

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Využití termodřeva na fasády staveb a možnosti snížení
vlivů povětrnosti na pokles jeho estetické hodnoty**

Diplomová práce

Michal Šporn

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Michal Šporn

Dřevařské inženýrství

Název práce

Využití termodřeva na fasády staveb a možnosti snížení vlivů povětrnosti na pokles jeho estetické hodnoty

Název anglicky

The use of thermowood on the buildings facades and the possibility of reducing the effects of weather on the decreasing of its aesthetic value

Cíle práce

Otestovat vybrané varianty povrchové úpravy na termodřevě při výrobě fasád a analyzovat jeho povrchové změny. Dílčím cílem bude zkoumání možnosti snížení dopadu povětrnostních vlivů na změnu jeho povrchu.

Metodika

Práce bude analyzovat možnosti konstrukčního využití termodřeva modifikovaného při teplotě 210°C na fasádní prvky. Dále bude zaměřena na analýzu povrchových degradací různě ošetřených vzorků termodřeva a hledání nejvhodnějšího řešení z testovaných variant.

Metodika:

- 1) Červenec až listopad 2022: Analýza a návrhy možného využití termodřeva na výrobu fasád na základě rešerše a návrhů inovativních přístupů.
- 2) Září 2022: Vystavení neošetřeného a povrchově ošetřeného termodřeva v exteriéru na základě ČSN EN 927-3.
- 3) Únor až březen 2023: Analýza změn vybraných povrchových charakteristik termodřeva ošetřeného a neošetřeného v průběhu a po expozici.

Výsledky práce povedou k návrhu povrchové úpravy termodřeva, která by byla schopná snížit dopad povětrnostních vlivů na pokles jeho estetické hodnoty. Povede k návrhu nejvhodnější varianty z testovaných.

Doporučený rozsah práce

50 – 60 stránek

Klíčová slova

termodřevo; fasády; atmosférická degradace; trvanlivost

Doporučené zdroje informací

- 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.
- Hill, C. A. S. (2006): Wood modification – chemical, thermal and other processes. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK. 239 s. ISBN 0-470-02172-1.
- Jamsa, S., Ahola, P., Viitaniemi, P. (2000): Long-term natural weathering of coated ThermoWood. *Pigment and Resin Technology*. 29(2), 68-74 ISSN:03699420.
- 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). Technická univerzita vo Zvolene, (Handbook – Vysokoškolská učebnica), 1. vydanie 2008, 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.
- Sandberg, D., Kutnar, A., Karlsson, O., Jones, D. (2021): Wood Modificaton Technologies Principles, Sustainability, and the Need for Innovation; CRC Press – Taylor & Francis Group, LLC.: New York, U.S. 442s., ISBN: 978-1-138-49177-9.
- Štefko, J., Reinprecht, L. (2009): Dřevěné stavby – konstrukce, ochrana a údržba. (Wood buildings – constructions, protection and maintenance), Jaga group, spol. s.r.o. Bratislava, 1. vydanie, 207 s. ISBN 80-88905-95-8.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. Ondřej Dvořák

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 1. 11. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 03. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Využití termodřeva na fasády staveb a možnosti snížení vlivů povětrnosti na pokles jeho estetické hodnoty“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 5.4. 2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD. a konzultantovi Ing. Ondřej Dvořák, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, trpělivost a důvěru, bez čehož by tato práce nemohla vzniknout. Dále děkuji své rodině za to, že mi umožnili studium na vysoké škole a za jejich podporu po celou dobu studia.

