlejší degradaci jarního dřeva s velkými otevřenými póry (Pánek a kol. 2019b)

Právě pórovitost má souvislost i s extrakčním krvácením a reakcí extraktiv s nátěrovým systémem, protože právě otevřenými póry se ve velké míře vodorozpustná extraktiva dostávají na povrch, kde následně dochází k barevným změnám (Burke a kol. 2010). Z těchto důvodů je tedy vhodné použití plniců pórů, kterým se věnuje kapitola 3.4.1.2.

- **Extraktiva ve dřevě**

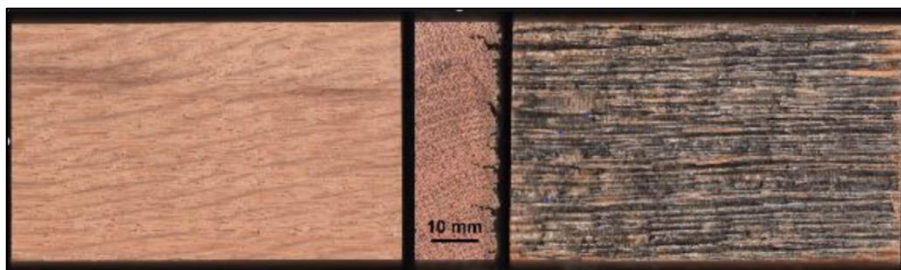
Extrakční krvácení může být patrné u všech dřevin, ale u dřev s jejich vysokým obsahem, jako například dub, je nejčastější (Reinprecht 2008). Nejčastěji se vyskytuje kolem spojovacích prvků. To je následek přerušování dřevěných buněk, tedy následným hromaděním extraktiv na povrchu vyplavováním vodou a jejich reakce s kovem (Bulian a Graystone 2009). Jsou také náchylné na UV záření, a i to může vést ke změně barvy povrchu. Taniny sice na krátkou dobu dokážou odolávat, ale časem se poruší. Extraktiva mají také silně negativní vliv na smáčení povrchu (Sivrikaya a kol. 2009; Kropat a Hubbe 2020). Také mohou často vyvolat reakci s nátěrem vlivem oxidace

(Rowell 2012). V neposlední řadě také mohou prodloužit dobu vytvrzení nátěrových filmů (Bulian a Graystone 2009).

Studiem extraktiv dubového dřeva se zabýval Günther a Mosandl (1986), kteří je zkoumali v souvislosti se zráním alkoholu. Extrakčním krvácením se zabýval dále Burke a kol. (2010).

- **Praskání povrchu**

Tento jev způsobuje převážně vlhkost a teplota. Vlivem jejich změn vzniká mezi vnitřními a venkovními vrstvami napětí, které následně vede k tvorbě povrchových trhlin (Reinprecht 2008). Zvláštním typem jsou mrazové trhliny, které jsou zapříčiněné současným působením vody a nízké teploty (Kaila 1987). Trhliny jsou závažný problém, protože postupně umožňují vodě vnikat do větších a větších hloubek a často přes ně vnikají biotičtí škůdci (Pánek 2015). Vznikem trhlin také dochází k porušení souvislé vrstvy nátěrového filmu (Obrázek č. 6) nebo k jeho odlupování a degradovaná vrstva následně již dřevo nedokáže dostatečně chránit (Williams a Feist 1999). Tangenciální plochy bývají náchylnější než radiální plochy (Kropat a Hubbe 2020). Nátěrové hmoty bývají z hlediska trhlin odolné maximálně do 80 °C (Demirci a kol. 2013).



Obrázek č. 6 Příklad trhlin u exponovaného dubu v exteriéru, vlevo zakrytý povrch při expozici a vpravo povrch při expozici nezakrytý, při stejném časovém intervalu (Kropat a Hubbe 2020).

Reinprecht a kol. (2018) publikovali, že potenciál pro makroskopické vady, jako jsou praskliny, se zvyšuje s prodloužením expozice. Uvedli, že se častěji vyskytovaly u přirozeného než u umělého zvětrávání. Vznikem a dopady trhlin se ve své studii zabýval také Kropat a Hubbe (2020), kteří popsali jejich vznik a šíření na dubovém dřevě.

- **Drsnost povrchu**

Drsnost je důležitá z pohledu rovnoměrnosti nanesení nátěrového systému, smáčivosti a adheze (Bulian a Graystone 2009). Nejčastěji se hodnotí drsnost, ta charakterizuje nerovnosti na povrchu, značí se písmenem R a udává se v μm . V praxi se nejčastěji hodnotí průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti Ra (Rousek a kol. 2012). Dosažitelné hodnoty drsnosti Ra:

řezání – v řádech desítek μm ,

frézování – většinou v jednotkách μm ,

broušení – i v desetínách μm (Nutsch a kol. 2006).

Budakci a kol. (2007) publikovali studii, která se zabývala frézováním dřeva. Zjistili, že dub v porovnání s borovicí nebo bukem má výsledný povrch nejdrsnější. Dále také uvedl, že radiální plochy vykazují hladší povrchy než tangenciální plochy.

Ve výzkumu Pánka a Reinprehta (2014) je zmíněno, že odlišná drsnost se na vliv degradace nátěru nemusí vždy jasně projevit. Obvykle ale hladší povrchy vykazují vyšší barevnou stabilitu než povrchy drsnější.

- **Delignifikace transparentně ošetřeného dřeva působením UV**

U transparentních nátěrů je největší problém v propustnosti vrstvy nátěru pro viditelné a UV záření, které fotodegraduje lignin. UV záření způsobuje štěpení kovalentních vazeb ligninu za vzniku reaktivních radikálů. Reaktivní radikály se následně transportují hlouběji do dřeva, kde dochází k řetězovým reakcím, které vytvářejí další radikály a ty dále mohou působit až v hloubce 2500 μm (Reinprecht 2008). Fotodegradacím reakcím lze předejít použitím pigmentů, to je ale mnohdy z estetického hlediska nežádoucí (Dawson a kol. 2008).

Dawson a kol. (2008) vypracovali studii, ve které odstranili lignin z povrchových vrstev (2–3 mm) kyselinou peroctovou. Zjistili, že je výsledný transparentní povrch méně fotodegradovatelný a dosahuje vyšší životnosti. Mnoho výzkumů také potvrdilo zvýšení trvanlivost UV stabilizátory (Aloui a kol. 2007; Pánek a kol. 2019a).

- **Volná povrchová energie a smáčení pórovitého povrchu**

U volné povrchové energie platí, že čím vyšší povrchovou energii podklad má, tím lépe k němu přilnou nátěrové hmoty a lepidla. Díky vysoké povrchové energii se může kapalina rychleji rozprostřít (Jankowska a kol. 2018). Homogenní povrchy mívají většinou nejvyšší povrchovou energii, což je u pórovitého dubu problém (De Meijer 2005). Adheze je tedy vyšší například u buku než u dubu (Demirci a kol. 2013). Dobře smáčivé nátěry obvykle lépe smáčí drsné povrchy a špatně smáčivé naopak hladké povrchy, proto nelze jednoznačně říct nejvhodnější povrchovou úpravu pro všechny typy nátěrových hmot (Jankowska a kol. 2018).

Jankowska a kol. (2018) ve svém výzkumu zkoumali vliv povrchové energie dubového dřeva v souvislosti s různým dokončením řezáním a krájením, případně ještě broušením. Došli k závěrům, že nejvyšší hodnoty vykazují hladké broušené povrchy. Rozdílných hodnot dosáhli také v případě různých ploch. Pokud povrch nebyl dokončen broušením, vyšších hodnot dosáhly radiální plochy. V případě dokončení broušením, ale tangenciální plochy dosáhly hodnot ještě vyšších. U krájení a broušení byly naměřené hodnoty úplně nejvyšší (Tabulka č. 1).

Tabulka č. 1 Naměřené hodnoty povrchové energie v závislosti na dokončení povrchu (Jankowska a kol. 2018)

Operace	Řezání		Řezání + broušení		Krájení		Krájení + broušení	
	rad.	tang.	rad.	tang.	rad.	tang.	rad.	tang.
Celková povrchová energie	41,49	39,53	37,14	43,92	51,53	47,86	52,44	55,29

De Meijer (2005) uvádí, že většina dřev má povrchovou energii mezi 40 a 50 mN/m a většina nátěrů má povrchovou energii mezi 30 a 40 mN/m, proto ve schopnosti smáčet dřevěný podklad nátěrovými hmotami obecně nebývá problém.

U smáčivosti povrchu Jankowska a kol. (2018) naměřili vyšší hodnoty kontaktního úhlu dubového dřeva u řezaných ploch než u krájených a při dokončení broušením se kontaktní úhel vždy ještě snížil. Smáčivost se během počáteční fáze expozice podle výzkumu Oberhofnerové a Pánka (2016) může snížit, nebo i zvýšit.

Z výzkumů tedy vyplývá, že kvalitního a trvanlivého nátěru lze dosáhnout lépe na vyrovnaných a nejlépe homogenních podkladech.

3.4 Možnosti zvýšení životnosti nátěrů na dřevě dubu

Životnost nátěrové vrstvy se může výrazně ovlivnit způsobem dokončení povrchu nebo vhodnou předúpravou. Následující kapitola se bude věnovat převážně vlivu způsobu dokončení povrchu a dále způsobu vyrovnání povrchové pórovitosti.

3.4.1 Prvotní úpravy rostlého dřeva

Úpravy dřeva můžeme obecně rozdělit na celoobjemové a na povrchové. Celoobjemové jsou například tepelné úpravy a chemické úpravy (acetylace) a jsou stejné pro celý průřez prvku (Hill 2006). Povrchové úpravy se naopak omezují pouze na vrchní, nebo na několik vrchních vrstev a nezasahují tak do celého objemu. Příprava povrchu může mít poté například i zásadní vliv na penetraci nátěru (De Meijer 2005).

3.4.1.1 Vliv úpravy povrchů

Konečný povrch dosažený během výroby může hrát velmi významnou roli v rychlosti degradace nátěrů. Jednou ze zásadních vlastností povrchu, kterou může povrch díky různým operacím získat, je jeho struktura. Strukturu povrchu se hodnotí podle drsnosti, vlnitosti a tvaru (Bulian a Graystone 2009). Způsobem dokončení ovlivníme spotřebu nátěrových hmot, nadzvedávání vláken, adhezi nátěrových látek atd. (De Meijer 2005).

- **Broušení**

Broušení je definováno jako vyhlazování povrchu odebíráním jemná frakce (jemných třísek) brusivem, za účelem vytvoření hladkého a rovnoměrného povrchu (Barcík 2009). U transparentních nátěrů se provádí broušení jak podél, tak i kolmo na vlákna, ale poslední broušení musí být jemné a musí být podél vláken (Nutsch a kol. 2006). Nejdokonalejší povrchy (s nejnižší drsností) se dají dosáhnout pouze vícestupňovým broušením s použitím různých zrnitostí, a to vždy od nejmenších k největším (Hoadley 2000). Broušením můžeme uzavřít některé póry jemným prachem dřeva, případně se do pórů mohou dostat zrna brusných prostředků, což může ovlivnit některé vlastnosti a případně nátěr (Jankowska a kol. 2018).

- **Frézování**

Frézování definujeme jako třískové obrábění materiálu otáčivým pohybem nástroje (frézy) (Barcík 2009). Vlivem frézování může docházet k částečnému stlačení povrchu a následně k postupnému uvolňování napětí. Uvolnění tlakového napětí po aplikaci

nátěrových systémů může kriticky ovlivnit nátěr v jeho celistvosti. Ke stlačení povrchu dochází nejvíce u měkkých dřevin a dále také vlivem tupých nástrojů (Bulian a Graystone 2009). Problém se stlačením povrchem nastává více u nátěrů na rozpouštědlové bázi, protože rozpouštědlo vlákna samo o sobě nezvedne a k nadzvedávání dochází až působením vody v průběhu expozice. To v extrémních případech vyústí v porušení nátěrové vrstvy (De Meijer 2005). Při frézování můžeme nerovnosti povrchu ovlivnit rychlostí posuvu na zub, otáčkami vřetene a množstvím použitých ostří na hřídeli (Budakci a kol. 2007). Platí, že nejhladší povrchy se dosáhnou vysokými otáčkami a zároveň malým posuvem, při použití více ostří povrch také vykazuje nižší drsnost (Rousek a kol. 2012).

- **Řezání**

Řezání řadíme spíše do výrobních než do dokončovacích operací povrchu, ale najdou se výjimky, kdy je řezání výhodnější (Barčík 2009). Řezané povrchy vykazují vyšší absorpční schopnosti než hoblované, což u některých nátěrů může být žádané. Jedná se o nátěry se špatnou smáčivostí, které vlivem drsnějšího povrchu lépe přilnou. Řezání může také přerozdělit některá povrchová napětí dřevěných povrchů a tím méně namáhat nátěrové systémy (Bulian a Graystone 2009). Výsledný povrch při řezání není ovlivněn pouze technologiemi, ale je také závislý na směru. Směrem řezání můžeme pozitivně nebo negativně ovlivnit, jak se na povrchu promítnou přerušené póry dřeva (Hoadley 2000).

3.4.1.2 Plnění pórů

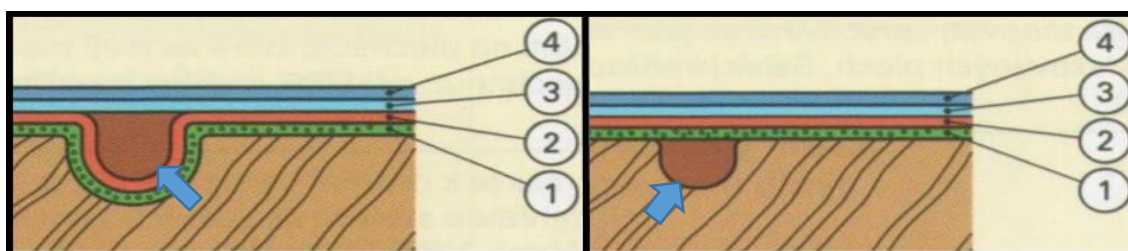
Hlavní funkcí této úpravy je uzavřít povrchovou vrstvu dřeva (převážně vyplnit velké póry u kruhovitě pórovitých dřevin) a získat tím souvislý a rovný povrch pro následné nátěrové systémy. Mimo vyrovnání povrchu se také díky zaplnění pórů sníží spotřeba nátěrové hmoty (Collier 2016). Někdy ale bývá podnětem pouze aspekt vzhledu a touha dosáhnout efektu uzavřených pórů (Bulian a Graystone 2009). Nejčastěji se provádí u dubu, ořechu a mahagonu, ale můžeme se s ním setkat i u jiných kruhovitě pórovitých dřevin (Nutsch a kol. 2006). Plnění pórů se často využívá v interiéru v souvislosti s mořením, nebo v případě, že je žádoucí dosáhnout vysoký lesk. V exteriéru se provádí za účelem vyrovnání povrchu pro následný nátěr a snížení transportu extraktiv na povrch (Wood Handbook 1999). K plnění pórů se používají plniče a základové laky. Skládají se z plnicích tělísek a pojidel. Pokud je žádoucí podpoření barvy dřeva, nebo jiné barvy, obsahují dále barviva nebo pigmenty

(Wood Handbook 1999). Dnes se na trhu nejčastěji vyskytují plniče aplikované buďto před nátěrovým systémem, nebo jako mezivrstva (Collier 2016).

Díky pórům můžeme docílit 3 druhů povrchů, a to povrchy s otevřenými póry, s uzavřenými póry a s polouzavřenými póry.

- **Využití v interiéru**

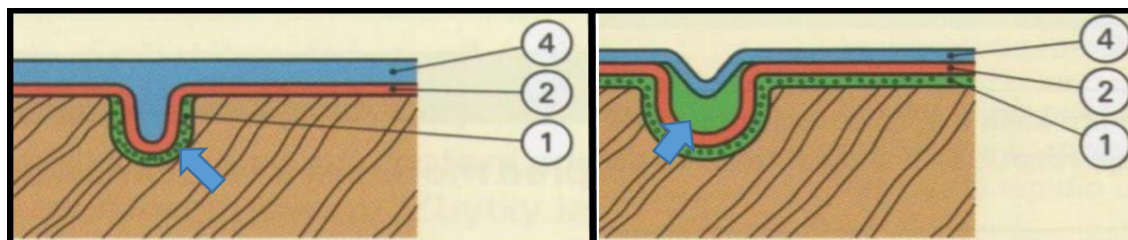
Plnění pórů u moření (Obrázek č. 7) – používají se pastové plniče v odstínu mořidla. U varianty plnění po moření se plnič vetře až po moření a nanesení základové vrstvy. Přebytek plniče se odstraní hned, nebo se po zaschnutí jemně odbrousí. V druhé variantě se povrch nejprve vyplní. Plnič se vždy musí snášet s mořidlem (Nutsch a kol. 2006).



Obrázek č. 7 Plnění pórů při moření, vlevo po moření a vpravo před mořením, 1) mořená plocha, 2) základová vrstva, 3) mezivrstva, 4) krycí vrstva, šipka značí plnič (Nutsch a kol. 2006)

- **Využití převážně v exteriéru**

Oproti interiérovým plničům, které bývají nejčastěji ve formě past, se používají převážně plniče na kapalné bázi (Obrázek č. 8), a to jak na syntetické, tak i vodní.



Obrázek č. 8 Vlevo plnění pórů pryskyřicí a vpravo vápennou pastou (většinou použití v interiéru), 1) mořená plocha, 2) základová vrstva, 4) krycí vrstva, šipka značí plnič (Nutsch a kol. 2006)

Postupy nanášení plničů pórů

- **Vyplňování pórů v rámci předúpravy**

Kapalnými plniči – při tomto způsobu se používá pojivo na bázi pryskyřic nebo olejů. Nejdříve se aplikuje plnič pórů, který se ve většině případů podle pokynů výrobce, následně nechá částečně, nebo úplně vytvrdnout. V některých případech výrobci doporučují po stanovené době (v rádech minut) z povrchu odstranit přebytečnou vrstvu. Na závěr se vytvrzená vrstva přebrousí brusným papírem (Nutsch a kol. 2006). Aplikace

plničů může být ručně nebo strojně. Ručně se provádí nanášením štětcem a válečkem. Pro strojní aplikaci lze použít stříkání, polévání a máčení (Březinová 2012).

U použití pryskyřic je nutné zvolit správnou velikost molekul, tak aby molekuly snadno pronikaly do pórů (Konstantinos a kol. 2018). Plniče na bázi pryskyřic nahrazují starší typ plničů, kdy se jako pojivo používaly oleje. Největší nevýhoda olejů byla v dlouhé době schnutí, které mohlo trvat i 24 hodin. Oproti tomu pryskyřice běžně schnou pod 1 hodinu, ve většině případech už v rádech desítek minut (Collier 2016).

Tuhými plniči – používají se tuhé pastové hmoty (většinou vosky), které se buď ručně nebo strojně vtírají do pórů. Ručně se provádí pomocí textilie, kterou se kruhovým pohybem plnič vetře do pórů. Další způsob aplikace je strojně na bruskách bez zapnutého odsávání. Po 24 hodinách se povrch vždy přebrousí (Březinová 2012).

Rychle brouitelnými plniči – většinou na nitrocelulózové bázi a po nanesení se ihned za vlhka brousí (Konstantinos a kol. 2018). Mezi nanesením a broušením se nechá odstup několik minut, ale tmel nesmí úplně zaschnout (De Ferri a kol. 2020). Odbroušené prachové mikročástice se spojí s vlhkým pojivem a vlivem přitlaku při broušení vyplní póry (Bevedo 2021).

- **Vyplňování pórů v mezivrstvě**

Do mezivrstev se mohou použít jak tuhé, tak kapalné plniče. Rozdíl je v tom, že se místo vyplnění pórů před nátěrem vyplňují póry až po nanesení napouštědla nebo základního nátěru. Povrch se po zaschnutí plniče nebrousí a rovnou se nanáší další vrstva nátěrového systému (Barvy–sokrates 2021).