Využití termodřeva na fasády staveb a možnosti snížení vlivů povětrnosti na pokles jeho estetické hodnoty

Souhrn

Tato práce se zaměřuje na problematiku nátěrů na termodřevě a jejich vliv na vlastnosti materiálu. Nátěry na dřevě jsou využívány především k ochraně dřeva proti povětrnostním vlivům a prodloužení jeho životnosti. V této práci jsou popsány nejčastěji používané druhy nátěrů a jejich vlastnosti, důležité pro ochranu a estetický vzhled dřeva. Konkrétně se práce zaměřuje na testování akrylátových polymerů a alkydových pryskyřic. V teoretické části práce jsou popsány základní vlastnosti termodřeva, proces jeho výroby a aplikace v praxi. Dále jsou zde popsány různé druhy nátěrů a jejich složení a vlastnosti. Jsou zde uvedeny také důvody, proč je nutné používat nátěry na dřevě a jaký mají vliv na vlastnosti a vzhled dřeva.

V praktické části práce jsou popsány experimenty, které mají za cíl zjistit vliv použitých typů nátěrů na vlastnosti termodřeva. V rámci experimentů jsou zkoumány například změna barevnosti, změna lesku, změna úhlu smáčivosti a makroskopické a mikroskopické obrázky. Tyto experimenty umožňují srovnání různých druhů nátěrů a výběr toho nejvhodnějšího pro konkrétní typ dřeva a vhodnosti využití. Vše je doplněno o obrazovou dokumentaci průběhu přirozeného stárnutí dřeva a grafy. Výsledky vyšly dle předpokladu a doporučují termodřevo chránit nátěrovými systémy, i když prodejci uvádí jeho odolnost bez povrchové úpravy.

Klíčová slova: termodřevo; fasády; atmosférická degradace; trvanlivost

The use of thermowood on the buildings facades and the possibility of reducing the effects of weather on the decreasing of its aesthetic value

Summary

This paper work focuses on the coating used on thermically modified wood and it's effect on the qualities of the material. Wood coating is mainly used to protect wood against weather effects and extend its life. This paper work describes the most commonly used types of coatings and their qualities for the protection and aesthetic appearance of wood. Specifically, the work focuses on testing acrylic polymers and alkyd resins. In the theoretical part of the thesis the basic qualities of thermowood, the process of its production and application in practice are described. There are various different types of coating which may differ with composition and features and they are described in the next part of this thesis together with reasons why it is necessary to use them to protect, change the qualities or appearance of the wood.

The next part is dedicated to the practical part of the work. Experiments are described and they aim to prove the the effect of coatings used on thermically modified wood. As part of the experiments color change, gloss change, wetting angle change and macroscopic and microscopic images are investigated. These experiments allow the comparison of different types of coatings and the selection of the most suitable one for the specific type of wood and conditions we need to use it in. All of this is with picture documentation. The results came out as expected and I recommend protecting thermal wood with coating systems, even if the seller states its resistance without surface treatment.

Keywords: thermowood; facades; atmospheric degradation; durability

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše.....	12
3.1	Trvanlivost dřeva.....	12
3.2	Termická modifikace dřeva.....	13
3.2.1	Výroba Thermowood®.....	14
3.2.2	Faktory ovlivňující termickou úpravu a chemickou strukturu dřeva.....	16
3.2.3	Fyzikální vlastnosti termodřeva.....	17
3.2.4	Mechanické vlastnosti termodřeva.....	19
3.2.5	Technické vlastnosti termodřeva.....	19
3.3	Fasády.....	20
3.3.1	Historie dřevěných fasád.....	20
3.3.2	Typy dřevěných fasád.....	21
3.3.3	Vlivy působící na dřevo fasád.....	23
3.3.4	Ochrana dřeva.....	25
3.4	Nátěrové hmoty.....	26
3.4.1	Složení nátěrových hmot.....	26
3.4.2	Alkydové pryskyřice.....	30
3.4.3	Akrylátové polymery.....	30
3.4.4	Stárnutí nátěrů.....	30
4	Metodika.....	33
4.1	Vzorky.....	33
4.1.1	Výroba vzorků.....	33
4.1.2	Označení vzorků.....	33
4.1.3	Použité nátěry.....	34
4.2	Uložení vzorků do stojanů.....	35
4.3	Zkoušky.....	36
4.3.1	Změna barevnosti.....	36
4.3.2	Měření změny lesku.....	37
4.3.3	Měření kontaktního úhlu.....	38
4.3.4	Makroskopické a mikroskopické porovnání.....	40
4.3.5	Statistické vyhodnocení.....	40
5	Výsledky.....	41
5.1	Změna barevnosti.....	41

5.1.1	Termodřevo smrk.....	41
5.1.2	Termodřevo borovice.....	42
5.1.3	Termodřevo jasan	43
5.2	Změna lesku	44
5.2.1	Termodřevo smrk.....	44
5.2.2	Termodřevo borovice.....	45
5.2.3	Termodřevo jasan	46
5.3	Změna kontaktního úhlu	47
5.3.1	Termodřevo smrk.....	47
5.3.2	Termodřevo borovice.....	48
5.3.3	Termodřevo jasan	49
5.4	Makroskopické vizuální hodnocení	51
5.4.1	Termodřevo smrk.....	51
5.4.2	Termodřevo borovice.....	52
5.4.3	Termodřevo jasan	52
5.4.4	Celkové porovnání	53
5.5	Mikroskopické vyhodnocení	54
5.5.1	Termodřevo smrk.....	54
5.5.2	Termodřevo borovice.....	54
5.5.3	Termodřevo jasan	55
6	Diskuze	56
6.1	Doporučení pro praxi.....	57
7	Závěr.....	59
8	Literatura.....	60
	Seznamy obrázků, tabulek a grafů.....	63

1 Úvod

Tématem této diplomové práce je termodřevo a speciální ochranné nátěry a jejich využití. V posledních letech se termodřevo těší stále větší popularitě a využívá se v mnoha oblastech stavebnictví, a to díky jeho vyšší odolnosti ve srovnání se vstupním surovým dřevem. Termodřevo je zpracováváno za vysokých teplot, při čemž dochází ke změně jeho chemické struktury a tím i ke zlepšení jeho vlastností. Jednou z jeho hlavních výhod je vysoká odolnost vůči povětrnostním vlivům a biologickému poškození. Má také nízkou náchylnost k tvarovým deformacím a trhlinám, což z něj dělá ideální materiál pro venkovní i vnitřní využití.

Fasády z termodřeva se těší stále větší oblibě, v posledním desetiletí jsou čím dál častější součástí moderní architektury, ale také při rekonstrukcích starých nebo i historických objektů. Mimo dříve zmíněných výhod je termodřevo také populární pro přirozený vzhled s charakteristickou dřevěnou strukturou a barvou.

Ačkoliv má termodřevo mnoho výhod, jak technických tak estetických, pochopitelně má i své nevýhody. Exponování termodřeva slunečnímu záření, dešti, větru a vlhkosti může způsobit změnu barvy, praskání a odchlípení povrchu. Tyto jevy mohou vést k nežádoucí degradaci celkového fasádního vzhledu.

Zvýšení odolnosti vůči těmto negativním vlivům povětrnosti může být dosaženo pomocí různých technologií, jako jsou například speciální povrchové úpravy, aplikace ochranných nátěrů a také pravidelná údržba. Cílem těchto postupů je zabránit pronikání vlhkosti do povrchu termodřeva, snížit negativní vlivy slunečního záření, povětrnostních vlivů či eliminovat vznik plísní nebo napadení škůdci.

V této práci se zaměříme na využití termodřeva na fasády staveb a způsoby, jak je možné ho co nejvíce chránit, aby si zachovalo původní vzhled a vlastnosti. Popíšeme technologie a postupy, které jsou k dispozici pro jeho ochranu se zaměřením právě na speciální nátěry. Ty jsou předmětem vlastního výzkumu a praktického experimentu, který je v této práci popsán a vyhodnocen.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je otestovat vybrané varianty povrchové úpravy na termodřevě používaného při výrobě fasád a analyzovat jeho povrchové změny, změny barvy, případné napadení biologickými činiteli. Dílčím cílem je zkoumání možností snížení dopadu povětrnostních vlivů na změnu jeho povrchu. V práci jsou otestovány 3 druhy dřevin a 2 druhy použitých povrchových úprav.