Pomocí tohoto způsobu se dá docílit tzv. efekt vápenného dubu (Obrázek č. 8), kdy se u kruhovitě pórovitých dřevin po nanesení základního nátěru do pórů vetře vápenná pasta s bílými pigmenty. Po zaschnutí se odstraní přebytek pasty z povrchu a povrch se na závěr přetře matným lakem (Nutsch a kol. 2006). Při aplikaci v mezivrstvě u nátěrového systému většinou klesne jas (Collier 2016).

Výsledky výzkumů v oblasti plnění pórů:

Konstantinos a kol. (2018) zkoumali alternativní variantu, kdy použili komerční transparentní pryskyřice spolu se smirkovými prachovými částicemi. Konkrétně to byly pryskyřice polyuretanové, alkydové a epoxidové.

Szczuka a kol. (2016) publikovali výzkum, kde se zaměřili na povrchovou úpravu dubu vosky a laky. Z výsledků vyplývá, že laky a vosky mají schopnost snížit drsnost povrchu, zejména díky vyplnění pórů. Tuto schopnost má do jisté míry i šelak. Róžańska a kol. (2012) také uvádí, že se použitím vosku dají částečně vyplnit póry.

Z výzkumu Wanga a kol. (2019) vyplynulo, že se zvyšujícím množstvím pryskyřice ve formě základního nátěru se povrch stává více souvislý a vyrovnaný.

De Ferri a kol. (2020) porovnávali vosk, rychle brousitelný nitrocelulózový tmel, epoxidovou a akrylátovou pryskyřici. Nejsilnější vrstvu vytvořila epoxidová pryskyřice, byla u ní zjištěna největší barevná změna, ale na druhou stranu omezila sorpci pro vodní páru. Vosk vykazoval nejvyšší kontaktní úhel. Nános nitrocelulózového tmelu a vosku byl nejrovnoměrnější.

Demirci a kol. (2013) testovali dub, buk a borovice s alkydovou, dvousložkovou a jednosložkovou polyuretanovou pryskyřicí při různých teplotách do 100 °C a dvou vlhkostech 8 % a 12%. První vrstva byla vždy aplikovaná jako plnicí a další jako krycí. U dubu se ukázala nejvyšší adhezivní síla u alkydu a nejnižší pro jednosložkový polyuretan. Adheze s rostoucí teplotou klesala, ale vlhkost na ní neměla znatelný vliv. Nejlepší hodnoty adheze vyšli u buku z důvodu nízké pórovitosti.

Pavlič a kol. (2021) testovali jedno a dvousložkové polyuretanové a akrylátové pryskyřice. U dvousložkových naměřili vyšší obsah pevných látek, a proto předpokládají, že mají i lepší plnicí schopnosti.

Obecně z výzkumů vyplývá fakt, že vyplněním povrchových pórů se získá kvalitnější povrch, a tedy i výsledný povrch nátěru. To je zapříčiněno snadněji dosažitelnou rovnoměrně nanesenou nátěrovou vrstvou. Proto u dubu kvůli jeho velkým otevřeným pórům nastává problém. To je důvod, proč na něm nátěry dosahují například horší trvanlivosti a dalších vlastností než například u buku, který má souvislejší povrch.

3.5 Testování exteriérových nátěrů

Testování nátěrů se provádí za účelem zhodnocení kvality. Zaměřují se na vlastnosti nátěru jako například na barvostálost, lesk, smáčivost povrchu atd. (Pánek 2015). Čím jsou nátěry odolnější, tím je testování obtížnější (Lambourne a Strivens 1999). V exteriérovém prostředí se k testování využívají normy ČSN EN 927 Nátěrové hmoty – Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí, soubor těchto norem v roce 2020 obsahuje 11 částí, přičemž níže jsou uvedené pouze normy přímo související s touto prací:

- Část 1: Klasifikace a volba,
- Část 2: Specifikace funkčních vlastností,
- Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím,
- Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě.

3.5.1 Exteriérové zkoušky

Při zkoušení nátěrů máme dvě možné varianty testování. Prvním způsobem je zkouška přirozeným stárnutím (Kropat a Hubbe, 2020). Druhý způsob je umístění vzorků do speciálních komor tzv. umělé urychlené stárnutí (Aloui a kol. 2007). Vzorky v této práci byly zkoušeny přirozeným stárnutím, a to převážně z důvodu průkazných a přesných hodnot. Z důvodu využití přirozeného stárnutí v této práci je tato problematika podrobněji rozebrána až v metodické části.

o Přirozené stárnutí

Princip této zkoušky je, že se dřevo nechá zvětrávat v exteriérovém prostředí dle normy ČSN EN 927 části 3 (Gupta a kol. 2011) a expozice probíhá po předem stanovenou dobu, normou dáno 12 měsíců. V praxi se nátěry testují převážně v delších časových úsecích, někdy i po dobu 5 let. Důvodem je, že po 12 měsících udávaných normou se na zkoušeném povrchu nemusí projevit poškození (Pánek 2015).

o Umělé urychlené stárnutí

Zkouška umělým urychleným stárnutím probíhá ve speciálních komorách s fluorescenčním zářením. Podmínky při testování stanovuje norma ČSN EN 927 část 6. Komora dokáže simulovat vnější podmínky střídáním UV záření a vody podle předem stanovených a nastavených cyklů (Pánek 2015). Záření je v komorách nejčastěji vyvoláváno xenonovými výbojkami nebo fluorescenčními trubicemi (labimex 2021). První typy komor používal jako zdroj uhlíkové oblouky (Lambourne a Strivens 1999).

Výhody a nevýhody jednotlivých variant

Obě výše zmíněné varianty mají své výhody a nevýhody. Mezi největší výhody urychleného stárnutí je zkrácení doby zkoušky, a to klidně i desetinásobně a také možnost zkoušku přesně zopakovat, tím že se mohou nastavit stejné podmínky. Mezi výhody umělého stárnutí se řadí především přesně získané výsledky a výrazně nižší finanční náklady (Gupta a kol. 2011). Nejvíce patrné rozdíly jsou ve změně barvy, při urychleném stárnutí jsou změny barvy pozvolnější a dřevo více bledne. U přirozeného stárnutí naopak většinou tmavne. To je dáno tím, že se ve většině typů komor na povrch vzorků nemůže dostat prach a nečistoty (Reinprecht a Pánek 2015). Výstupy jsou tedy pouze zjednodušeným modelem přirozeného stárnutí (Gupta a kol. 2011). Oproti umělému stárnutí se po dobu expozice na degradaci podílejí všichni činitelé, které ve skutečnosti na dřevěné výrobky během jejich životních cyklů působí, proto je přesnější a věrohodnější. Mezi důležité biotické činitele, které při umělém stárnutí nemohou působit na zkoušené vzorky patří plísně (Oberhofnerová a kol. 2019).

3.5.2 Testované vlastnosti nátěrů

Aby se jednotlivé nátěry mohly porovnávat, je nutné přeměřovat jejich vlastnosti před začátkem a pravidelně v průběhu expozice. Na první pohled nejdříve viditelně degraduje již zmíněná barva, lesk a také změna struktury povrchu bývá někdy velmi patrná (Williams a Feist 1999). Existuje velké množství literatury, která se zabývá vývojem analytických metod vhodných pro studium přirozeně stárnoucího dřeva. V ideálním případě by tyto metody měly být nedestruktivní a jednoduché (Matsuo 2011). Jednotlivým měřeným vlastnostem v této práci se podrobněji věnuje metodická část.

- **Smáčivost povrchu**

Důležitým parametrem při zkoumání degradace dřeva je schopnost kapaliny přilnout k jeho povrchu, tato schopnost kapaliny se nazývá smáčivost a je způsobena adhezivními silami při jejich styku. Smáčení dřeva kapalinami je složitý proces a záleží při něm na chemickém složení použitých kapalin, vlastnostech smáčeného povrchu a mnoha dalších interakcích mezi kapalinou a povrchem (Kúdela 2014). Velký vliv na smáčivost má také druh dřeviny (Oberhofnerová a Pánek 2016).

- **Barva**

Barva je důležitou vlastností každého povrchu. Vnímáme jí díky vlnové délce a schopnosti oční sítnice ji rozpoznat. Změna barvy se řadí mezi základní parametry při zkoušení nátěrů, protože jak již bylo zmíněno patří nejčastěji k nejpatrnějším změnám.

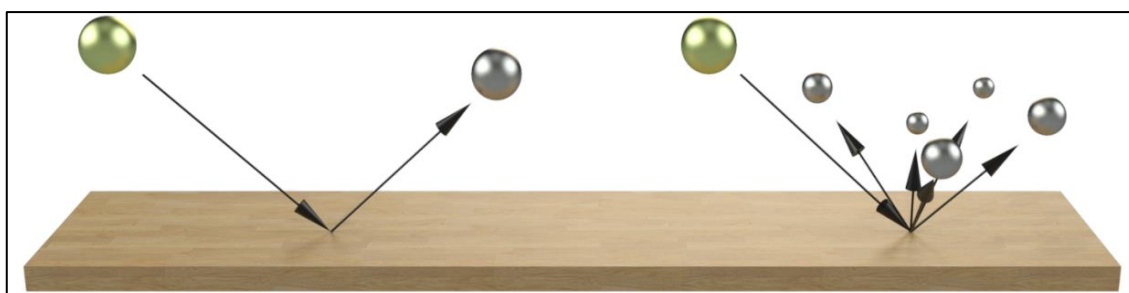
Ke změnám může docházet působením různých faktorů, ať už světelným zářením, vlhkostí, biotickými činiteli nebo například v místech spojovacích prostředků (Williams a Feist 1999). Největší vlivy na změnu barvy má UV záření společně s vyplavováním degradovaných složek dřeva. Mimo těchto vlivů, které mají zásadní vliv na změnu barvy, mohou změnu barvy mírně ovlivnit i technologické operace (Reinprecht a Pánek 2015).

- **Volná povrchová energie (SFE)**

Je to energie, která je nutná k přetvoření stávajícího povrchu na povrch nový. Zjednodušeně je to energie, která na povrchu podkladu roztahuje kapku a ve výsledku je součástí adheze nátěrového systému (Barnes a Gentle, 2011). Čím vyšší povrchovou energii podklad má, tím lépe k němu nátěrová hmota přilne. Nátěry s vysokou SFE pak také bývají odolnější například vůči odlupování. Nejčastěji se měří kontaktním úhlem z více kapalin. Volná povrchová energie také udává, jestli látka smáčí jinou látku. Je udávána v mN/m nebo také v mJ/m². Skládá se z disperzní a polární složky (Jankowska a kol. 2018). SFE je také důvodem fungování materiálů jako je Gore-Tex® a tzv. samočisticích povrchů.

- **Lesk**

Lesk vnímáme díky schopnosti povrchu odrazit část dopadajícího světla. Množství odraženého lesku závisí na indexu lomu materiálu, topografií povrchu a úhlu dopadu paprsků (Keskin a Atar 2008). Například hladké povrchy lépe odrážejí světlo než hrubé povrchy, a proto se zdají být lesklejšími. Odražené světlo se může soustředit do jednoho nebo do všech směrů (Obrázek č. 9), podle toho se odraz nazývá zrcadlový nebo rozptýlený. V průběhu expozice se lesk obvykle snižuje (Bulian a Graystone 2009).



Obrázek č. 9 Reprezentace odrazu světla, vlevo odraz zrcadlový a vpravo odraz rozptýlený (Bulian a Graystone 2009)

- **Další možné vlastnosti pro testování**

Mimo výše zmíněných vlastností, kterými se tato práce zabývala, lze zkoumat celá řada dalších vlastností. Například propustnost pro vodní páry a kapaliny. ČSN EN ISO

2808 se stanovuje tloušťka nátěrového filmu, ČSN EN ISO 15184 slouží k stanovení tvrdosti nátěru zkouškou tužkami, ČSN EN ISO 2409 mřížkovou zkouškou zkouší odolnost nátěru k oddělení od podkladu, ČSN EN ISO 4628 hodnotí velikost a množství defektů, jako například puchýřkování, praskání nátěru atd. Dnes jsou podle norem stanovené různé požadavky na nátěrové filmy a dá se podle nich testovat celá řada dalších nezmíněných vlastností.

3.5.3 Výzkumy v oblasti nátěrových hmot na dřevě dubu

Hakam a kol. (2019) testovali barvu systémů střídáním cyklů vody, UV a vzduchu. Použité nátěry byly vodou ředitelné polyuretanové a akrylátové pryskyřice, v provedení transparentního a semitransparentního bílého nátěru. Po 12 týdnech nejvíce zdegradoval ošetřený povrch transparentní akrylátovou, dále polyuretanovou pryskyřicí a nejlépe obstál povrch se semitransparentní akrylátovou pryskyřicí.

Szczuka a kol. (2016) publikovali výzkum, ve kterém se zabýval rozdílem mezi povrchovou úpravou dubu lakem, voskem a šelakem. Z výzkumu vyplývá, že po napuštění lakem dřevo ztmavne a zviditelní se nerovnosti na povrchu. Naopak vosk nerovnosti vyplní a zároveň nezpůsobí nepřirozené zbarvení. U šelaku byl v průběhu expozice zaznamenán nárůst barevných složek a, b. Nejvyšší lesk byl dosažen u šelaku a akrylátového laku.

Rózańska a kol. (2012) zkoumali též laky a vosky, co se týká zmíněných vlastností došli k podobným výsledkům. Navíc uvádí že voskové povrchy jsou více kluzké a jsou méně odolné vůči poškození, protože pronikají do menších hloubek. Dále uvádí, že při použití olejů musí být nanášeno mnohem více vrstev (přibližně 6).

Wang a kol. (2019) zkoumali na dubovém dřevě vliv různého množství vodou rozpustných polyuretan–akrylátových pryskyřic vytvrzovaných UV. Zjistili, že se zvyšujícím množstvím nátěru se v určitém rozmezí zvyšuje lesk, tvrdost a adheze nátěru a zároveň se postupně vyhlazuje povrch. S větší vrstvou nátěru se zvětšuje i kontaktní úhel a dřevěný povrch se stává více hydrofóbní.

Oberhofnerová a kol. (2019) testovali 8 transparentních a pigmentových nátěrů, konkrétně olejové, akrylátové, alkydové a uretanalkydové. Nejnižších barevných změn dosáhly pigmentové olejové nátěry a dále transparentní olejové nátěry. Olejové hmoty naopak zaznamenaly nejvyšší změnu lesku. Akrylátové nátěry zaznamenaly nejnižší změnu smáčení i lesku.

4 METODIKA

Tato kapitola se zabývá přípravou vzorků, jejich povrchovou úpravou a nátěrovými systémy, které byly v práci použity. Také je zde popsána zkouška přirozeným stárnutím a jednotlivé zkoušky určující degradaci zkušebních vzorků.

4.1 Použitý materiál

Bylo použito jádrové dřevo dubu letního (*Quercus robur*) o hustotě 710 kg/m³. Vzorky byly vyrobeny z neomítaných fošen tloušťky 50 mm, které byly předem vysušeny na vlhkost 12 %. Fošny se vybíraly tak, aby u vyrobených vzorků byla testovaná převážně radiální plocha jádrového dřeva.

4.2 Příprava zkušebních vzorků

Následujících pět podkapitol se věnuje zkušebním vzorkům. Jednotlivé podkapitoly se zabývají operacemi se vzorky v přesné posloupnosti, tak jak byly prováděny. Veškeré operace nanášení nátěrových hmot byly prováděny po kondicionování v prostředí s teplotou vzduchu 20±2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65±5 %, podle ČSN EN 927 část 3 (2020).

4.2.1 Výroba zkušebních vzorků

Podélným dělením a příčným krácením se zhotovily hrubé sdružené přířezy na délku, které se následně čtyřstranně frézovaly na přesné rozměry 78 x 20 mm (šířka x výška). Na závěr se vzorky rozdělily na požadované rozměry 375 x 78 x 20 mm (délka x šířka x výška) (Obrázek č. 10). Při výrobě vzorků bylo dbáno na to, aby neobsahovaly nepřípustné vady (hnilobu, napadení dřevokaznými škůdci, velké suky atd.).



Obrázek č. 10 Zhotovené vzorky před povrchovou úpravou

4.2.2 Kódování zkušebních vzorků

Použily se dvě hlavní sady vzorků. První sada byla bez úpravy tmelení pórů a druhá sada byla s úpravou tmelení pórů epoxidovou pryskyřicí. Zkušební vzorky v jednotlivých hlavních sadách se dále dělily do čtyř podsad podle výsledné povrchové úpravy. Přesná povrchová úprava jednotlivých vzorků je znázorněna v tabulce níže (Tabulka č. 2) a ukázka nakódovaných sad je na obrázku pod ní (Obrázek č. 11).

Tabulka č. 2 Přehled kódování vzorků

Dřevina	kód	Předúprava	kód	První vrstva	Druhá vrstva	kód	Číslo vzorku
dub	D	sada vzorků s tmelením	T	Rhenodecor Semi Trans TIX	ADLER Protector-Plus	1	1,2,3
				Rhenocryl FK 47 High Solid	ADLER Protector-Plus	2	1,2,3
				Aquawood Ligno+ Base	Aquawood Ligno+ Top	3	1,2,3
				Lignofix	Lignofix	4	1,2,3
dub	D	sada vzorků bez tmelení	B	Rhenodecor Semi Trans TIX	ADLER Protector-Plus	1	1,2,3
				Rhenocryl FK 47 High Solid	ADLER Protector-Plus	2	1,2,3
				Aquawood Ligno+ Base	Aquawood Ligno+ Top	3	1,2,3
				Lignofix	Lignofix	4	1,2,3
dub	D	referenční	REF				1,2



Obrázek č. 11 Ukázka kódování vzorků

4.2.3 Tmelení pórů epoxidovou pryskyřicí

Pro tmelení se zvolila bezbarvá dvousložková epoxidová pryskyřice EPINAL UR 36.14 a tužidlo EPINAL UH 36.14. Nejdříve bylo nutné podle návodu od výrobce smíchat obě složky v přesném poměru 8:1 pomocí laboratorní váhy (8 dílů pryskyřice a 1 díl tužidla).

Před aplikací pryskyřice se vzduchem z vrchní plochy odstranily nečistoty. Následně se na vrchní plochu vzorků, zvolených pro předúpravu, nanasla štětcem dostatečná vrstva smíchané pryskyřice, která se nechala následně 5 minut odvětrat. Časový odstup byl důležitý proto, aby pryskyřice měla čas vtéct do pórů. Následně se z plochy pomocí špachtle odstranila přebytečná vrstva, aby byla pryskyřice co nejvíce obsažena v pórech a zároveň co nejméně na ploše vzorků a při testování nátěrů se pryskyřice testovala pouze jako plnič v pórech, nikoliv jako celistvá základní vrstva nátěru. Po 24 hodinách, poté co pryskyřice vytvrdla, se povrch vzorků ještě ručně přebrousil (Obrázek č. 12) pomocí brusného papíru o zrnitosti 120. Tím se ještě více podpořilo to, že pryskyřice zůstala převážně v pórech dřeva.

Tato předúprava se provedla i na referenčních vzorkách, které už dále nebyly upravovány.



Obrázek č. 12 Ruční broušení vzorků po vytvrzení (vlevo před a vpravo po broušení)

4.2.4 Nanášení jednotlivých vrstev

Nátěry se nanasly štětcem v množství, které udávají výrobci v technických listech (Tabulka č. 3) za pomoci laboratorní váhy. Množství nátěru se před nanesením přepočítalo na plochu jednoho vzorku, která byla $0,029 \text{ m}^2$ ($0,375 \times 0,078$, délka \times šířka). Vrchní plochy vzorků se natřely podle tabulky č. 3 nejdříve první vrstvou a následně druhou vrstvou. První vytvrzení trvalo v závislosti na použité nátěrové hmotě a také na předúpravě plničem pórů. Ve výsledku se dá říct, že u vzorků bez plniče pórů nejméně

času k vytvrzení potřebovaly nátěry na vodní bázi, s výjimkou nátěru od Lignofixu a nejvíce nátěry na rozpouštědlové bázi (Tabulka č. 3).