Jedním z cílů bylo popsat změny barvy, lesku a smáčivosti povrchu u různých kombinací dřevin a nátěru v porovnání s referenčním vzorkem. Dalším cílem bylo vizuální hodnocení makroskopické a mikroskopické degradace nátěrových hmot. Hlavním cílem práce je z těchto experimentů potom vyhodnotit nejlepší možnou kombinaci dřeviny a nátěru a následné doporučení pro praktické využití.

3 Literární rešerše

3.1 Trvanlivost dřeva

Dřevo je přírodní materiál rostlinného původu s možností rozsáhlého všestranného využití s řadou výborných fyzikálních a mechanických vlastností. Jde o lehký materiál, který má zároveň vysokou pevnost a pružnost. Zároveň je to také materiál heterogenní, který má celou řadu nedostatků, jako je například nízká odolnost proti biotickým a abiotickým činitelům, nebo změna rozměrů se změnou vlhkosti. (Gandelová, Horáček, 2002)

K biotickým činitelům řadíme plísně, bakterie, živočichy, dřevokazné houby a dřevozbarvující houby, které dřevo snižují jeho mechanické vlastnosti nebo můžou měnit jeho vzhled. Mezi abiotické činitele lze zařadit působení atmosférických, termických a chemických vlivů (Štefko, Reinprecht, 2009). Atmosférickou degradaci vnímáme jako nejvýznamnější abiotický činitel. Podílí se na ní působení slunečního záření, proudění vzduchu, vody a vlhkosti. Kombinace těchto faktorů v průběhu času způsobuje pozvolnou, nýbrž trvalou degradaci dřeva (Reinprecht, Pánek, 2016).

Přirozená trvanlivost dřeva, se liší podle druhu dřeviny. Každá z nich má naprosto unikátní anatomickou stavbu a chemické složení, což se na této vlastnosti zásadně projevuje (Gandelová, Horáček, 2002). Trvanlivost lze vnímat jako schopnost dřeva odolávat jak abiotickým, tak biotickým činitelům a zachovávat si s časem fyzikální a mechanické vlastnosti. Trvanlivost, jak známo, nezávisí na hustotě dřeva. Příkladem vezměme habr a buk, což jsou dřeviny s poměrně vysokou hustotou, patřící ale k nejméně odolným dřevinám (Reinprecht, 2008).

Naopak mezi dřeviny s nejvyšší odolností řadíme dub a akát. Jedná se o listnaté kruhovitě pórovité dřeviny a jejich jádrové dřevo je velmi odolné. Nejlepší trvanlivost z jehličnatých dřevin má jejich jádro, díky pryskyřičným kanálkům, které významně zvyšují odolnost proti vodě. Dále je trvanlivost dána obsahem doprovodných, tzv. extraktivních látek ve dřevě, jako jsou terpeny, alkaloidy, pryskyřice, třísloviny. Tyto látky lze najít ve vyšším obsahu u exotických dřevin, které mají také vysokou trvanlivost (Gandelová, Horáček, 2002).

Extraktivní látky, mohou ze struktury dřeva vyprchávat a vymývat se, což má za následek snížení trvanlivosti (Reinprecht, 2008). V následující tabulce (tabulka č.1) lze vidět přirozenou trvanlivost vybraných dřevin.

Tabulka 1: Třídy trvanlivosti vybraných dřevin při kontaktu se zemí

(zdroj: Reinprecht, 2008)

Třída trvanlivosti	Název dřeviny	Hustota (Kg/m ³)
1- Velmi trvanlivé	Greenheart	1030
	Okan	920
	Padouk	740
	Teak	680
	Walaba	900
1-2	Akát	740
	Kapur	700
2- trvanlivé	Bubinga	830
	Dub	710
	Thuja	370
3- středně trvanlivé	Douglaska	530
	Ořech	670
3-4	Borovice	520
	Smrk	440
4- málo trvanlivé	Jilm	650
	Jedle	460
5- netrvanlivé	Bříza	660
	Buk	710
	Habr	800
	Javor	640
	Topol	440
	Lípa	540

Vhodným zpracováním a povrchovou úpravou lze nízkou trvanlivost dřeva vylepšit či dokonce naprosto eliminovat.

3.2 Termická modifikace dřeva

V minulosti se lidé pokoušeli vylepšit trvanlivost dřeva různými způsoby, jako bylo používání různých olejů a vosků, mořské soli a v neposlední řadě opalováním dřeva. Opálené dřevo je odolné vůči hnilobě při kontaktu se zemí, ostatní metody však nijak vysoký efekt neměly. Nyní se ke zlepšení trvanlivosti používají metody jako impregnace, ochranné nátěry, chemická a termická modifikace dřeva. Termická modifikace dřeva je řízená termická degradace, za které vznikne materiál s vyšší trvanlivostí než vstupní neupravené dřevo. (Reinprecht, 2008; Reinprecht, Pánek, 2016).

Termická úprava dřeva je velmi rozšířená a komerčně hojně využívaná (Hill, 2006). Díky termické úpravě mohou být modifikovány tuzemské netrvanlivé dřeviny, jako je borovice, smrk nebo buk. Toto nám umožňuje, je využívat jako alternativu k exotickým nebo

trvanlivým tuzemským dřevinám, které jsou několikanásobně dražší (Reinprecht, Pánek, 2016). Termická modifikace se provádí při teplotách 180–260 °C. Nižší teplotou než 140 °C lze docílit pouze nepatrných změn struktury. Na druhou stranu při použití teplot nad 300 °C dochází k výrazné degradaci dřeva, která vede k výraznému zhoršení jeho vlastností (Hill, 2006).

Nejpoužívanější technologie termické modifikace dřeva jsou Thermowood® (Finsko), PLATO® (Nizozemsko), OHT (Německo), Retification a Bois Perdue (Francie), které jsou pro průmyslovou výrobu využívány nejvíce. V poslední době se objevily nové technologie, jako jsou například WTT (Dánsko), Huber Holz (Rakousko), Firmolin (Nizozemsko) a Termovuoto (Itálie), které se zatím užívají méně, ale jsou ještě stále ve vývoji. Všechny tyto průmyslově používané metody, se liší v podmínkách termické modifikace (Reinprecht 2008).

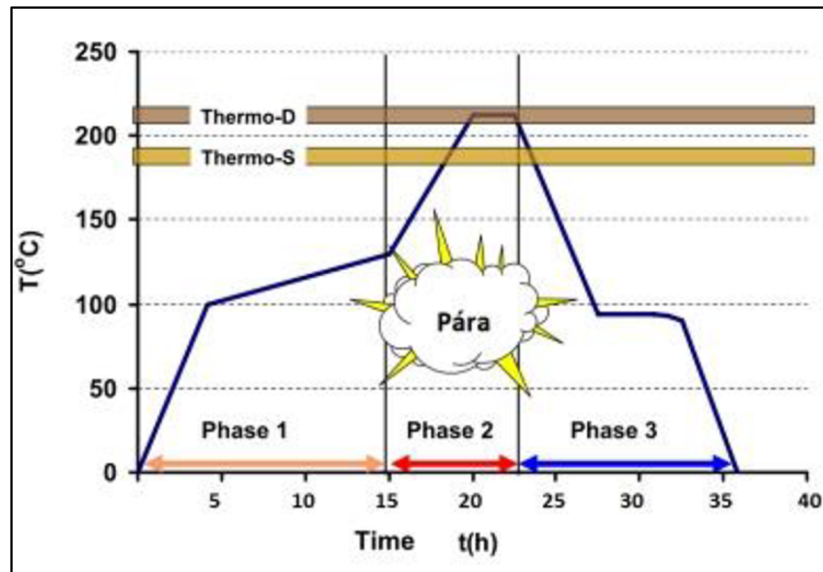
3.2.1 Výroba Thermowood®

Cílem výroby termicky upraveného dřeva je ze vstupního materiálu, který nemá vysokou trvanlivost, vytvořit materiál s lepšími vlastnostmi. Termicky upravené dřevo má typicky:

- nižší hygroskopicitu,
- vyšší odolnost proti hmyzu, dřevozbarvujícím a dřevokazným plísním a houbám,
- vyšší odolnost proti povětrnostním vlivům,
- změnu barvy (Reinprecht, 2008)

Zařízení na výrobu Thermowood® se skládá ze šesti oddělených komor, které jsou navzájem propojeny a tvoří dlouhý tunel. Řezivo v tomto tunelu jede po kolejích, projíždí jednotlivými komorami, kde v každé z nich, dochází k různým fázím termické úpravy (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

Kyslík je nedílnou součástí procesu a hraje významnou roli v termické úpravě dřeva. Prostřednictvím termooxidačních reakcí kyslík snadno reaguje s na teplo citlivými složkami dřeva. Přítomnost kyslíku zvyšuje stupeň termického narušení a rozpadu všech složek dřeva (Reinprecht, 2008).



Obrázek 1: Proces výroby materiálu ThermoWood
(PROKOM R&S s.r.o., 2013)

Popis tří fází (obr. č. 1) procesu výroby materiálu ThermoWood:

- 1) První fáze: v prvních třech komorách dochází k sušení dřeva pomocí páry při vysokých teplotách v procesu ThermoWood® - tepelně upravené dřevo je náhle zahřáto na 100 °C a poté je teplota postupně zvyšována až na 130 °C. Tento krok zabírá nejvíce času z celého procesu tepelné úpravy. Vlhkost se během něj sníží téměř na nulu. Doba sušení závisí na typu dřeviny, vlhkosti a tloušťce dřeva. Během sušení se volná voda uvolňuje kvůli rozdílu povrchového napětí a tlaku páry (Sandberg a kol., 2021).
- 2) Druhá fáze: ve čtvrté komoře následuje samotné tepelné zpracování, které se provádí v uzavřených komorách. Teplota je zde zvyšována na 185–215 °C v závislosti na stupni tepelné úpravy (Thermo-S nebo Thermo-D). Po dosažení požadované teploty se teplota udržuje po dobu 2–3 hodin (PROKOM R&S s.r.o., 2013).
- 3) Třetí fáze: v posledních dvou komorách se provádí proces normalizace. Dřevo se po tepelné úpravě postupně ochlazuje. Při velkém rozdílu teploty mezi dřevem a okolím mohou vznikat trhliny. Proto se musí dbát na postupnou rychlost ochlazování. Navíc, aby bylo dřevo použitelné, musí být opět zvlhčeno na správnou vlhkost. Správná vlhkost dřeva před použitím by měla být 5–7 %. Doba normalizace závisí na stupni tepelného zpracování a druhu dřeva a může trvat 5–15 hodin (Sandberg a kol., 2021).

- 4) Po tepelném zpracování následuje další krok, který se nazývá stabilizace. Ta pokračuje v teplých zastřešených prostorech, kde se dřevo uchovává pod tlakem po dobu 24–48 hodin před tím, než je dále zpracováno hoblováním do požadovaného typu profilu. Ohoblované dřevo se roztřídí podle požadované kvality a následně se zabalí do transportního balení (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

ThermoWood se vyrábí ve Finsku ve dvou typických kategoriích - Thermo-D a Thermo-S, zvlášť rozdělené pro listnaté (tabulka č. 2) a jehličnaté dřeviny (tabulka č.3).