Tabulka č. 3 Přehled doby vytvrzení a doporučených nánosů jednotlivých nátěrů u vzorků bez plniče pórů

Nátěry		Doba vytvrzení (h)	Doporučený nános (g/m ²)
První vrstva	Rhenodecor Semi Trans TIX	6	120
	Rhenocryl FK 47 High Solid	2	100
	Aquawood Ligno+ Base	4	120
	Lignofix	12	150
Druhá vrstva	ADLER Protector-Plus	12	100
	ADLER Protector-Plus	12	100
	Aquawood Ligno+ Top	2	120
	Lignofix	4	100

U vzorků s vyplněnými póry se doba úplného vytvrzení vždy prodloužila, a to v rozmezí 1–12 hodin.

4.2.5 Ostatní dokončující operace

Po vytvrzení finálního nátěru se na vzorcích označila místa pro měření, aby měření bylo co nejpřesnější. Na boční plochy vzorků se po 1/5 délky tužkou vyznačily čáry, které se následně označily čísly 1–8 (Obrázek č. 14, str. 44). Dále se natřela zadní plocha a boční plochy vzorku pomocnou transparentní nátěrovou hmotou a čelní plochy se opatřily silikonovým lepidlem (Obrázek č. 13). Tyto dvě operace se prováděly z důvodu zmírnění degradace neměřených ploch vzorků.



Obrázek č. 13 Nanášení silikonu na čelních plochy vzorků

4.3 Použité nátěrové systémy

Tato podkapitola se věnuje nátěrovým systémům, které byly použity na zkušební vzorky. Pro testování vlivu předúpravy v podobě plniče pórů epoxidovou pryskyřicí byly vybrány nátěrové systémy jak na rozpouštědlové, tak i na vodní bázi.

4.3.1 Nátěrové systémy na rozpouštědlové bázi

- **EPINAL UR/UH 36.14** – dvousložková epoxidová transparentní pryskyřice bez fenolu. Má velmi dobré smáčecí vlastnosti a je rychletvrdnoucí. Používá se pro laminování, impregnaci a lepení (Příloha č. 2).
- **Rhenodecor Semi Trans TIX** – elastická silnovrstvá alkydová lazura. Zvýrazňuje strukturu dřeva a obsahuje semitransparentní přísady, které zlepšují její odolnost vůči působení povětrnosti. Bez obsahu biocidních látek.
- **ADLER Protector-Plus** – transparentní lazura s nanočásticemi. Velmi dobrá penetrační schopnost, hydrofóbní a s UV absorbenty.

4.3.2 Nátěrové systémy na vodní bázi

- **Rhenocryl FK 47 High Solid** – rychleschnoucí slabovrstvá lazura s dobrými plnicími schopnostmi pro porézní materiály. Obsahuje jemná polymerní plniva, které nasatí díky vysokému obsahu sušiny problematická místa (spáry, póry atd.). Bez obsahu biocidních látek.
- **Aquawood Ligno+ Base** – transparentní alkydo-akrylátová nátěrová hmota určené pro základové vrstvy s tloušťkou mokré vrstvy 250–275 µm. Obsahuje ochranné látky vůči účinkům UV-záření a látky pro stabilizaci ligninu.
- **Aquawood Ligno+ Top** – transparentní pružná akrylát-PUR nátěrová hmota určená pro krycí vrstvy, tloušťka mokré vrstvy 250–275 µm. Velmi dobrá odolnost vůči povětrnosti, vysoká transparentnost a nelepivost. Bez obsahu biocidních látek.
- **Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA** – pružná silnovrstvá akrylátová lazura s UV filtrem. Hygienicky nezávadná a může být použita na výrobky s náhodným stykem s potravinami, není však pro tento účel určen. Bez obsahu biocidních látek a bez zápachu.

4.4 Zkouška přirozeným stárnutím

Zkouška přirozeným stárnutím se uskutečnila na střeše dřevařského pavilonu FLD České zemědělské univerzity v Praze. Přesné souřadnice stojanů byly 50°07'50.4"N 14°22'09.3"E a nadmořská výška 301 m (Google Earth). Začátek expozice zkušebních vzorků byl 13.5.2020. Vzorky byly umístěny do speciálních stojanů v souladu s normou ČSN EN 927 část 3 (2020), a to tak, že se zkušební vzorky umístily do nakloněných stojanů pod úhlem 45 ° orientovaných na jih.

Před expozicí se na všech zkušebních vzorkách změřil lesk, barva a smáčivost povrchu. Následně se třetina vzorků odebrala a umístila do prostoru, kde na ně nemohly působit atmosférické vlivy. Zbylé dvě třetiny vzorků se umístily do stojanů a měření proběhlo po 3, 6 a 9 měsících od začátku expozice.

V tabulce níže (Tabulka č. 4) jsou znázorněné klimatické podmínky v době expozice (meteostanice.agrobiologie, 2021).

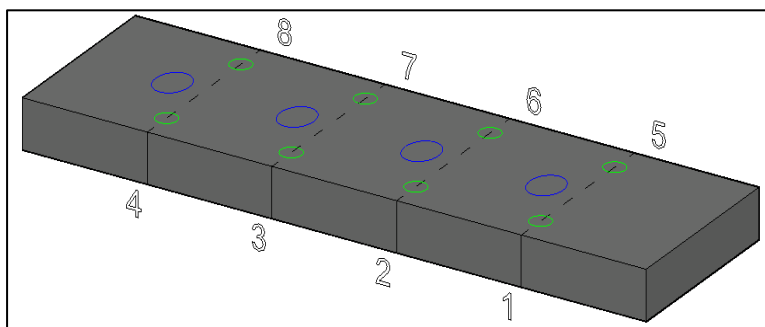
Tabulka č. 4 Přehled klimatických podmínek v průběhu expozice

Období expozice (měsíc)	Prům. teplota (°C)	Prům. rel. vlhkost (%)	Prům. srážky (mm)	Prům. sluneční záření (kJ/m ²)
1.–3. (kvě. – čvc.)	17,82	61,43	2,42	18929
3.–6. (srp. – říj.)	13,43	74,18	1,98	9692
6.–9. (lis. – led.)	1,44	81,96	0,88	2391

4.5 Měřené vlastnosti

Veškeré zkoušky se uskutečňovaly v prostorách dřevařského pavilonu České zemědělské univerzity v Praze a veškeré použité přístroje byly zapůjčeny katedrou Zpracování dřeva a biomateriálů. V této práci se neměřily komplexní faktory podle normy ČSN EN 927 část 3, ale pouze faktory vybrané.

Mezi prvním měřením a úplným vytvrzením poslední vrstvy nátěrové hmoty, se nechaly zkušební vzorky klimatizovat 7 dní v prostředí s teplotou vzduchu 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 %. Zmíněnou dobu vyžaduje 3. část normy ČSN 927 (2020). Před každým měřením se zkušební vzorky vyjmuté ze stojanů ponechaly 2–3 dny v prostředí s teplotou vzduchu 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 %. Dále se šetrně zbavily nečistot. Měření lesku a barvy se provádělo vždy na stejných místech (Obrázek č. 14).



Obrázek č. 14 Označení míst na vzorku a oblasti měření – zelenou spektrofotometr, modrou leskoměr

4.5.1 Smáčivost povrchu a volná povrchová energie

Smáčivost se určuje kontaktním úhlem θ mezi povrchem podkladu a tečnou k povrchu kapaliny, teoreticky může být 0–180 °. Dobrá smáčivost je definována, když úhel mezi povrchem podkladu a tečnou je menší než 90 ° a za špatnou smáčivost se považuje případ, kdy je tento úhel vyšší než 90 ° (Obrázek č. 15) (Pánek 2015). U kapalin existuje tzv. povrchové napětí. To způsobuje, že se každá kapalina snaží zaujmout



Obrázek č. 15 Příklady smáčivosti a jednotlivé složky energií: γ_S povrchová volná energie pevného materiálu, γ_L – povrchová energie kapaliny, γ_{SL} – povrchová energie na hranici pevného materiálu a kapaliny (Kúdela 2014).

co nejhladší povrch a zaujmout na podkladu co nejmenší plochu (snaha o soudržnost v kapce) (Kúdela 2014). Vzhledem ke vztahu k vodě rozlišujeme povrchy hydrofilní a hydrofóbní (Marmur a kol. 2017). Pokud je kontaktní úhel θ vyšší než 90° a kapka kapaliny se na povrchu podkladu nedokáže roztéct, znamená to, že je povrchová energie kapaliny výrazně vyšší než volná povrchová energie podkladu, která umožňuje roztečení kapky. Takový povrch se nazývá hydrofóbní. V případě vsáknutí kapky do podkladu (kapalina se rovnoměrně rozprostře), a tedy pokud je kontaktní úhel θ nižší než 90° , jde o hydrofilní povrch, který má naopak vyšší volnou povrchovou energii než kapalina (Pánek 2015).

Pro měření smáčivosti byly sestaveny různé standardizované a nestandardizované metody, ale žádná z nich není evropskými normami stanovena jako závazná (Žlahtič a Humar 2016). Jedna z metod měření smáčivosti vychází z experimentálního stanovení stykového úhlu odpovídajícímu ustálenému stavu kapaliny na povrchu podkladu, podle Youngovy rovnice, tento způsob byl použit i v této práci: (1).

$$\gamma_L * \cos\theta = \gamma_S - \gamma_{SL} \quad (1)$$

γ_S – povrchová volná energie pevného materiálu,

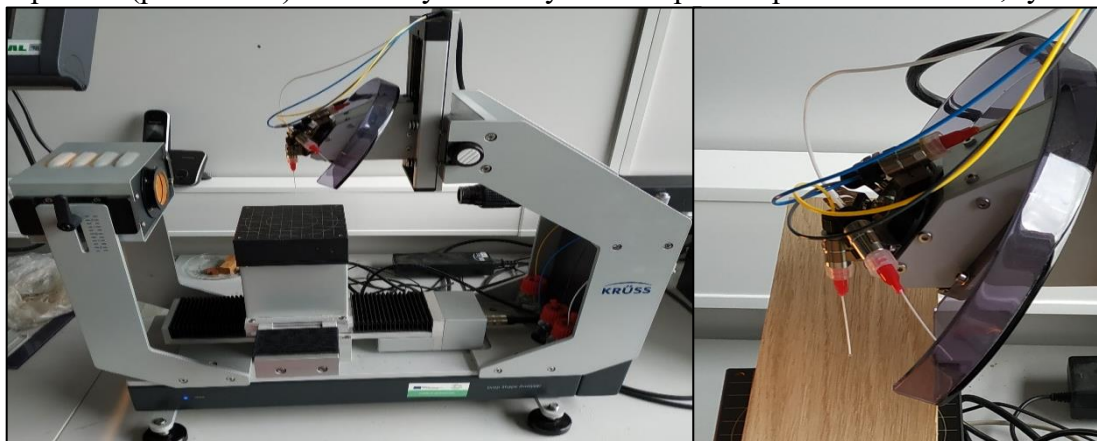
γ_L – povrchová energie kapaliny,

γ_{SL} – povrchová energie na hranici pevného materiálu a kapalina,

θ – úhel smáčení (Kúdela 2014).

Průběh měření smáčivosti povrchu

Smáčivost povrchu se měřila pomocí kontaktního úhlu na přístroji goniometr Krüss DSA 30E od společnosti Krüss (Obrázek č. 16), který zaznamenává data do programu Advance od stejné společnosti. Kontaktní úhel se měřil spuštěním kapky kapaliny o objemu $5 \mu\text{l}$ (destilovaná H_2O) na zkoušený povrch. Po 5 vteřinách od dopadu kapky na povrch (po ustálení) se změřily oba úhly mezi kapkou a povrchem vzorku, tyto dvě



Obrázek č. 16 Goniometr Krüss DSA 30E (vlevo), detail hlavy spouštějící kapku na zkušební vzorek (vpravo)

hodnoty se následně zprůměrovaly a výsledná hodnota se zaznamenala. Před expozicí se smáčivost měřila na 5 a při dalších měření na 10 náhodně zvolených místech.

Průběh měření volné povrchové energie

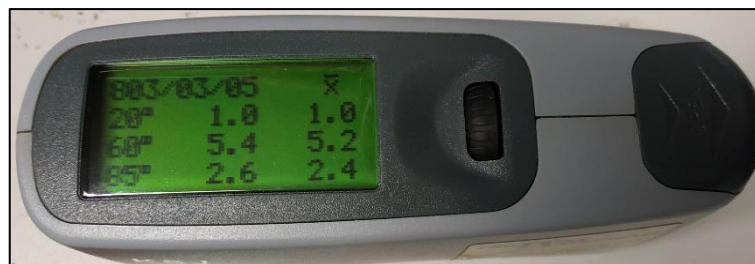
Měření volné povrchové energie proběhlo pomocí stejného přístroje jako u měření smáčivosti povrchu. Měřené kapaliny byly destilovaná voda (H_2O) a dijodomethan (CH_2I_2). Měřil se povrch tmelený REF a dále povrch bez tmelení před začátkem expozice. Výpočet volné povrchové energie vypočítal program Advance dodávaný s přístrojem Krüss modelem ORWK (modelem pro stanovení SFE pomocí kontaktního úhlu více kapalin). V obou případech byla použita metoda přisedlé kapky s dávkovaným objemem 5 μ l.

4.5.2 Změna lesku

Měření změny lesku probíhá podle normy ČSN EN ISO 2813 a pro stanovení se používají leskoměry. Leskoměry umožňují současně měřit tři úhly 20 °, 60 ° a 85 °. Po naměření se vhodný úhel zaznamená. Úhel 20 ° je normou doporučen pro měření vysoce lesklých povrchů, 85 ° pro nízko lesklé povrchy a úhel 60 ° je univerzální a mohou se s ním měřit všechny povrchy (Pánek 2015). Měřená vlastnost je tzv. odrazivost, vyjadřuje poměr mezi vyslaným a přijatým množstvím světelné energie leskoměrem a je vyjádřena v %. Čím má povrch vyšší lesk, tím se hodnota bude více blížit 100% (Bulian a Graystone 2009). Dle normy ČSN EN 927 části 1 rozlišujeme povrchy s: vysokým leskem, leskem, pololeskem, polomatem a matem (Lambourne a Strivens 1999). Hodnota lesku se udává v hodnotách GU a každý úhel odrazu měření má svůj rozsah. Zároveň čím je menší úhel, tím je větší měřená plocha (Keskin a Atar 2008).

Průběh měření

Měření lesku se provedlo leskoměrem Smart MG 268 Series od společnosti KSJ (Obrázek č. 17) podle normy ČSN EN ISO 2813 (2016). Leskoměr se vždy nejdříve



Obrázek č. 17 Leskoměr MG 268 Series

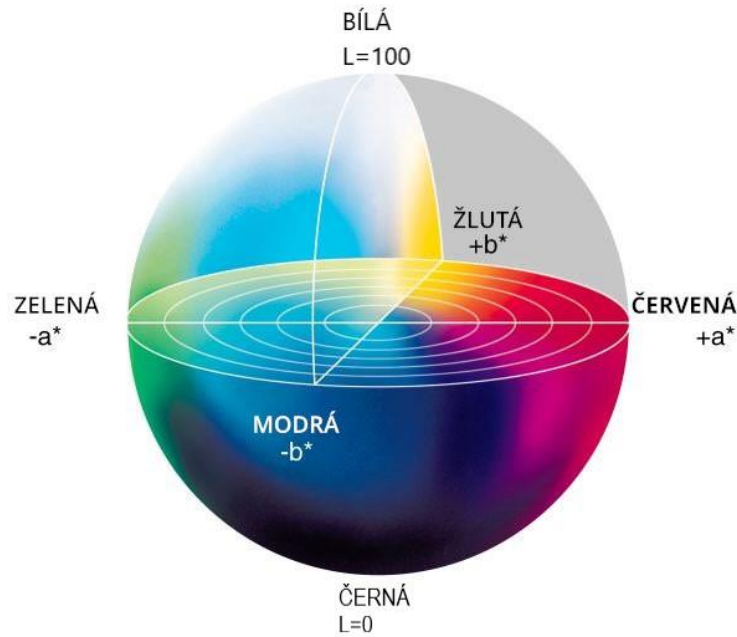
zkalibroval pomocí nástavce s etalonem (leštěná deska z černého skla s normovaným ukazatelem lomu), který je součástí příslušenství přístroje. Měřilo se kolmo na vlákna. Na zkušebních vzorcích se měřila vždy 4 stejná místa tak, že se leskoměr přiložil kolmo na zkoušenou plochu vzorku ke dvěma protilehlým pomocným čarám na bočních plochách (Obrázek č. 14, str. 44). Zaznamenávala se hodnota pro úhel 60 °. Tento úhel je podle normy ČSN EN ISO 2813 (2016) použitelný pro všechny typy lesku. Stupeň lesku se nakonec vyhodnotil podle tabulky níže (Tabulka č. 5).

Tabulka č. 5 Tabulka vyhodnocení stupně lesku (Pánek 2015)

Stupeň lesku	Číselné označení	Koeficient odrazu
Vysoký lesk	1	nad 80
Lesk	2	60–80
Pololesk	3	35–60
Polomat	4	10–35
Mat	5	do 10

4.5.3 Změna barvy

Změna barvy se dá hodnotit buď vizuálně smysly, což je velmi subjektivní a velmi nepřesné nebo pomocí trichromatické soustavy CIE, která byla vyvinuta za účelem objektivního hodnocení barev. Je založena na poznatku, že jakoukoliv barvu viditelného spektra dokážeme rozložit na barevné složky x, y, z (kolorimetrické souřadnice) (Pánek 2015). Měřicí přístroje se nazývají spektrofotometry a kolorimetry. Kolorimetry jsou určeny pro běžné kontroly s malými barevnými rozdíly. Oproti tomu spektrofotometry jsou složitější přístroje a umožňují analýzu vlnových délek, a tedy přesnější měření. Vysílané světelné paprsky spektrofotometrem se odrazí od zkoušeného povrchu a následně se přístrojem vyhodnotí právě jako již zmíněné 3 souřadnice x, y, z. Tyto souřadnice se v systému CIELab označují jako L, a, b (Obrázek č. 18) (Bulian a Graystone 2009). Měření má také probíhat v souladu s normami ISO 7724. Tato norma obsahuje 3 části. 1. část popisuje kolorimetrické podmínky a základní požadavky pro stanovení souřadnic, 2. část popisuje metodu pro stanovení souřadnic a 3. část popisuje metodu kvantitativního kolorimetrického vyhodnocení a obsahuje rovnici (2).



Obrázek č. 18 Barevný prostor Lab [online] (Kopina 2020)

Tato rovnice se využívá na matematické vyjádření změn dvou barev pomocí Euklidovské vzdálenosti, která se značí jako barevná odchylka ΔE^* . Podle velikosti jsou barevné odchylky členěny na viditelné a neviditelné (Tabulka č. 6). Barevná změna ΔE^* mezi barvou před a po stárnutí se dále stanoví podle metody CIE z roku 1976 z rovnice:

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

L^* – jas nebo světlost barvy od 0 (černá) do 100 (bílá),

a^* – souřadnice s odstínem mezi červenou (+60) a zelenou (-60),

b^* – souřadnice s odstínem mezi žlutou (+60) a modrou (-60) (Pánek 2015).