Tabulka 2: Rozdělení listnatých dřevin s termickou úpravou ThermoWood

(zdroj: PROKOM R&S s.r.o., 2013)

Listnaté dřeviny (JS,OL)	THERMO - S	THERMO - D
Teplota zpracování	185 ± 3 °C	200 ± 3 °C
Odolnost proti povětrnosti	Beze změny	+
Rozměrová stálost	+	+
Pevnost v ohybu	Beze změny	-
Využití	Sauny, nábytek, podlahy, aj.	Zahradní nábytek, terasy, fasády, sauny, obklady, aj.

Tabulka 3: Rozdělení jehličnatých dřevin s termickou úpravou ThermoWood

(zdroj: PROKOM R&S s.r.o., 2013)

Jehličnaté dřeviny (BO, SM)	THERMO - S	THERMO - D
Teplota zpracování	190 ± 3 °C	212 ± 3 °C
Odolnost proti povětrnosti	+	++
Rozměrová stálost	+	++
Pevnost v ohybu	Beze změny	-
Využití	Nábytek, okna, dveře, sauny, terasy, obklady, aj.	Sauny, koupelnový nábytek, terasy, obklady, zahradní nábytek, aj.

3.2.2 Faktory ovlivňující termickou úpravu a chemickou strukturu dřeva

Termickou úpravu lze ovlivnit několika faktory, výčet nejvýznamnějších faktorů uvádím níže.

Termická úprava dřeva mění jeho chemickou strukturu. Zablokování hydroxylových skupin OH dřeva snižuje hygroskopičnost a výrazně zlepšuje rozměrovou stabilitu termodřeva. V lignin-sacharidové matici dřeva snižuje hygroskopičnost polykondenzační síťovací reakce, což činí termodřevo odolnějším pro biologické organismy. Vznik neprchavých degradačních produktů z lignin-sacharidové matice dřeva a extraktivních látek

brání aktivitě hmyzu, plísní, hub a jiných mikroorganismů, čímž vzniká výstupní materiál s biocidním účinkem. Je důležité, aby nedocházelo k větším změnám v polymerech ošetřovaného dřeva, zejména v polymerizačním stupni celulózy, od kterého závisí pevnost dřeva (Reinprecht, 2008).

Při vyšších teplotách v rozmezí 150–260 °C dochází k částečnému rozkladu hemicelulózy a ligninu a vzniká voda, oxid uhličitý, kyselina mravenčí, kyselina octová a další látky. Tyto nové látky v termicky upraveném dřevě vedou k vzniku hydrofobnějších a biologicky odolnějších substancí. Hemicelulóza se rozkládá při teplotách pod 200 °C, zatímco celulóza může být depolymerizována až při teplotách nad 300 °C. Lignin se výrazněji rozkládá při teplotách nad 300–400 °C (Reinprecht, 2008).

Termickou úpravu ovlivňuje především:

- rychlost zahřívání,
- výška teploty,
- přístup kyslíku,
- tlak při termické úpravě,
- počáteční vlhkost materiálu,
- doprovodné složky obsažené ve dřevě.

3.2.3 Fyzikální vlastnosti termodřeva

Hygroskopicitá

Hygroskopicitá označuje schopnost dřeva přijímat a uvolňovat vodu v závislosti na vlhkosti a teplotě vzduchu. Termické zásahy do dřeva způsobují snížení jeho hygroskopických vlastností. To má významný vliv na řadu jiných vlastností, jako je například rozměrová stabilita a odolnost proti biologickým škůdcům. Dřevo po tepelné úpravě má menší hygroskopicitu než přírodní dřevo (Wang a Cooper 2005).

Snížení hygroskopicity termicky upraveného dřeva lze vysvětlit několika procesy:

- odstranění části hemicelulózy,
- omezení nebo blokování vodivých OH funkčních skupin,
- migrace a rozložení lipoidních a jiných hydrofobních látek.