Jednotlivé souřadnice:

$$\Delta L = L_y - L_x,$$

$$\Delta a = a_y - a_x,$$

$$\Delta b = b_y - b_x \quad (x - \text{měření před, } y - \text{měření po určité době expozice}).$$

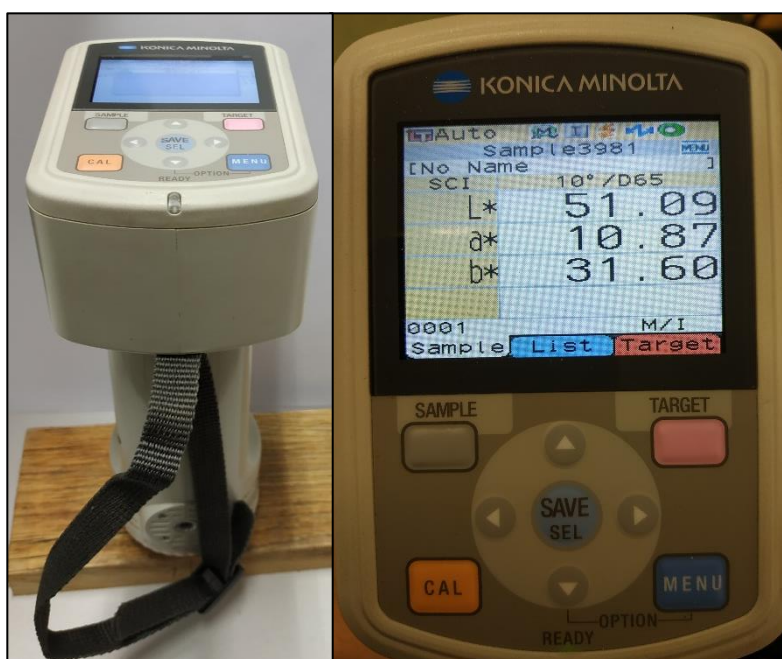
Tabulka č. 6 Velikost barevných změn (Terziev a Boutelje 1997)

$0,2 < \Delta E^*$	neviditelný
$0,2 < \Delta E^* < 2$	malý rozdíl
$2 < \Delta E^* < 3$	barevná změna viditelná s vysoce kvalitním filtrem
$3 < \Delta E^* < 6$	barevná změna viditelná se středně kvalitním filtrem
$6 < \Delta E^* < 12$	vysoké barevné změny
$\Delta E^* > 12$	odlišná barva

Lidské oko je považováno jako středně kvalitní filtr a podle Tabulky č. 6 dokáže barevný rozdíl rozlišit až od $\Delta E^* > 3$ (Terziev a Boutelje 1997).

Průběh měření

Měření barevných změn povrchu se provedlo spektrofotometrem Konica Minolta 600d (Obrázek č. 19), který využívá k měření trichromatickou soustavu CIE (1976). Měření proběhlo v souladu s normami ISO 7724–1 (1984), ISO 7724–2 (1984) a ISO 7724–3 (1984) metodou kolorimetrie. Na zkušebních vzorcích se vždy měřilo 8 stejných míst (Obrázek č.14, str. 44), přičemž spektrofotometr byl nastaven na světelný zdroj D65 a pozorovací úhel 10 °. Na každém měřeném místě provedl 3 měření, které automaticky zprůměroval a výsledné hodnoty souřadnic L, a, b se následně zaznamenaly. Číselné vyjádření barevných změn povrchu mezi jednotlivými měřeními se vypočítá pomocí rovnice Euklidovské vzdálenosti, která se značí ΔE^* (2).



Obrázek č. 19 Spektrofotometr Konica Minolta 600d (vlevo), ukázka naměřených hodnot L, a, b. (vpravo)

4.6 Statistické vyhodnocení

Analýza dat proběhla pomocí programů STATISTICA 12 (Statsoft, USA) a MS Excel 365 (Microsoft, USA) pomocí průměrných hodnot, směrodatných odchylek, spojnicových grafů a Tukeyova HSD post hoc testu s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. V použitých grafech jsou vybrané faktory v 95% intervalu spolehlivosti. Pro zjištění statistické významnosti rozdílů mezi jednotlivými průměrnými hodnotami byl použit Tukeyův HSD po každém měření (0, 3, 6 a 9 měsíc).

5 VÝSLEDKY

Tato část diplomové práce se zabývá prezentováním výsledků 9 měsíční expozice dubových vzorků a zjištění a popsání rozdílů měřených vlastností mezi vzorky s předúpravou a bez ní. Následující text je rozdělen do 6 podkapitol, ve kterých jsou podrobně popsány a případně graficky a tabelárně znázorněny změny jednotlivých měřených vlastností.

Tabulka č. 7 zobrazuje o kolik se v průběhu expozice změnilo jednotlivé měřené vlastnosti u jednotlivých nátěrových systémů. Podrobněji jsou data vypsány v příloze č. 6.

Tabulka č. 7 Rozdíly jednotlivých měřených vlastností mezi 0 a 9 měsícem expozice

Vzorek	Smáčivost [°]	Barva			Lesk [GU]
		ΔL^*	Δa^*	Δb^*	
T-1	-88,75	0,28	-7,02	-11,87	-11,08
T-2	-61,90	-8,55	-4,79	-7,72	-12,91
T-3	-54,26	-6,23	-6,10	-8,37	-11,84
T-4	-57,04	-7,30	-5,23	-7,72	-21,93
B-1	-101,81	5,55	-8,03	-17,36	-4,68
B-2	-44,29	3,95	-7,24	-15,37	-4,68
B-3	-56,80	4,12	-7,54	-14,34	-1,49
B-4	-71,45	4,16	-7,28	-15,80	-4,05

5.1 Změna volné povrchové energie

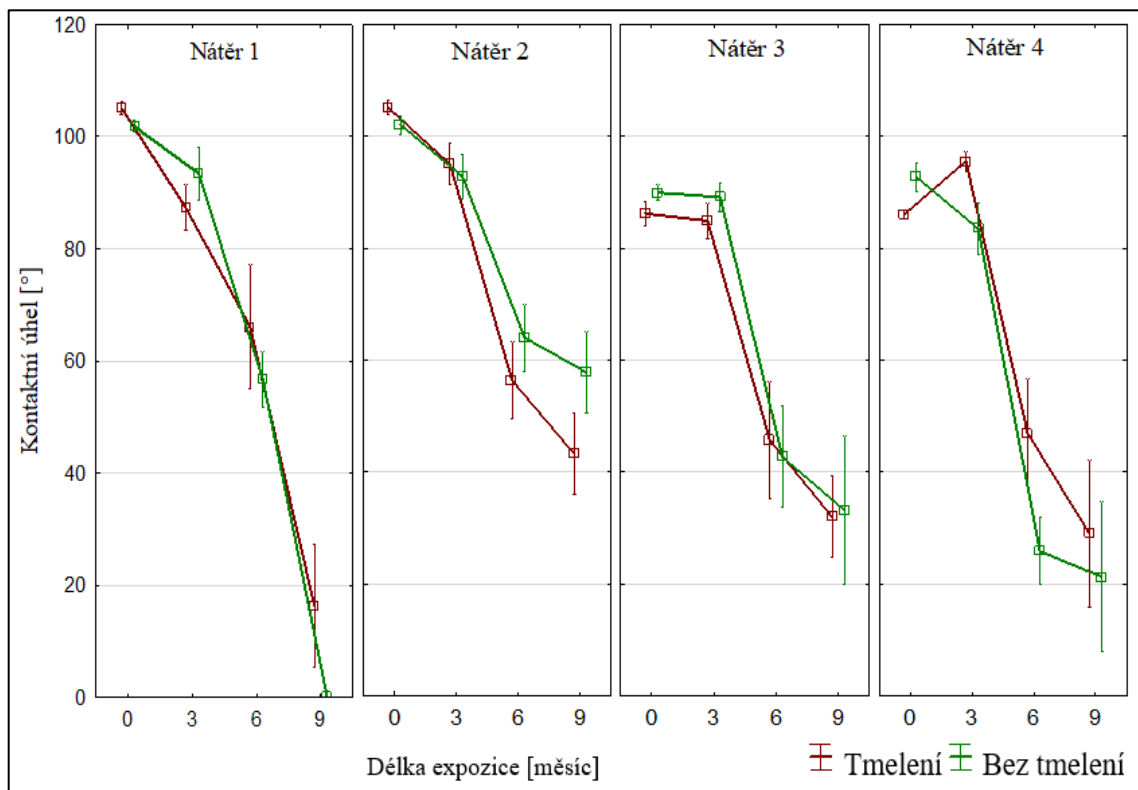
U povrchu bez předúpravy byla naměřena průměrná celková hodnota SFE 47,12 mN/m a u povrchu s předúpravou 42,42 mN/m. Vlivem předúpravy byla tedy celková hodnota SFE nepatrně snížena (Tabulka č. 8). Při bližším prozkoumání tabulka níže ukazuje, že disperzní složka zůstala téměř netknutá, ale polární složka byla redukována na polovinu. Konkrétně z hodnoty 9,45 mN/m klesla na 4,94 mN/m.

Tabulka č. 8 Naměřené hodnoty volné povrchové energie u prvotně upravených a neupravených povrchů

	Tmelený povrch	Nativní povrch
Celková volná povrchová energie mN/m	42,42±6,85	47,12±10,97
Disperzní složka mN/m	37,48±2,66	37,67±2,84
Polární složka mN/m	4,94±4,19	9,45±8,13

5.2 Změna smáčivosti povrchu

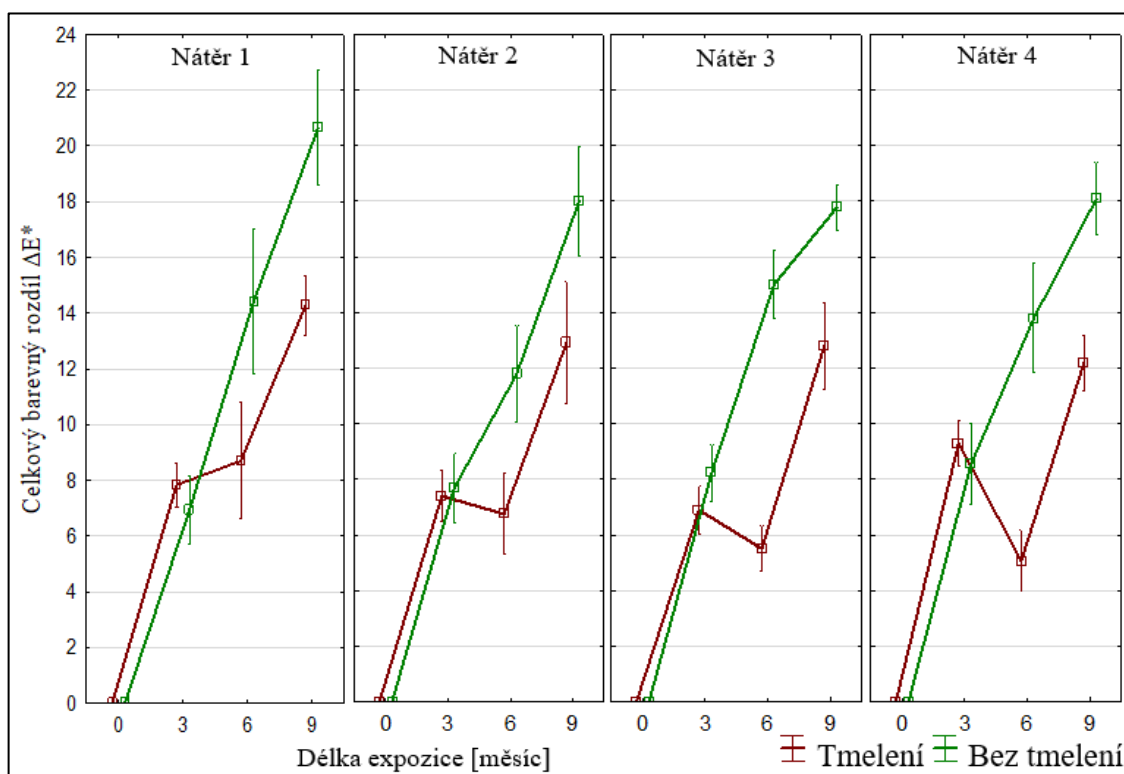
U všech nátěrů v obou sadách byl zaznamenán v průběhu celé expozice klesající trend kontaktního úhlu (KÚ) (Graf č. 1). Výjimka klesajícího trendu byla zaznamenána pouze u nátěru 4 s tmelením mezi 0. a 3. měsícem, kdy byl po 3 měsících naměřen KÚ o 10° vyšší než na začátku. Největší pokles KÚ byl zaznamenán většinou mezi 3. a 6. měsícem. Největší hodnota KÚ byla naměřena na začátku expozice u nátěrů 1 a 2 (105°) a plné smáčení (0°), a tedy úplná degradace nátěru, bylo naměřeno pouze v 9 měsících u nátěru 1 bez tmelení. Z grafu č. 1 vyplývá, že před začátkem expozice tmelené povrchy u nátěrů 1 a 2 (nátěrové systémy s minimálně jednou nátěrovou vrstvou na bázi rozpouštědla) vykazovaly malý nárůst KÚ oproti netmeleným. Naopak u tmelených povrchů s nátěry 3 a 4 (nátěry zcela na vodní bázi) byl před expozicí zaznamenán nižší KÚ než u netmelených. U nátěru 2 byl na konci expozice zaznamenán vyšší KÚ u netmelené sady oproti tmelené. Největší rozdíl KÚ na začátku a na konci expozice byl zaznamenán u nátěru 1 a dále u nátěru 4, kdy se sice tmelená sada ukázala jako více hydrofóbnější oproti netmelené, ale dle Tukeyova HSD testu byl statisticky významný rozdíl pouze u nátěru 4 do 6. měsíce (Příloha č. 5).



Graf č. 1 Změny KÚ jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

5.3 Změna barvy

Následující graf (Graf č. 2) ukazuje porovnání celkové barevné změny (ΔE^*) jednotlivých nátěrů v průběhu expozice. Největší barevný rozdíl byl zaznamenán u všech vzorků mezi 0. a 3. měsícem. Výjimka nastala pouze u nátěru 3 v tmelené sadě, kdy nepatrně větší změna nastala mezi 6. a 9. měsícem. Nátěry 2, 3 a 4 v tmelené sadě zaznamenaly pokles mezi 3. a 6. měsícem a následně opětovný nárůst. Naopak nátěr 1 v této sadě mezi 3. a 6. měsícem zaznamenal velmi nízký nárůst. U všech nátěrů v netmelené sadě byl zaznamenán trvalý nárůst ΔE^* . Největší změna ΔE^* byla zaznamenána u nátěru 1 v netmelené sadě (20,8) a nejnižší u nátěru 4 v tmelené sadě (12,05). U všech nátěrů v tmelené sadě byla celková barevná změna na začátku a na konci nižší. Dle Tukeyova HSD testu (Příloha č. 4) byly mezi sadami statisticky nevýznamné rozdíly do 3. měsíce expozice a statisticky významné od 3. měsíce dále.

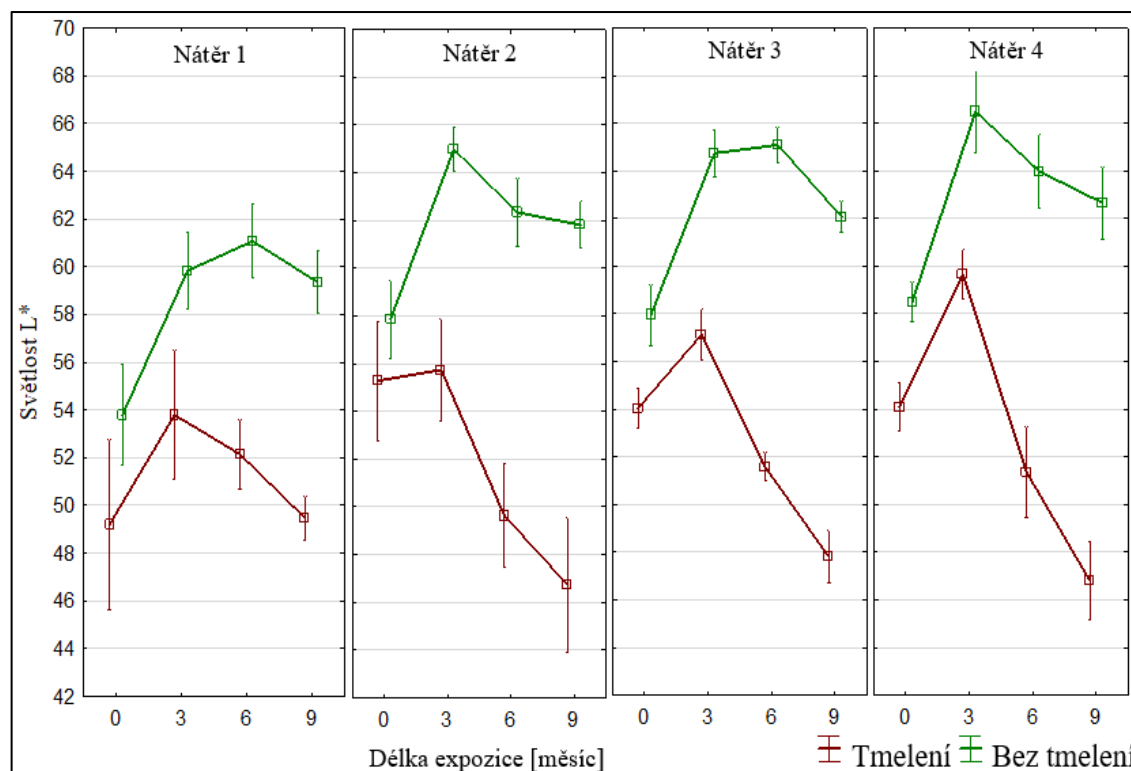


Graf č. 2 Celkové barevné změny ΔE^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

Pro bližší pochopení barevných změn jsou dále ještě rozebrány jednotlivé souřadnice L^* , a^* , b^* .

Souřadnice L^*

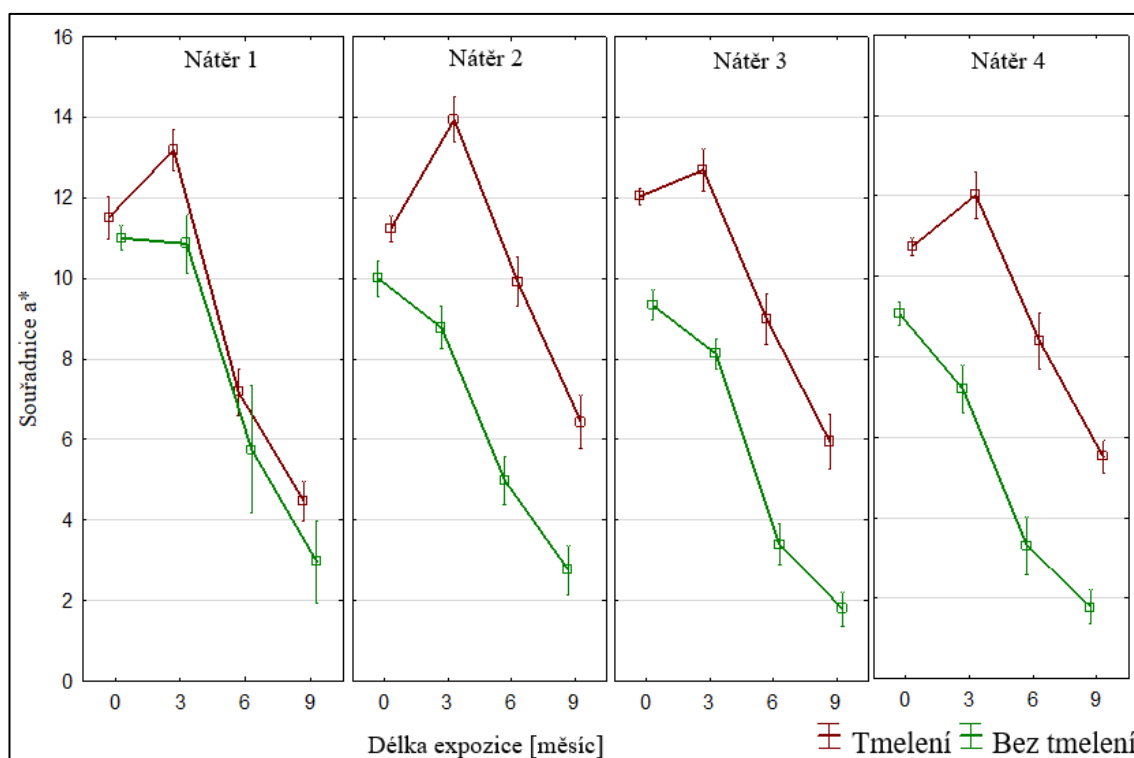
Souřadnice L^* se u tmelených povrchů do 3. měsíce vždy zvýšila a dále následoval postupný pokles (Graf č. 3) a přechod vzorků k tmavším odstínům. U netmelených povrchů byl zaznamenán výraznější nárůst souřadnice L^* do 3. měsíce, u některých nátěrů (1 a 3) dokonce nárůst pokračoval až do 6. měsíce. Dále vždy následoval pokles této souřadnice, který byl většinou pozvolnější než pokles u tmelené sady. Nejvýraznější rozdíl L^* mezi sadami byl na konci expozice zaznamenán u nátěrů na vodní bázi 3, 4 a dále u nátěru 2. Nejvyšší souřadnice L^* byla naměřena v 3. měsíci expozice u nátěru 4 s netmeleným povrchem (66,5) a nejnižší v 9. měsíci u nátěrů 2 a 4 s tmelením (46,5).



Graf č. 3 Změny souřadnice L^* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

Souřadnice a*

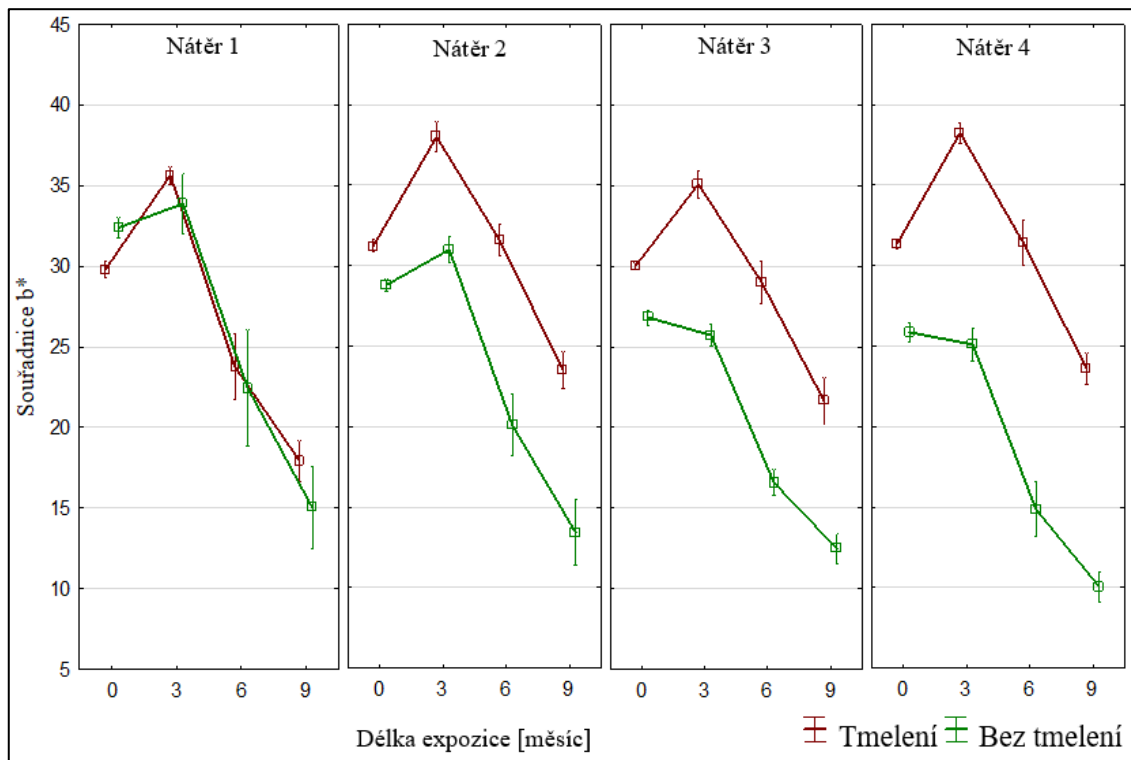
U obou sad byl zaznamenán podobný průběh trendů souřadnice a* (Graf č. 4). Souřadnice u tmelené sady byla na začátku i po celou dobu expozice u všech nátěrů vyšší než u netmelené sady. Mezi 0. a 3. měsícem zaznamenala celá tmelená sada nárůst a následně rychlejší pokles, který pokračoval až do ukončení expozice. Netmelená sada naopak v průběhu času vykazovala stále nižší hodnoty, změna byla u obou sad nejvýraznější mezi 3. a 6. měsícem a nejpozvolnější na začátku, případně na konci expozice. Nejvyšší hodnota byla naměřena u 2 nátěru s tmelením ve 3. měsíci (13,9) a nejnižší v 9. měsíci u nátěrů 3 a 4 bez tmelení (1,7). Nátěry 3 a 4 u nichž byly použity pouze nátěrové hmoty na vodní bázi zaznamenaly velmi podobný trend v obou sadách.



Graf č. 4 Změny souřadnice a* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

Souřadnice b*

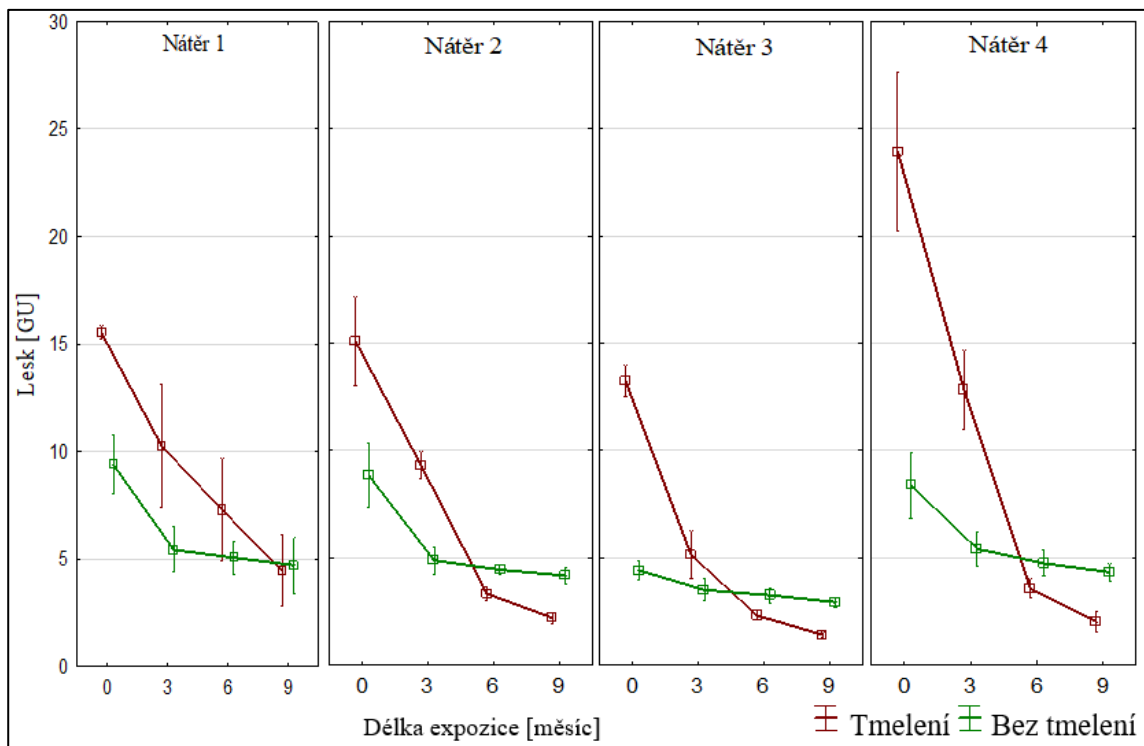
Souřadnice b* u nátěrů 3 a 4 měla téměř totožný trend jako souřadnice a*, hodnoty se pohybovaly pouze ve vyšších číslech (Graf č. 5). Podobný trend byl zaznamenán i u netmelených povrchů s nátěry 1 a 2, kdy ale zpočátku do 3. měsíce expozice souřadnice b* vzrostla a následně až do konce klesala, tento trend u nátěrů 1 a 2 byl zaznamenán i u netmelené sady, kde byl sice pozvolnější, ale k prvotnímu nárůstu a následnému výraznějšímu poklesu došlo také. Nejnižší hodnota byla opět zaznamenána u netmeleného povrchu s nátěrem 4 v 9. měsíci (9,7) a nejvyšší u stejného nátěru s tmeleným povrchem ve 3. měsíci (38,3). Nejvýraznější pokles v případě netmelené sady byl opět mezi 3. a 6. měsícem. U tmelené sady byly změny velmi podobné.



Graf č. 5 Změny souřadnice b* jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

5.4 Změna lesku

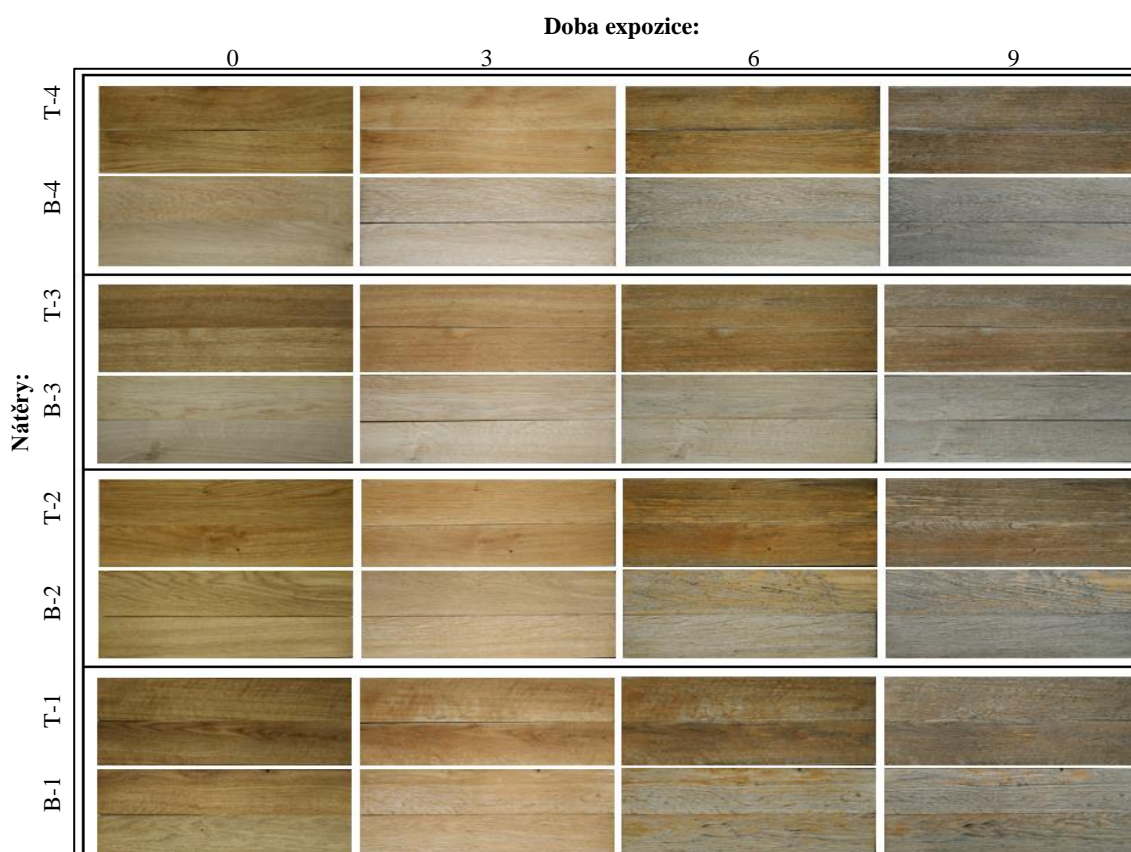
U všech testovaných vzorků byl zaznamenán podobný průběh změn. Na začátku byl lesk nejvyšší a postupem času se vždy snižoval. Před začátkem expozice tmelené povrchy oproti netmeleným vždy dosahovaly vyšších hodnot, tato hodnota byla většinou dvojnásobná (Graf č. 6). Největší nárůst před expozicí byl zaznamenán u nátěru 4 (24,1GU), který v případě tmelených vzorků byl až trojnásobný oproti vzorkům netmeleným. U sady s nátěrem 4 současně došlo k nejstrmějšímu poklesu lesku v průběhu času. Po 3 měsících vykazovala vyšší hodnoty lesku stále celá sada s předúpravou. To se změnilo po 6 měsících expozice, kdy tomu bylo téměř u všech nátěrů přesně naopak. Po 9 měsících tento trend pokračoval a už všechny nátěry v sadě s předúpravou vykazovaly nižší hodnoty lesku než v druhé sadě. Nejnižší hodnota lesku byla naměřena u tmeleného povrchu s nátěrem 3 (1,3GU). U všech vzorků bez tmelení tedy byly naměřeny z počátku nižší hodnoty lesku, ale v průběhu expozice u nich byly zaznamenány stabilnější hodnoty a na konci expozice dokonce vyšší hodnoty než u nátěrů v sadě tmelené.



Graf č. 6 Změny lesku jednotlivých sad v průběhu 9 měsíční expozice

5.5 Vizuální hodnocení

Vizuální hodnocení potvrdilo výše zmíněné zkoušky. Pouhým okem je mezi jednotlivými měřeními vidět barevná změna a při vlastním pohledu na vzorky bylo u tmelené sady možné pozorovat i rychlejší pokles lesku, který z fotografií nemusí být patrný. Na obrázku níže (Obrázek č. 20) je rozeznatelný nárůst jasu mezi 0. a 3. měsícem a následný pokles, který byl pozvolnější u tmelené sady. Po 6 měsících je patrná tendence k šednutí. U nátěrů 3 a 4, které byly zcela s nátěry na vodní bázi, je znatelný barevný rozdíl mezi sadami vidět po celou dobu expozice. Do 6. měsíce u tmelené sady byl také pozorovatelný výrazně vyšší lesk. U nátěrů 1 a 2, které měly alespoň jednu vrstvu nátěru na rozpouštědlové bázi, není před začátkem expozice výrazný rozdíl v barvě, výrazný rozdíl je u nich patrný až po 6 měsících expozice. Jak již bylo zmíněno výše u jednotlivých zkoušek, výrazná celková změna se u všech vzorků ukázala mezi 0. a 3. měsícem a dále také mezi 3. a 6. měsícem. U nátěrů 1 a 2 se po 6 měsících objevily lokální místa s více narušeným nátěrem. Jednalo se především o lokální dřevové paprsky a zóny



*poznámka (pro další znázornění barevných změn je v přílohách ještě vložena příloha č. 7 zobrazující zkušební vzorky ve zkušebních stojanech, převážně z důvodu horšího osvětlení vzorků u 3 měření)

Obrázek č. 20 Jednotlivé sady vzorků v průběhu 9 měsíční expozice

letního dřeva. Tento jev se objevil u obou sad, ale u netmelené byl častější a výraznější.

Dle normy ČSN EN 4628 a jejích částí, které se zabývají vizuálními degradacemi nátěrů, byly v průběhu expozice pozorovány ještě některé vybrané degradace. V průběhu celé expozice na povrchu nebyly patrné plísňe a na žádném ze vzorků nedocházelo ani ke křídování a puchýřkování. Dále byly pozorovány trhliny, které byly patrné zejména ve směru vláken. Napříč vláken se objevovali pouze sporadicky. Trhliny se objevily po 6 měsících expozice, ale jednalo se o trhliny velmi malé, s malou hloubkou a v malém počtu. V největší míře se vyskytovaly u povrchů bez tmelení a zejména u nátěrů na vodní bázi. Odlupování nátěru se projevilo již mezi 3. a 6. měsícem expozice, přičemž na netmelených površích probíhalo výrazně rychleji v porovnání s povrchy tmelenými. Nejvíce k němu docházelo v zónách jarního dřeva na otevřených pórech. Zajímavé bylo, že do 6. měsíce bylo odlupování výrazné, ale po této časové hranici se povrchy téměř ustálily a do konce expozice nebyl v odlupování nátěru patrný výrazný rozdíl (Obrázek č. 20).

6 DISKUZE

V dnešní době je dostupných mnoho vědeckých studií věnujících se přímo problematice dubu (Budakci a Sönmez 2010; Róžańska a kol. 2012; Demirci a kol. 2013; Szczuka a kol. 2016; Konstantinos a kol. 2018; Wang a kol. 2019 a mnoho dalších), kde jsou popsány jednotlivé degradace a změny vlastností různých nátěrových systémů, a to jak včetně použití plnicího nátěru, nebo jen samotných nátěrových systémů. Dost často jsou ale tyto změny popsány pouze před expozicí a pro praxi tak chybí důležité informace, charakterizující daný nátěrový systém nebo předúpravu v průběhu času.

V následujících podkapitolách jsou shrnuty výsledky této práce, které jsou konfrontovány s jinými studii a výzkumy.

6.1 Volná povrchová energie

Povrchová energie má vliv především na smáčivost. Čím je u povrchu vyšší, tím lze předpokládat lepší smáčivost, a tedy i lepší adsorpci, která u nátěrových hmot vyústí v lepší adhezi (Pánek a kol. 2019a). U tmeleného povrchu bylo zaznamenáno snížení SFE, to by mělo tedy předpovídat horší adhezi nátěrové látky a s tím spojenou i nižší trvanlivost (Barnes a Gentle 2011). Nižší trvanlivost se ale z výsledků nepotvrdila a lze tedy předpokládat, že vytmelením velkých otevřených pórů u kruhovitě pórovitých dřevin sice snížíme nepatrně SFE, a tedy i adhezi nátěru, ale zároveň tím zvýšíme lokální trvanlivost nátěru na místech velkých otevřených pórů, kde mají nátěry tendenci degradovat mnohem dříve. To se v případě této práce u netmelených povrchů také potvrdilo.

Zlepšení adheze zvýšením polární složky SFE pro vodní nátěry zaznamenali například Odrášková a kol. (2008), kteří sice zkoumali ošetření dubového dřeva plazmatem, ale při výrazném zvýšení polární složky výrazně zlepšili adhezi vodních nátěrů. Podobné hodnoty zaznamenali i Jankowska a kol. ve výzkumu (2018), kdy měřili SFE dubového dřeva při různé konečné úpravě povrchu. De Meijer (2005) ve svém revue popisuje, že i mezi druhy jednotlivých dřevin může být velmi variabilní rozdíl. V přehledu výsledků z literatury také zmiňuje například dub bílý, u kterého byla naměřena podobná celková SFE 46,9 mN/m jako u dubu letního v této práci, ale její složky byly výrazně odlišné (polární 41,65 a disperzní 5,3 mN/m, v této práci byly naměřené hodnoty jednotlivých složek SFE téměř opačné).

6.2 Smáčení povrchu

Smáčení povrchu nebylo tmelením znatelně ovlivněno. Důvodem nejpravděpodobněji bylo, že se tmelením vytvořilo pouze nepatrně odlišné složení nátěrového systému. Pozoruhodné bylo pouze měření na začátku expozice, kdy nátěry na vodní bázi dosáhly nepatrně vyššího kontaktního úhlu v případě povrchu bez tmelení a nátěry na rozpouštědlové bázi naopak v případě povrchu tmeleného. Tato rozdílná změna u nátěrů na vodní a rozpouštědlové bázi je nejspíše dána snížením polární složky SFE u tmelené sady, a tedy rozdílnou adhezí nátěrů (Odrášková a kol. 2008). Další možné vysvětlení je takové, že nátěry na vodní bázi hůře smáčí povrchy oproti nátěrům s rozpouštědlem v důsledku vyššího povrchového napětí vody, a proto se u nich díky vytmelení velkých pórů smáčivost ještě zhorší (De Meijer 2005).

Nejvýraznější pokles KÚ nastal mezi 3. a 6. měsícem expozice, to značí výraznou degradaci nátěru, která pravděpodobně pronikla až do vrstev dřeva.

V nátěrovém systému 2 byla jedna vrstva nátěru, u kterého výrobce mimo jiné také udává, že má nátěr i sám o sobě dobré tmelící vlastnosti. To dle mého názoru může být také důvod k nejlepšímu zaznamenanému výsledku na konci expozice.

Horší smáčivost bylo možné předpokládat mimo jiné i na základě faktu, že po vytmelení velkých otevřených pórů povrch částečně ztratí schopnost adsorbovat kapalinu (Konstantinos a kol. 2018). Ve výzkumu Oberhofnerové a kol. (2018) bylo zaznamenáno, že jehličnaté dřeviny s menšími póry vykazují vyšší kontaktní úhel pro kapalinu než listnáče. Fakt vlivu pórů byl například potvrzen i ve studii Konstantinose a kol. (2018), kdy po vyplnění pórů epoxidovou pryskyřicí a dalšími druhy pryskyřic, byla naměřena adsorpce pro kapalinu několikanásobně nižší. Z jejich výzkumu dále vyplývá, že nejhorších výsledků dosáhl smirkový prach s akrylátovou pryskyřicí oproti jiným typům pryskyřic. Výzkum také poukázal na to, že při použití smirkových prachových částic s pryskyřicemi se dá dosáhnout lepších vlastností povrchu než při použití pouze samotných pryskyřic. Otázkou ale zůstává podrobnější analýza požití tohoto způsobu v průběhu času na dřeviny s vysokým obsahem extraktiv a jejich případnou vzájemnou barevnou reakcí.

U nátěru 1 bylo naměřeno v 9. měsíci úplné smáčení (0° KÚ), to je způsoben uvolňováním celulózy, která má vyšší afinitu k vodě, díky SFE (De Meijer 2005). 0° KÚ také značí úplnou degradaci nátěru. Velmi variabilní výsledky KÚ mohly být dány usazováním prachových částic do otevřených pórů netmelené sady, což mohlo vést ke

zpomalení absorpce vody, a proto nebylo tmelením smáčení v průběhu expozice znatelně ovlivněno (Oberhofnerová a kol. 2017).

6.3 Barevné změny

V případě celkových barevných změn ΔE^* zaznamenal nejspokojivější barevnou stálost nátěr 4 v tmelené sadě, ale nátěry 2 a 3 v této sadě byly také na vysoké úrovni. Výrazné barevné změny bylo možné pozorovat již mezi prvními měřeními. Tmelení mělo rozdílný vliv i na jednotlivé souřadnice. V případě souřadnice L^* měly tmelené povrchy tendenci tmavnout a netmelené povrchy naopak světlat. Celkově se mezi sadami souřadnice a^* tmelením zvýšila a souřadnice b^* naopak snížila. Ze souřadnic vyplývá, že se tmelením dá zčásti zabránit degradaci ligninu a vyplavování extraktivních látek. Nejvýraznější změna jednotlivých souřadnic byla zaznamenána téměř vždy mezi 3. a 6. měsícem expozice.

Podle článku Terzieva a Bouteljeho (1997) lze barevný rozdíl rozlišit pouhým okem od $\Delta E^*=3$ (Tabulka č. 6). Nad touto hranicí se ve všech stádiích expozice pohybovaly všechny nátěry v obou sadách, kromě nátěrů 1, 2 a 3 v tmelené sadě mezi 3. a 6. měsícem expozice. V tomto období tedy nebylo u těchto nátěrů možné pozorovat barevnou změnu pouhým okem (Oberhofnerová a kol. 2019).

Z výsledků ΔE^* vyplývá, že pokud se povrchové póry vytmelí, tak již po 6 měsících expozice má tato předúprava významný vliv na barevnou stálost nátěru. To také dokládá i Tukeyův HSD test (Příloha č. 4). Z grafu č. 2 je patrný viditelný pokles ΔE^* u tmelených nátěrů mezi 3. a 6. měsícem expozice a následný nárůst. To značí že někdy v tomto období u těchto nátěrů nastala silná degradace (Pánek a Reinprecht 2014). Naopak u netmelené sady byl u všech nátěrů zaznamenán trvalý nárůst po celou dobu expozice, to poukazuje na trvale rychlejší degradaci nátěrů (Oberhofnerová a kol. 2019). Z Tukeyova HSD testu (Příloha č. 4) je také viditelné, že po 6 měsících expozice není mezi nátěry v tmelené sadě statisticky významný rozdíl. To by dle mého názoru mohlo poukazovat na degradaci vrchních nátěrů a na lepší trvanlivost epoxidové pryskyřice.

Jednotlivé souřadnice blíže specifikují, jakou tendenci barevné změny měly v průběhu času. Vzdávající souřadnice a^* a b^* určují tendenci povrchu ke žlutému a červenému nádechu a zvyšující se souřadnice L^* určuje světlost povrchu (Bulian a Graystone 2009).

Výrazné snížení souřadnice a^* po přirozeném stárnutí zaznamenali u všech transparentních nátěrů i Sivrikaya a kol. (2009). Ve svém výzkumu navíc testovali i pigmentové nátěry, u kterých zaznamenali změnu minimální.

Podobných barevných změn dosáhli i Pánek a kol. (2017) při umělém stárnutí. Prvotní nárůst a následný pokles zaznamenali i Sivrikaya a kol. (2009), a také nejvýraznější změnu souřadnice b^* , jako v této práci (Tabulka č. 7, str. 50). Nárůst souřadnice b^* je spojován zejména s degradací ligninu a její následný pokles zase s vyplavováním již degradovaného ligninu a extraktivních látek vodou (Williams a Feist 1999; Sivrikaya a kol. 2009).

Celkové světlání dřeva je zapříčiněno vyplavováním vodorozpustných extraktiv (Sivrikaya a kol. 2009) a výsledky tedy potvrdily tvrzení, že tmavší dřeviny jako například dub mají v průběhu času tendenci nejprve zesvětlát, dokud se z povrchových vrstev tyto extraktiva nevyplaví (Aloui a kol. 2007). Vyplněním pórů je tedy vyplavování vodorozpustných extraktiv možné omezit (Róžańska a kol. 2012).

6.4 Lesk

Lesk se tmelením dá zpočátku výrazně zvýšit, ale toto zvýšení se neukázalo jako trvalé. Statisticky významné rozdíly mezi sadami byly dle Tukeyova HSD testu u všech nátěrů na začátku expozice (Příloha č. 3). Největší nárůst byl zaznamenán u nátěru 4 s nátěry na vodní bázi, hodnota lesku oproti netmelené sadě byla trojnásobná. U tmelených vzorků se většinou mezi 3. a 6. měsícem hodnota lesku snížila pod lesk sady bez tmelení a tento trend pokračovalo až do konce expozice. Snížení hodnoty lesku nátěrů v průběhu času bylo zaznamenáno i v dalších studiích (Hakam a kol. 2019; Oberhofnerová a kol. 2019; Pavlič a kol. 2021). Prvotní zvýšení lesku bylo dle mého názoru nejvíce ovlivněno zvýšením počtu nátěrů (prvotní tmelící vrstvou) a vyrovnáním povrchu vzorků. Stejně vysvětlení zmiňuje ve svém výzkumu Wang a kol. (2019), konkrétně že se zvyšujícím počtem nátěrových vrstev roste lesk, a i další vlastnosti nátěru.

Keskin a Atar (2008) zaznamenali také vyšší hodnoty v případě netmeleného povrchu u syntetických nátěrů a nižší u nátěrů na vodní bázi a zároveň uvádí, že na hodnotu lesku má největší vliv druh dřeviny. K výraznému poklesu hodnoty lesku, jako v případě této práce (Tabulka č. 7, str. 50), dospěli u transparentních nátěrů i Sivrikaya a kol. (2009), naopak u nátěrů pigmentových po 12 měsíční expozici zaznamenali nevýrazný pokles a u jednoho nátěru dokonce nárůst. Ve výzkumu Demirciho a kol.

(2013) byl lesk u dubu nejvyšší u alkydu a nejnižší u jednosložkového polyuretanu. Lesk se nejdříve mírně zvýšil (do 50 dne) a následně snížil. Dle jejich studie má na lesk vliv teplota i vlhkost, přičemž s vyšší vlhkostí byl lesk nižší. Nejvyšší lesk naměřili při 25 °C a 50 °C.

Podle tabulky č. 5 uvedené v metodice spadají nátěry s tmelením do 6. měsíce expozice do stupně lesku 4 (polomat) a po této časové hranici spadají do stupně lesku 5 (mat). Do stupně lesku 5 spadají i všechny nátěry bez tmelení v průběhu celé expozice.

6.5 Vizualní hodnocení

Po vizualní stránce se všechny nátěry s tmeleným povrchem ukázaly jako uspokojivější, protože u nich docházelo k výrazně nižším lokálním barevným změnám než v případě sady bez tmeleného povrchu. Na konci expozice je po vizualní stránce vidět velmi markantní rozdíl mezi sadami, kdy si tmelené povrchy více zachovávaly původní barvu a povrchy bez tmelení výrazně zešedly. U jednotlivých vzorků se v případě této práce objevily lokální degradace. Jednalo se především o místa s dřevnými paprsky a zóny jarního dřeva. Tento jev se objevil u obou sad, ale u netmelené sady byl častější a výraznější. Právě toto je jeden z defektů nátěrových hmot na dubovém dřevě, který je zaznamenán i v řadě výzkumů a je s největší pravděpodobností způsoben výskytem velkých otevřených pórů, které jsou soustředěny v jarním dřevě (Pánek a kol. 2019b; Kropat a Hubbe 2020).

Tendence k šednutí dubového dřeva byla zaznamenána i ve výzkumu Oberhofnerová a kol. (2019) po 6. měsíci expozice. K poznatku, že u tmavých listnatých dřevin dochází nejprve k zesvětlení a následnému šednutí došli i v řadě jiných výzkumů (Sell a Feist 1986; Dawson a kol. 2008).

Sivrikaya a kol. (2009) testovali transparentní a pigmentové nátěrové systémy. Nejnižší lokální barevné změny zaznamenali také u transparentních nátěrů na vodní bázi a nejvyšší u transparentních nátěrů na bázi rozpouštědla. Pigmentové nátěry se pohybovaly v rozmezí mezi nimi.

Jak již bylo zmíněno výše u jednotlivých zkoušek, výrazná celková změna se u všech vzorků ukázala mezi 0. a 3. měsícem. Tato změna byla nejpravděpodobněji ovlivněna degradací ligninu a extraktivními látkami (Sivrikaya a kol. 2009). Nejvýraznější změna ale nastala mezi 3. a 6. měsícem.

Plísně na povrchu vzorků nebyly pozorovány nejspíše z důvodu vysoké přirozené trvanlivosti dubového dřeva. Tento fakt je uveden i ve výzkumu Oberhofnerové a kol. (2019), kdy plísně na dubovém dřevě také nezaznamenali.

Protože byly použity pouze transparentní nátěry, tak se na površích vzorků neprojevovalo ani puchýřkování a ani křídování, které je charakteristické pro pigmentové nátěrové hmoty (Sivrikaya a kol. 2009).

Doporučení pro praxi

Jak již bylo zmíněno v literární rešerši dubové dřevo může v exteriérových podmínkách bez jakéhokoliv ošetření dosahovat životnosti i 15 let bez nutnosti výměny. Problém ale nastává v případě jeho natírání a při požadavcích udržení jeho původní barvy. Dubové dřevo tedy samo o sobě je v porovnání s většinou našich dřevin velmi odolné, ale nátěry na něm dosahují velmi malých životností. To je patrné i z výsledků této práce a k tomuto poznatku došli ve svých výzkumech i Oberhofnerová a kol. (2019) a Kropat a Hubbe (2020) a další. Proto je pro co nejdelší expozici v exteriéru nutné znát a respektovat jeho specifika, především jeho pórovitost a extraktivní látky a snažit se zamezit jejich negativním účinkům.

Tmelení povrchových pórů se z této práce ukázalo jako dobrá varianta pro všechny nátěry. Převážně potom pro nátěry na vodní bázi, které jsou bez předúpravy povrchu ve většině případů méně odolné oproti těm rozpouštědlovým. Díky tmelení si po vizuální stránce dokonce udržely znatelně atraktivnější vzhled.

Tyto poznatky by se daly aplikovat i pro interiér, pokud by byl požadavek zvýšit hodnotu lesku. Tmelení se ukazuje jako dobrá varianta převážně pro vodní nátěry, u kterých byl zaznamenán nárůst až trojnásobný. Lesk měl sice tendenci k rychlejšímu snížení než u povrchů bez tmelení, ale v případě interiéru není prostředí tak nepříznivé a lesk by si povrch měl udržet delší dobu. Další výhodou pro interiér by byla i ta, že je tmelený povrch na dotek příjemnější.

Pro praxi je třeba brát v potaz, že pro tuto práci byla využita jižní expozice pod úhlem 45 ° udávaná normou ČSN EN 927, která je jednou z nejhorsších variant a takto exponované výrobky dosahují znatelně nižších životností v porovnání s vertikální expozicí.

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo prozkoumat a popsat vliv předúpravy tmelení povrchových pórů na trvanlivost transparentních nátěrových systémů v exteriérovém prostředí. Byly sestaveny 2 hlavní sady vzorků, s tmeleným a bez tmeleného povrchu, vždy se 4 nátěrovými systémy v kombinaci 2 nátěrů na rozpouštědlové a 4 nátěrů na vodní bázi. K vytmelení povrchu byla použita dvousložková epoxidová pryskyřice EPINAL UR 36.14. Vzorky byly podrobeny 9 měsíčnímu přirozenému stárnutí a byly u nich měřeny změny barvy, smáčivosti povrchu, lesku a dále byl měřen vliv tmelení povrchových pórů na volnou povrchovou energii povrchu.

Pro tmelení byly zaznamenány rozdílné změny ve vlastnostech při použití nátěrů na vodní a na rozpouštědlové bázi. Tmelení mělo větší vliv na nátěry na vodní bázi než na nátěry na bázi rozpouštědel. Jako nejspokojivější nátěrové systémy z pohledu vizuálního hodnocení byly stanoveny nátěrové systémy 3 a 4 (s nátěry zcela na vodní bázi) s vytmeleným povrchem. U těchto nátěrových systémů byly po konci expozice zaznamenány nejnižší lokální barevné degradace nátěrů a nátěr byl více souvislý.

Celkově nelze jasně určit nátěrový systém, u kterého by se vlivem tmelení výrazně zvýšily všechny vlastnosti v porovnání s ostatními systémy, ale tmelená sada se u všech nátěrů ukázala vždy jako trvanlivější. U nátěrového systému 1 byla zaznamenána nejlepší trvanlivost lesku, a také i nejnižší změna souřadnice L^* před a po expozici. Nátěrový systém 2 si na konci expozice uchoval nejvyšší kontaktní úhel. A u nátěrových systémů 3 a 4 byl v případě tmelení po konci expozice zaznamenán vizuálně nejpříjemnější povrch, jak v barevné stálosti, tak i v souvislosti nátěru. Výsledky také poukázaly na to, že vlivem vytmelení velkých otevřených pórů lze omezit degradaci ligninu v povrchových vrstvách a snížit vyplavování extraktivních látek.

Volná povrchová energie se v důsledku vytmelení povrchových pórů nepatrně snížila, ale toto snížení na trvanlivost nátěrů nemělo znatelný vliv. Důležitější se z hlediska trvanlivosti nátěrů ukázalo vyrovnání povrchové pórovitosti, díky kterému bylo možné nanést rovnoměrnou a souvislou vrstvu jednotlivých nátěrů.

V souhrnném hodnocení byl určen jako nejvhodnější nátěrový systém 4 a dále nátěrový systém 3. Pro tyto dva nátěrové systémy bylo tmelení určeno jako nejzásadnější a vedlo k nejvýraznějšímu zvýšení trvanlivosti. Jako nejméně vhodný byl určen nátěrový systém 1, u kterého byl zaznamenán i nejnižší vliv v důsledku tmelení.

SEZANAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

ODBORNÉ ČLÁNKY

- ALOUI, F.; AHAJI, A.; IRMOULI, Y.; GEORGE, B.; CHARRIER, B.; MERLIN, A. *Inorganic UV absorbers for the photostabilisation of wood-clearcoating systems: Comparison with organic UV absorbers. Appl. Surf. Sci.* 2007, 253, 3737–3745 s.
- BUDAKCI, M.; ÇINAR, H.; KORKUT, S. *Effect of wood finishing and planing on surface smoothness of finished wood. Journal of Applied Sciences*, 2007, 7.16: 2300-2306.
- BUDAKCI, M.; SÖNMEZ, A. *Determining adhesion strength of some wood varnishes on different wood surfaces. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University.* 2010, vol 25, no 1, 111-118.
- BURKE, E., SLAVIK, N., BONURA, T., CONNELLY, D., FARIS, T., NEBELSICK, A., STUART, B., WILLIAMS, R. S., AND WIEDENHOEFT, A. C. *Understanding extractive bleed: wood extractives: distribution, properties, and classes. CoatingsTech.* 2010 p. 48-53., 2010, 7.3: 48-53.
- COGULET, A.; BLANCHET, P.; LANDRY, V. *The multifactorial aspect of wood weathering: a review based on a holistic approach of wood degradation protected by clear coating.* 2018. *BioResources*, Vol. 13 (1), 2116-2138.
- DAWSON, B. S.; SINGH, A. P.; KROESE, H. W., SCHWITZER, M.A.; GALLAGHER, S.; RIDDIOUGH, S. J.; WU, S. *Enhancing exterior performance of clear coatings through photostabilization of wood. Part 2: coating and weathering performance. Journal of Coatings Technology and Research.* 2008, durable exterior clear coatings for wood. *Coatings.* 2015, vol. 5, no. 4, s. 830-864.
- DE FERRI, L., STROJECKI, M., BERTOLIN, C. *Preliminary results on surface treatments on wood. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* IOP Publishing, 2020. p. 012094.
- DEMIRCI, Z.; SONMEZ, A.; BUDAKCI, M. *Effect of thermal ageing on the gloss and the adhesion strength of the wood varnish layers. BioResources*, 2013, 8.2: 1852-1867.
- EVANS, P. D.; HAASE, J. G.; SEMAN, A. S.; KIGUCHI, M. *The search for durable exterior clear coatings for wood. Coatings.* 2015, vol. 5, no. 4, s. 830-864.

- GÜNTHER, C.; MOSANDL, A. *Stereoisomere Aromastoffe, XII. 3-Methyl-4-octanolid—Quercuslacton, Whiskylacton-Struktur und Eigenschaften der Stereoisomeren. Liebigs Ann. Chem.* 1986, 1986:2112–2122. doi: 10.1002/jlac.198619861206.
- GUPTA, B. S.; JELLE, B. P.; HOVDE, P. J.; RÜTHER, P. *Studies of wooden cladding materials degradation by spectroscopy.* Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Construction Materials, 2011, 164.6: 329-340.
- HAKAM, A.; KORTBI, M. E.; IMAME, N. E.; IAYCH, K.; GUELZIM, M.; RAHOUTI, M.; CASABLANCA, M. *Effect of Artificial Aging at the Deterioration Wheel on the Color of Finish Treated Woods of Pinus sylvestris and Quercus robur.* Journal of Engineering and Applied Sciences, 2019, 14.22: 8261-8265.
- HANEWINKEL, M.; CULLMANN, D. A.; SCHELHAAS, M. J.; NABUURS, G. J.; ZIMMERMANN, N. E. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. Nature climate change, 2013, 3.3: 203-207.
- HRČKA, R.; KUČEROVÁ, V.; HÝROŠOVÁ, T. *Correlations between Oak Wood Properties.* BioResources, 2018, 13.4: 8885-8898.
- JANKOWSKA, A.; ZBIEĆ, M.; KOZAKIEWICZ, P.; KOCZAN, S. O.; OLEŃSKA, S.; BEER, P. *The wettability and surface free energy of sawn, sliced and sanded european oak wood.* Maderas. Ciencia y tecnología, 2018, 20.3: 443-454.
- KESKIN, H.; ATAR, M. Impact of impregnation chemical on surface glossiness of synthetic, acrylic, polyurethane, and water-based varnishes. Journal of applied polymer science, 2008, 108.5: 3361-3369.
- KONSTANTINOS, K. V.; DIMITRIOS, S.; DIMITRIS, B.; MARINA, CH. *Promising and alternative wood surface sealing with emery dust - first conclusions, 2018, 13th Paints Symposium Research & technology of paints, At: Athens Greece.*
- KROPAT, M.; HUBBE, M. A.; LALEICKE, F. *Natural, accelerated, and simulated weathering of wood: A review.* BioResources, 2020, 15.4: 9998-10062.
- KÚDELA, J. *Wetting of wood surface by a liquids of a different polarity.* Wood Research, 2014, 59.1: 11-24.
- MARMUR, A.; AMIRFAZLI, A.; DELLA VOLPE, C.; DRELICH, J. W.; SIBONI, S. *Contact angles and wettability: towards common and accurate terminology.* Surface Innovations, 2017, 5.1: 3-8.

- MATAN, N.; MATAN, N. Waterborne paints modified with essential oils as bioprotective coatings for rubberwood. *Journal of Tropical Forest Science*. 2012, vol. 24, no. 4, s. 528-537.
- MATSUO, M.; YOKOYAMA, M.; UMEMURA, K.; SUGIYAMA, J.; KAWAI, S.; GRIL, J.; KUBODERA, S.; MITSUTANI, T.; OZAKI, H.; SAKAMOTO, M.; IMAMURA, M. *Aging of wood: analysis of color changes during natural aging and heat treatment*. *Holzforschung*. 2011, vol. 65, np. 3, s. 361-368.
- NAIR, S.; GIRIDHAR, B. N.; PANDEY, K. K. *UV stabilization of wood by nano metal oxides dispersed in propylene glycol*. *J. Photochem. Photobiol.* 2018, 183, 1–10.
- OBERHOFNEROVÁ, E.; PÁNEK, M. *Surface wetting of selected wood species by water during initial stages of weathering*. *Wood Research*. 2016, vol. 61, no. 4, s. 545-552.
- OBERHOFNEROVÁ, E.; PÁNEK, M.; GARCÍA-CIMARRAS, A. *The effect of natural weathering on untreated wood surface*. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 2017, 19.2: 173-184.
- OBERHOFNEROVÁ, E.; ŠIMŮNKOVÁ, K.; DVORÁK, O.; ŠTERBOVÁ, I.; HIZIROGLU, S.; ŠEDIVKA, P.; PÁNEK, M. *Comparison of Exterior Coatings Applied to Oak Wood as a Function of Natural and Artificial Weathering Exposure*. *Coatings*, 2019, 9.12: 864.
- ODRÁŠKOVÁ, M.; ZAHORANOVÁ, A.; TIŇO, R.; ČERNÁK, M. *Plasma activation of wood surface by diffuse coplanar surface barrier discharge*. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*, 2008, 28.2: 203-211.
- PÁNEK, M. *Nátěry na dřevo a jejich testování*, FLD-CZU v Praze, 1. Vydání. 2015. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7.
- PÁNEK, M.; HÝSEK, Š.; DVOŘÁK, O.; ZEIDLER, A.; OBERHOFNEROVÁ, E.; ŠIMŮNKOVÁ, K.; ŠEDIVKA, P. *Durability of the exterior transparent coatings on nano-photostabilized English oak wood and possibility of its prediction before artificial accelerated weathering*. *Nanomaterials*, 2019, 9.11: 1568.
- PÁNEK, M.; OBERHOFNEROVÁ, E.; ŠEDIVKA, P.; ZEIDLER, A. *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, 11.9: 1653.

- PÁNEK, M.; OBERHOFNEROVÁ, E.; ZEIDLER, A.; ŠEDIVKA, P. Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering. *Coatings*. 2017, vol. 7, no. 10, s. 172.
- PÁNEK, M.; REINPRECHT, L. Colour stability and surface defects of naturally aged wood treated with transparent paints for exterior constructions. *Wood Research*. 2014, vol. 59, no. 3, s. 421-430.
- PAVLIČ, M.; PETRIČ, M.; ŽIGON, J. *Interactions of Coating and Wood Flooring Surface System Properties*. *Coatings*, 2021, 11.1: 91.
- PETRIČ, M. Surface modification of wood. *Reviews of Adhesion and Adhesives*, 2013, 1.2: 216-247.
- REINPRECHT, L.; PÁNEK, M. *Effects of wood roughness, light pigments, and water repellent on the color stability of painted spruce subjected to natural and accelerated weathering*. *BioResources*. 2015, vol. 10, no. 4, s. 7203-7219.
- ROUSEK, M., KOPECKÝ, Z., NOVÁK, V., KOWALSKI, M.: Hodnocení kvality povrchu dřeva po frézování. In: Trieskové a beztrieskové obrábání dreva. 2012. Zborník prednášok VIII MVK. Zvolen, p.p. 297-304, ISBN 978-80-228-2385-2.
- RÓŽAŃSKA, A., KORYCIŃSKI, W., AURIGA, R., BEER, P. *Characteristics of the properties of traditional finishing coatings used to protect wood in antique parquets considering the possibility of their application in buildings under reconstruction*. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 2012, 80: 22-27.
- SELL, J.; FEIST, W. C. *US and European finishes for weather-exposed wood-a comparison*. *Forest products journal*. 1986, vol. 36, no. 4, s. 37-41.
- SIVRIKAYA, H.; HAFIZOGLU, H.; YASAV, A.; AYDEMIR, D. Natural weathering of oak (*Quercus petrae*) and chestnut (*Castanea sativa*) coated with various finishes. *Color Research & Application*, 2011, 36.1: 72-78.
- SZCZUKA, M., RÓŽAŃSKA, KORYCIŃSKI, W. *Selected aesthetic properties of traditional finish coatings used in furniture making*. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW, Forestry and Wood Technology*, 2016, 96: 168-175.
- TERZIEV, N.; BOUTELJE, J. *Effect of felling time and kiln-drying on color and susceptibility of wood to mold and fungal stain during an above-ground field test*. *Wood and fiber science*, 1998, 30.4: 360-367.

WANG, J.; WU, H.; LIU, R.; LONG, L.; XU, J.; CHEN, M.; QIU, H. *Preparation of a fast water-based UV cured polyurethane-acrylate wood coating and the effect of coating amount on the surface properties of Oak (Quercus alba L.)*. *Polymers*, 2019, 11.9: 1414.

WILLIAMS, R. S.; FEIST, W. C. *Water repellents and water-repellent preservatives for wood*. Forest Products Laboratory, 1999, 12 s.

ŽLAHTIČ, M.; HUMAR, M. Influence of artificial and natural weathering on the hydrophobicity and surface properties of wood. *BioResources*. 2016, vol.11, no.2, s. 4964-4989.

MONOGRAFIE

BARCÍK, Š. *Technika pre výrobu nábytku*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 262 s. ISBN 978-80-228-2055-4.

BARNES, G.; GENTLE, I. *Interfacial science: an introduction*. Oxford university press, 2011. 352 s. ISBN: 9780199571185.

BULIAN, F.; GRAYSTONE, J. *Wood coatings: Theory and practice*. Amsterdam: Elsevier, 2009. 800 s. ISBN: 9780444528407.

ČERNOCH, A.; MACHULKA, R.; SOUBUSTA, J. *Optická spektroskopie*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. 20 s. ISBN 978-80-244-3114-7.

HILL, C. A. S. *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. Hoboken, NJ: John Wiley, 2006. 238 s. ISBN 978-0-470-02172-9.

HOADLEY, R. B. *Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology*. Taunton press, 2000. 293 s. ISBN 1-56158-358-8.

KAČÍK, F.; TRIBULOVÁ, T. *Chemie dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2020. 101 s. ISBN 978-80-213-2938-6.

KAILA, P. *Sunshine: the worst enemy of wooden facades*. In: Old cultures in new worlds. 8th ICOMOS General Assembly and International Symposium. Programme report - Compte rendu. US/ICOMOS, 1987, Washington, pp. 333-338.

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

- NUTSCH, W. *Příručka pro truhláře*. 2., přeprac. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006. ISBN 80-86706-14-1.
- POŽGAJ, A.; CHOVANEC, D.; KURJATKO, S.; BABIAK, M. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava, Príroda a.s., 1993. 485 s. ISBN: 80-07-00600-1.
- PTÁČEK, P. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. 96 s. ISBN 978-80-247-2326-6.
- REINPRECHT, L. *Ochrana dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.
- ROWELL, R. M. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. 703 s. ISBN 978-1-4398-5380-1.
- WAGENFÜHR, R. *Holzatlas*. 6., neu bearb. und erweit. Aufl. Leipzig: Fachbuchverlag, 2007. 816 s. ISBN 3-446-40649-2.
- WOOD HANDBOOK. *Wood as an engineering material*. US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, USA. Gen. Tech. Rep. FPLGTR-113, 1999. 486 s.
- ZEIDLER, A.; BORŮVKA, V. *Stavba a vlastnosti dřeva hospodářsky významných dřevin – podklady pro cvičení*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2674-3.

NORMY

- CIE. *Colorimetry*. Commission Internationale de l'Eclairage. Vienna, Austria. 1976. 74 s.
- ISO 7724-1. *Paints and varnishes - Colorimetry - Part 1: Principles*. ISO Standard. 1984. 5 s.
- ISO 7724-2. *Paints and varnishes - Colorimetry - Part 2: Colour measurements*. ISO Standard. 1984. 6 s.
- ISO 7724-3. *Paints and varnishes - Colorimetry - Part 3: Calculation of colour differences*. ISO Standard. 1984. 3s.
- ČSN EN 927-3. *Nátěrové hmoty - Natěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím*. European Committee for Standardization, Brussels. 2020. 36 s.
- ČSN EN ISO 2813. *Nátěrové hmoty - Stanovení čísla lesku při úhlu 20°, 60° a 85°*. European Committee for Standardization, Brussels. 2016. 24 s.

- ČSN EN ISO 4618. *Nátěrové hmoty - Termíny a definice*. European Committee for Standardization, Brussels. 2018. 90 s.
- ČSN EN 927-1. *Nátěrové hmoty - Natěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 1: Klasifikace a volba*. European Committee for Standardization, Brussels. 2013. 20 s.
- ČSN EN 927-2. *Nátěrové hmoty - Natěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Specifikace funkčních vlastností*. European Committee for Standardization, Brussels. 2015. 23 s.
- ČSN EN 927-3. *Nátěrové hmoty - Natěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím*. European Committee for Standardization, Brussels. 2020. 36 s.
- ČSN EN 927-5. *Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě*. European Committee for Standardization, Brussels. 2007. 24 s.
- ČSN EN 927-6. *Nátěrové hmoty - Natěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody*. European Committee for Standardization, Brussels. 2019. 28 s.
- ČSN EN 13501-1. *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. European Committee for Standardization, Brussels. 2019. 48 s.
- ČSN EN ISO 2808. *Nátěrové hmoty - Stanovení tloušťky nátěru*. European Committee for Standardization, Brussels. 2020. 56 s.
- ČSN EN ISO 15184. *Nátěrové hmoty - Stanovení tvrdosti nátěru zkouškou tužkami*. European Committee for Standardization, Brussels. 2020. 12 s.
- ČSN EN ISO 2409. *Nátěrové hmoty - Mřížková zkouška*. European Committee for Standardization, Brussels. 2013. 20 s.
- ČSN EN ISO 4628-1. *Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 1: Obecný úvod a systém označování*. European Committee for Standardization, Brussels. 2016. 12 s.
- ISO EN 350. *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva - Zkoušení a klasifikace odolnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva proti biologickým činitelům*. European Committee for Standardization, Brussels. 2019. 60 s.

INTERNETOVÉ ZDROJE

- BAREWALLS (2020) [cit. 2020-12-16]. Dostupné z: WWW: <https://www.barewalls.com/art-print-poster/visible-light-with-wavelength_bwc49060780.html?cf=no_filter>.
- BARVY-SOKRATES (2021) [cit. 2021-1-14]. Dostupné z: WWW: <<http://www.barvy-sokrates.eu/cs/lazury/43-plnic-poru-lazur.html/>>.
- BEVEDO (2016) [cit. 2021-1-13]. Dostupné z: WWW: <<https://www.bevedo.cz/napoveda/clanky/plnice-poru/>>.
- BŘEZINOVÁ, M. *Povrchová úprava* [online]. Brno: Střední škola stavebních řemesel Brno. 2012. [cit. 2021-1-12]. Dostupné z: WWW: <https://www.soubosonohy.cz/files/sou_files/nespor/Sablony/B%C5%99ezinov%C3%A1/1.%20plnn%20pr.pdf>.
- DEJMAL, A. *Sušení a Modifikace Dřeva* [online]. Brno: Mendel University in Brno, 2017 [2020-11-12]. Dostupné z WWW: <<https://docplayer.cz/107308396-Suseni-a-modifikace-dreva-ucebni-texty.html>>.
- GOOGLE EARTH (2021) [cit. 2021-2-10]. Dostupné z: WWW: <<https://www.google.cz/intl/cs/earth/>>.
- KOPINA (2018) [cit. 2021-1-20]. Dostupné z: WWW: <<https://kopina.cz/terminologie/36958/lab>>.
- LABIMEX (2021) [cit. 2020-11-12]. Dostupné z: WWW: <<https://labimexc.cz/>>.
- METEOSTENICE (2021) [cit. 2021-2-10]. Dostupné z: WWW: <<http://meteostanice.agrobiologie.cz>>.
- PÁNEK, M.; OBERHOFNEROVÁ, E.; DVOŘÁK, O.; ŠEDIVKA, P.; ZEIDLER, A. *Jakým nátěrem ošetřit dřevo dubu v exteriéru* [online]. Praha: ČZU v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, katedra dřevěných výrobků a konstrukcí, 2019 [2020-10-12]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/podlahy-pricky-povrchy/18511-jakym-naterem-osetrit-drevo-dubu-v-exterioru>>.
- SOLAŘ, J. *Konstrukční ochrana dřevěných prvků* [online]. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2014 [2020-10-15]. Dostupné z WWW: <<https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/11686-konstrukcni-ochrana-drevenych-prvku>>.
- ThermoWood® Handbook [online]. Helsinky: International ThermoWood Association, 2003 [2020-10-11]. Dostupné z WWW: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.thermowood.palvelee.fi/downloads/tw_handbook_080813.pdf>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Výňatky z technických listů týkající se problémů u natírání dubu	75
Příloha č. 2 Technický list EPINAL UR 36.14 / UH 36.14.....	78
Příloha č. 3 Tukeyův HSD test pro lesk.....	80
Příloha č. 4 Tukeyův HSD test pro celkovou barevnou odchylku ΔE^*	81
Příloha č. 5 Tukeyův HSD test pro smáčivost.....	82
Příloha č. 6 Jednotlivé průměrné hodnoty v 0 a 9 měsíci expozice.....	83
Příloha č. 7 Vzorky umístěné ve stojanech v průběhu celé expozice	84

PŘÍLOHY

Příloha č. 1 Výňatky z technických listů týkající se problémů u natírání dubu, výrobci: Remmers, LUXOL, ADLER, Lignofix, XYLADECOR, SOKRATES, OSMO, BL (nad čarou produkt a pod čarou specifika použití)

SOKRATES® Primer Alkyd

alkydová barva na dřevo – základní, krycí



4. Tropická dřeva mohou být rizikovými podklady, kde na povrchu lazury mohou vzniknout vývěry apod. U některých druhů tropických dřev a některých druhů dubu, buku, borovic apod. mohou vzniknout průsaky pryskyřic a tříslovin a způsobit tak barevné změny, které v malém množství nemají vliv na životnost nátěru. K dokonalému smočení pórů je třeba u pórovitých dřev použít **SOKRATES® Plnič pórů**, který zlepšuje celkový finiš nátěru. Aplikuje se po napouštění.

SOKRATES® Colour

univerzální vrchní barva - pololesklá, krycí



4. Některá tropická dřeva, borovice, modřín, ale i dub a buk, mohou být rizikovými podklady, kdy na povrchu barvy mohou vzniknout barevné skvrny, které sice nemají vliv na životnost nátěru, ale mohou být pro zákazníka nepřijatelnou vzhledovou vadou, která se nedá odstranit dalšími nátěry.

K dokonalému smočení pórů některých tropických dřev a dubu se používá **SOKRATES® Plnič pórů**, který zlepšuje celkový finiš nátěru. **Nanáší se až po napouštění.**



A BRAND FROM
AkzoNobel

TECHNICKÝ LIST XYLADECOR NATUR PRO

Tento produkt nedoporučujeme použít pro některé tvrdé dřeviny (zejména dubové dřevo), akát, modřín, z důvodu vysokého obsahu tříslovin, následného pomalého zasychání a nebezpečí vyplavování tříslovin.



Upozornění:

U některých druhů dřeva, pokud jsou vystaveny povětrnostním vlivům, může docházet k přirozenému vymývání ve vodě rozpustných pigmentových složek dřeva. Tropická dřeva a dřeva s velkým obsahem vymývatelných látek (dub, akát, modřín atd.) nechte nejprve důkladně zvětrat. Tím bude zajištěno, že nátěr optimálně přilne.



KATALOGOVÝ LIST

LAZUROL CLASSIC S 1023

Syntetická olejová napouštěcí lazura

Pokud je tento produkt používán na ošetření dřeva s vysokým obsahem tříslovin (akát, dub, modřín), je nutné nejprve provést zkušební nátěr. Z důvodu vysokého obsahu tříslovin může docházet k pomalému zasychání, následnému vyplavování tříslovin a celkovému ovlivnění vzhledu nátěrového filmu.

ADLER Legno-Parkettöl**50871**Olej na parkety k **průmyslovému užití** na bázi oxidativního schnutí

U dřevin s vysokým obsahem extraktivních látek, jako je např. dub, může dojít ke zpomalení schnutí.

Technický list
Číslo výrobku 2705-9

Aidol Venti-Decklack

Krycí lak s obsahem rozpouštědel pro použití v exteriéru i v interiéru. Neobsahuje aromatizující přísady. Reguluje vlhkost.

Grund/Bläuesperre. U dřeva s velkým množstvím obsahových látek nebo u pórovitého dřeva ve venkovní oblasti, jako je např. merbau, iroko, dub, meranti atd., proveďte přípravný nátěr pomocí Aidol Universalgrund. Dřevo v interiéru lze natírat bez základového nátěru. Obsah balení dobře

Pullex Color**50530 ff**Krycí lazura na dřevo na rozpouštědlové bázi, určena **pro obchodníky a řemeslníky****Pullex Holzöl TQ****50526**

Rozpouštědlový olej pro svislé dřevěné plochy v exteriéru, **pro průmyslové, řemeslné použití i pro maloobchodní prodej.**

Pullex Fenster-Lasur**50413 ff**Rozpouštědlová silnovrstvá lazura na dřevo pro **kutily a řemeslné využití**

U listnatých dřevin s hlubokými póry jako je dub a iroko, je třeba počítat se zkrácenými intervaly pro renovaci.

ADLER Legno-Holzbodenseife**703100210**

Ošetřující mýdlový přípravek pro olejované dřevěné podlahy a parkety interiéru, určený pro řemeslníky a obchodníky.

Upozornění: U dřevin bohatých na extraktivní látky, jako je dub, může docházet i přes neutrální hodnotu pH k mírnému probarvení (je nutné vyzkoušet).

ADLER Aqua-Wachs**30710**

Respektujte, prosím, naše „**pracovní směrnice pro zpracování vodových laků na dřevo**“ a také našeho „**bezpečnostního listu**“.

Různé druhy dřeva jako je např. **dub, modřín** atd. obsahují látky rozpustné ve vodě, které jsou aktivovány přelakováním vodovými laky. Aby bylo zabráněno zbarvení nebo skvrnám (tyto mohou být, dle původu dřeva, rozdílně silně zvýrazněny), doporučujeme při **dubu, modřínu a jiných dřev bohatých na obsažené látky** po nanesení mořidla předzákladování výrobkem ADLER PUR-Primer 25291 (respektovat technický list tohoto výrobku)

Technický list

Lignofix OLEJ EXTERIÉR

Přírodní olejová emulze na dřevěné povrchy



je snadno obnovit. Chrání dřevo před účinky nepříznivého počasí, vlhkostí a UV zářením. U dřeva s vysokým podílem tříslovin, např. dub nebo borovice, se doporučuje předúprava povrchu přípravkem Lignofix ČIŠTĚNÍ DŘEVA. Nátěr není určen pro styk s potravinami a pitnou vodou a neslouží k nátěrům hraček.



HK lazura

- HK-Lasur -

Prémiová, tenkovrstvá olejová lazura na bázi rozpouštědel s vysokou ochranou proti vlhkosti pro dřevo v exteriéru

U dubového dřeva se doporučuje základní bezbarvý (farblos) nátěr.



Pflege-Öl

Dekoratívni olej na bázi rozpouštědel pro terasy a zahradní nábytek ze dřeva

Zkušebním vzorkem si ověřte kompatibilitu nátěru, přilnavost k podkladu a odstín. U tvrdých dřevin jako např. dubu, červeného cedru, afzelie, sekvoje atd. může docházet v důsledku srážek k vyplavování vodou rozpustných látek ze dřeva. Toto může vést k zabarvení světlého dřeva nebo omítky.

LUXOL®

A BRAND FROM
AkzoNobel

TECHNICKÝ LIST

LUXOL ORIGINAL

Tento produkt nedoporučujeme použít pro některé tvrdé dřeviny (zejména dubové dřevo), akát, modřín, z důvodu vysokého obsahu tříslovin, následného pomalého zasychání a nebezpečí vyplavování tříslovin

Epinal UR 36.14 / UH 36.14 Technický list

Nízkoviskózní, rychle tvrdnoucí Epoxy- Fixier & Imprägniersystem. Epinal UR 36.14/Uh36.14 je transparentní, bez rozpouštědel, rychle vytvrzující fixační a impregnační systém pro mnoho účelů.

Díky nízké viskozitě je vhodný pro impregnaci dřeva, savých minerálních podkladů, různých pěn atd. Také se hodí pro zpevnění ztrouchnivělých částí dřeva a obnovit tím znova možnost opracování (řezat, frézovat, vrtat, brousit atd.)

Nános se provádí válečkem, štětcem a stěrkou (špachtlí).

Epinal UR 36.14/UN 36.14 vytvrzuje v tenké vrstvě (od 20°C). Spotřeba je podle savosti podkladu od 120-450g/m². Při potřebě více vrstev se může nanášet mokrý do mokrého. Vytvrzená plocha se pro konečnou úpravu / lakování přebrušuje.

Rychle vytvrzující lící pryskyřice – systém, max. tloušťka vrstvy 6mm / 23°C, také jako tenká vrstva, velmi dobrá odolnost proti UV.

Transparentní, vyplňující EPOXY tmel. Do 36.14 dobře vmíchat max. 8 váhových % Epinal Powder TR-P. Směs nechat 20 minut až max 2 hodiny zakrytou nechat stát, během této doby vícekrát promíchat, aby se vytvořila homogenní směs bez hrudek a před přidáním tužidla ještě jednou promíchat

Specifika výrobku: transparentní 2K epoxidový systém, bez rozpouštědel, fenolu, bez benzylalkoholu, s krátkou dobou zpracování směsi, nízkou viskozitou, rychlým vytvrzením a velmi širokým použitím. Vytvrzování +20°C do + 25°C, velmi dobré zpevnění při vysoké ohebnosti a odolnosti proti nárazu.

Využití: impregnace, lití, fixace, lepení, zpevnění, transparentní tmel.

Vlastnosti EPINAL Pryskyřice UR 36.14 / tužidlo UH 36.14

Hustota [g/cm ³]	1,129 - 1,149	/ 0,929 - 0,949 při 20°C
Viskozita [mPas]	50 - 400	/ 80 - 280 25°C
Směs	100: 40 podle hmotnosti /	100 ml: 49 ml podle objemu při 20°C
Skladování[°C]	+10°C až +25°C	

Vlastnosti směsi:

Zpracování od +20 do +30°C teplota materiálu, podkladu a vzduchu, relativní vlhkost vzduchu <85 % (nižší než 85%), teplota při zpracování musí být minimálně o 3°C vyšší, než je teplota rosného bodu

Viskozita [mPas] 65 - 350 při 25°C, čas zpracování směsi ±30 minut při 23°C a 100g

Suchý na omak po cca 5h při tl. vrstvy 1 mm a 23°C a 3,5h při 5mm tl. vrstvy a 23°C

Další vrstva 8-10 hodin při tl. vrstvy 1 mm a 23°C a 4,5-5,5h při 5mm tl. vrstvy a 23°C

Ručně brouditelný cca 10-12h při tl. vrstvy 1 mm a 23°C a 7-9h při 5mm tl. vrstvy a 23°C

Čas k další vrstvě bez broušení max 24 hodin při 23°C prostor a předmět

Mechanicky zatížitelný po 2 dnech při 23°C

Teplotně zatížitelný cca 55°C po vytvrzení při 23°C -7 dní

Vyšší odolnost až do 70°C se dosáhne po dvoudenním vytvrzení při teplotě v místnosti a potom teplotním procesem např. při 40°C / 24 hod nebo 50°C/16 hod.

Tvrdost plochy (Shore –D ±2)

40 (gumový) po 6 hodinách, / 78 po 1 dnu / 82 po 2 dnech a 5mm tloušťky vrstvy

Uvedený směšovací poměr je potřeba dodržet co nejpřesněji, odchylky vedou při vytvrzovacím procesu k různým výsledkům. Vrchní plochu je potřeba během vytvrzovacího procesu chránit před vlhkostí, prachem a zašpiněním. V případě pochybností nechte epoxidovou vrstvu vytvrdnout a přeberte pro optimální přilnavost

Balení / dodávka

Epinal UR 36.14 / UH 36.14- 400g/160g - 800 g/320g - 2,50kg/1kg - 5kg/2kg - 10kg/4kg - 20kg/8kg

Větší balení na poptávku

Skladování

V chladu a suchu při +15 do +25°C v originálním obalu 1 rok. Stojící dobře uzavřený obal. Pryskyřice je na základě její zvláštních vlastností a vysoké čistoty citlivá na chlad. Při špatném skladování nebo přepravě pod +10°C se může vytvořit silně viditelné zakalení až krystalizace. Před zpracováním zkontrolujete vzhled.

Regenerace bez ovlivnění kvality se dosáhne ohřátím na +55°C po dobu 24 hodin v dodávacím obalu. Uzávěr nechte lehce otevřen pro vyrovnání tlaku. Po ochlazení se pryskyřice zpracovává jako obvykle.

Bezpečnostní pokyny

Epinal-Epoxyharze und Epinal-tužidlo jsou podle REACH-, CLP/GHS jako nebezpečné látky zařazeny a označeny. Dbejte bezpečnostních pokynů na etiketě a v bezpečnostním listu.

Zbytky a odpad

Tekuté zbytky a obaly obsahující zbytky se likvidují podle místních nařízení a pokynů (zvláštní odpad). Nesmí se vylévat do kanalizace a povodí.

bto-epoxy GmbH Franz Kollmann-Strasse 4A – 3300 Amstetten Tel. +437472 93 067

Distribuce v ČR: Acolor s.r.o., +420 317 793 437

Příloha č. 3 Tukeyův HSD test pro lesk všech vzorků mezi 0-3 (a), 3-6 (b) a 6-9 (c) měsícem

a)

0. měsíc	T-1	T-2	T-3	T-4	B-1	B-2	B-3	B-4
T-1		0,999440	0,119928	0,000147	0,000148	0,000147	0,000147	0,000147
T-2	0,999440		0,301178	0,000147	0,000149	0,000148	0,000147	0,000147
T-3	0,119928	0,301178		0,000147	0,001377	0,000367	0,000147	0,000191
T-4	0,000147	0,000147	0,000147		0,000147	0,000147	0,000147	0,000147
B-1	0,000148	0,000149	0,001377	0,000147		0,997338	0,000178	0,903886
B-2	0,000147	0,000148	0,000367	0,000147	0,997338		0,000334	0,998588
B-3	0,000147	0,000147	0,000147	0,000147	0,000178	0,000334		0,001035
B-4	0,000147	0,000147	0,000191	0,000147	0,903886	0,998588	0,001035	

b)

3. měsíc	T-1	T-2	T-3	T-4	B-1	B-2	B-3	B-4
T-1		0,792620	0,000147	0,006892	0,000148	0,000147	0,000147	0,000148
T-2	0,792620		0,000155	0,000292	0,000177	0,000150	0,000147	0,000175
T-3	0,000147	0,000155		0,000147	0,999650	0,999896	0,195481	0,999735
T-4	0,006892	0,000292	0,000147		0,000147	0,000147	0,000147	0,000147
B-1	0,000148	0,000177	0,999650	0,000147		0,984420	0,076781	1,000000
B-2	0,000147	0,000150	0,999896	0,000147	0,984420		0,374695	0,986339
B-3	0,000147	0,000147	0,195481	0,000147	0,076781	0,374695		0,080039
B-4	0,000148	0,000175	0,999735	0,000147	1,000000	0,986339	0,080039	

c)

6. měsíc	T-1	T-2	T-3	T-4	B-1	B-2	B-3	B-4
T-1		0,000147	0,000147	0,000147	0,000554	0,000155	0,000147	0,000203
T-2	0,000147		0,285024	0,998684	0,008520	0,190754	1,000000	0,046134
T-3	0,000147	0,285024		0,097034	0,000164	0,000952	0,373331	0,000272
T-4	0,000147	0,998684	0,097034		0,033295	0,474681	0,993210	0,153671
B-1	0,000554	0,008520	0,000164	0,033295		0,823783	0,005603	0,994639
B-2	0,000155	0,190754	0,000952	0,474681	0,823783		0,137450	0,995830
B-3	0,000147	1,000000	0,373331	0,993210	0,005603	0,137450		0,031171
B-4	0,000203	0,046134	0,000272	0,153671	0,994639	0,995830	0,031171	

d)

9. měsíc	T-1	T-2	T-3	T-4	B-1	B-2	B-3	B-4
T-1		0,000172	0,000147	0,000153	0,996062	0,990846	0,005295	0,999958
T-2	0,000172		0,356214	0,999381	0,000151	0,000370	0,471233	0,000213
T-3	0,000147	0,356214		0,670823	0,000147	0,000148	0,005119	0,000148
T-4	0,000153	0,999381	0,670823		0,000148	0,000201	0,211431	0,000162
B-1	0,996062	0,000151	0,000147	0,000148		0,791914	0,001042	0,959711
B-2	0,990846	0,000370	0,000148	0,000201	0,791914		0,034486	0,999758
B-3	0,005295	0,471233	0,005119	0,211431	0,001042	0,034486		0,012132
B-4	0,999958	0,000213	0,000148	0,000162	0,959711	0,999758	0,012132	

Příloha č. 4 Tukeyův HSD test pro celkovou barevnou odchylku ΔE^* všech vzorků mezi 0-3 (a), 0-6 (b) a 0-9 (c) měsícem

a)

0.-3. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,927476	0,454689	0,197919	0,839192	0,994483	1,000000	0,009870
B-2	0,927476		0,988978	0,878270	0,999998	0,999840	0,917056	0,204175
B-3	0,454689	0,988978		0,999689	0,998401	0,896606	0,433644	0,700955
B-4	0,197919	0,878270	0,999689		0,950608	0,632017	0,185087	0,932027
T-1	0,839192	0,999998	0,998401	0,950608		0,997519	0,822751	0,309665
T-2	0,994483	0,999840	0,896606	0,632017	0,997519		0,992811	0,077164
T-3	1,000000	0,917056	0,433644	0,185087	0,822751	0,992811		0,008941
T-4	0,009870	0,204175	0,700955	0,932027	0,309665	0,077164	0,008941	

b)

0.-6. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,185385	0,999121	0,998521	0,000145	0,000132	0,000132	0,000132
B-2	0,185385		0,049747	0,516826	0,068765	0,000315	0,000133	0,000132
B-3	0,999121	0,049747		0,931482	0,000133	0,000132	0,000132	0,000132
B-4	0,998521	0,516826	0,931482		0,000278	0,000132	0,000132	0,000132
T-1	0,000145	0,068765	0,000133	0,000278		0,556396	0,054876	0,017300
T-2	0,000132	0,000315	0,000132	0,000132	0,556396		0,925141	0,723757
T-3	0,000132	0,000133	0,000132	0,000132	0,054876	0,925141		0,999870
T-4	0,000132	0,000132	0,000132	0,000132	0,017300	0,723757	0,999870	

c)

0.-9. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,113387	0,065559	0,139806	0,000132	0,000132	0,000132	0,000132
B-2	0,113387		0,999998	1,000000	0,005363	0,000166	0,000153	0,000133
B-3	0,065559	0,999998		0,999980	0,010713	0,000214	0,000184	0,000136
B-4	0,139806	1,000000	0,999980		0,004000	0,000155	0,000146	0,000133
T-1	0,000132	0,005363	0,010713	0,004000		0,840047	0,778639	0,370994
T-2	0,000132	0,000166	0,000214	0,000155	0,840047		1,000000	0,994281
T-3	0,000132	0,000153	0,000184	0,000146	0,778639	1,000000		0,998023
T-4	0,000132	0,000133	0,000136	0,000133	0,370994	0,994281	0,998023	

Příloha č. 5 Tukeyův HSD test pro smáčivost všech vzorků v 0 (a), 3 (b), 6 (c) a 9 (d) měsíci

a)

0. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		1,000000	0,000138	0,000155	0,398512	0,363349	0,000138	0,000138
B-2	1,000000		0,000138	0,000147	0,510992	0,472034	0,000138	0,000138
B-3	0,000138	0,000138		0,596117	0,000138	0,000138	0,235341	0,188307
B-4	0,000155	0,000147	0,596117		0,000138	0,000138	0,003118	0,002263
T-1	0,398512	0,510992	0,000138	0,000138		1,000000	0,000138	0,000138
T-2	0,363349	0,472034	0,000138	0,000138	1,000000		0,000138	0,000138
T-3	0,000138	0,000138	0,235341	0,003118	0,000138	0,000138		1,000000
T-4	0,000138	0,000138	0,188307	0,002263	0,000138	0,000138	1,000000	

b)

3. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,999996	0,595935	0,001535	0,166020	0,997163	0,010649	0,983947
B-2	0,999996		0,762376	0,003578	0,278463	0,979890	0,023232	0,936336
B-3	0,595935	0,762376		0,241889	0,993703	0,201506	0,606108	0,124065
B-4	0,001535	0,003578	0,241889		0,716940	0,000228	0,998708	0,000165
T-1	0,166020	0,278463	0,993703	0,716940		0,030347	0,965863	0,015852
T-2	0,997163	0,979890	0,201506	0,000228	0,030347		0,001192	0,999998
T-3	0,010649	0,023232	0,606108	0,998708	0,965863	0,001192		0,000595
T-4	0,983947	0,936336	0,124065	0,000165	0,015852	0,999998	0,000595	

c)

6. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,848276	0,146297	0,000124	0,616471	1,000000	0,421231	0,582691
B-2	0,848276		0,002747	0,000123	0,999928	0,824886	0,016488	0,033338
B-3	0,146297	0,002747		0,037115	0,000776	0,162370	0,999139	0,991533
B-4	0,000124	0,000123	0,037115		0,000123	0,000125	0,006860	0,003116
T-1	0,616471	0,999928	0,000776	0,000123		0,584343	0,004872	0,010512
T-2	1,000000	0,824886	0,162370	0,000125	0,584343		0,451766	0,614830
T-3	0,421231	0,016488	0,999139	0,006860	0,004872	0,451766		0,999997
T-4	0,582691	0,033338	0,991533	0,003116	0,010512	0,614830	0,999997	

d)

9. měsíc	B-1	B-2	B-3	B-4	T-1	T-2	T-3	T-4
B-1		0,000123	0,000151	0,024196	0,174480	0,000123	0,000186	0,000535
B-2	0,000123		0,004731	0,000125	0,000123	0,299710	0,002554	0,000577
B-3	0,000151	0,004731		0,562181	0,145579	0,744005	1,000000	0,997727
B-4	0,024196	0,000125	0,562181		0,993168	0,017542	0,687463	0,921285
T-1	0,174480	0,000123	0,145579	0,993168		0,001457	0,216440	0,477846
T-2	0,000123	0,299710	0,744005	0,017542	0,001457		0,623222	0,323643
T-3	0,000186	0,002554	1,000000	0,687463	0,216440	0,623222		0,999763
T-4	0,000535	0,000577	0,997727	0,921285	0,477846	0,323643	0,999763	

Příloha č. 6 Jednotlivé průměrné hodnoty v 0 a 9 měsíci expozice (modře jsou označeny směrodatné odchylky)

Barva	0. měsíc						9. měsíc					
	L*		a*		b*		L*		a*		b*	
T-1	49,19	4,06	11,50	0,64	29,81	0,80	49,47	1,38	4,48	0,77	17,93	1,68
T-2	55,27	3,01	11,22	0,44	31,23	0,71	46,73	3,33	6,43	1,26	23,51	2,35
T-3	54,04	1,41	12,03	0,27	30,01	0,47	47,81	1,58	5,93	0,92	21,64	2,11
T-4	54,10	1,63	10,74	0,38	31,34	0,51	46,80	2,08	5,52	0,81	23,62	1,57
B-1	53,79	2,40	11,00	0,39	32,39	0,82	59,34	1,87	2,97	1,65	15,03	3,93
B-2	57,86	2,51	10,00	0,53	28,79	0,55	61,80	2,27	2,76	1,02	13,42	2,88
B-3	57,96	1,59	9,33	0,49	26,82	0,72	62,07	0,98	1,79	0,64	12,48	1,28
B-4	58,49	1,33	9,07	0,39	25,86	0,77	62,65	1,98	1,79	0,55	10,06	1,14
REF	55,88	2,12	10,18	0,58	28,50	0,75						

Lesk [GU]	0. měsíc		9. měsíc	
T-1	15,53	0,90	4,45	1,18
T-2	15,11	1,77	2,20	0,19
T-3	13,24	0,91	1,40	0,09
T-4	23,94	2,03	2,01	0,28
B-1	9,38	1,09	4,70	0,83
B-2	8,84	1,00	4,16	0,40
B-3	4,41	0,36	2,93	0,26
B-4	8,38	0,96	4,33	0,24
REF	3,18	0,58		

Smáčivost [°]	0. měsíc		9. měsíc	
T-1	105,06	2,19	16,31	14,42
T-2	105,15	1,70	43,25	13,91
T-3	86,21	4,00	31,96	13,85
T-4	86,03	1,55	28,98	22,20
B-1	101,81	1,54	0,00	0,00
B-2	102,09	2,28	57,80	14,09
B-3	89,95	2,16	33,15	22,70
B-4	92,72	3,70	21,28	22,42
REF	94,07	1,51		

Příloha č. 7 Vzorky umístěné ve stojanech v průběhu celé expozice (vzorky byly do stojanů vždy vkládány ve stejném pořadí)