Rozměrová stabilita

Termicky modifikované dřevo má vyšší rozměrovou stabilitu než přirozeně rostlé dřevo. Tyto rozměry se mění méně, pokud dojde ke změnám v relativní vlhkosti vzduchu. Tuto zlepšenou rozměrovou stabilitu dřeva lze vyjádřit pomocí parametru UVN.

$$UVN = ASE = \frac{\beta_{rast} - \beta_{mod}}{\beta_{rast}} \times 100 \quad (1)$$

β_{rast} – koeficient objemového nabobtnání rostlého dřeva,

β_{mod} – koeficient objemového nabobtnání modifikovaného dřeva

Dřevo získává rozměrovou stabilitu již při teplotě 110 °C (Reinprecht, Vidholdová, 2008). Studie prováděné na ohřevu dřeva na teplotách 150–300 °C v atmosféře vzduchu nebo v dusíku.

Zlepšení rozměrové stability dřeva může být vysvětleno snížením hygroskopicity, což je důsledkem častého odbourávání hemicelulóz. Také mohou existovat další faktory, jako například tvorba esterových a éterových příčných vazeb v ligninu a mezi ligninem a hemicelulózami, které zlepšují odolnost buněčné stěny dřeva vůči vstupu molekul vody (Hill, 2006).

Hustota

Při termické úpravě dochází ke ztrátě určitých složek, zejména hemicelulóz a některých druhů doprovodných látek. Objem dřeva se sice zmenšuje, ale méně, než by odpovídalo úbytku hmotnosti. To se projevuje mírným snížením hustoty termicky upraveného dřeva (Hill, 2006).

Akustické vlastnosti

Termicky modifikované dřevo má zajímavé akustické vlastnosti, které se při mírnějších teplotách podobají dřevu, které bylo skladováno přirozeným způsobem po dlouhou dobu. Tyto akustické vlastnosti jsou často podobné těm, které má dřevo použité v historických hudebních nástrojích. Proto se termické dřevo často používá při opravách a restaurování hudebních nástrojů (Reinprecht, 2008).

Tepelně-izolační vlastnosti

Tepelná vodivost termicky modifikovaného dřeva se snižuje o 10–30 %. To se stává výhodou při výrobě produktů, jako jsou okenní rámy, venkovní dveře, různé druhy obkladů a materiál pro sauny (Gandelová, Horáček, 2002).

Barva a vůně

Termicky modifikované dřevo má znatelné změny v barvě a vůni. Po tepelné úpravě se dřevo obarví do žluto-hnědých až hnědo-černých odstínů. Čím vyšší teplotě a delšímu času bylo dřevo vystaveno, tím je tmavší. Ohřev v atmosféře vzduchu způsobuje výraznější změny barvy než ohřev v dusíku. Barvu také mohou ovlivnit agresivní chemikálie, ohřev v rostlinných olejích má potom za následek netradiční změny barvy a lesku (Himmelhuber, 2012).

3.2.4 Mechanické vlastnosti termodřeva

Termické zpracování dřeva ovlivňuje jeho vlastnosti a je důležité si uvědomit, že změny nejsou vždy pozitivní. Mechanické vlastnosti termodřeva se obvykle zhoršují (například výdrž při nárazu, pevnost, tvrdost), ale některé, jako modul pružnosti, mohou být dokonce lepší. Rázová výdrž a pevnost se významně snižují v důsledku poklesu hmotnosti nebo hustoty. Tyto mechanické vlastnosti závisí na poškození jeho stavebních polymerů (Reinprecht, 2008).

Všeobecně lze říct, že pevnost a odolnost proti nárazům termicky upraveného dřeva klesá v závislosti na typu výrobního procesu (Hill, 2006). Dřevo se stává křehčím kvůli snížení pevnosti a zvýšení tuhosti. Výdrž při tlaku a pevnost v tahu proti směru vláken se snižuje, a proto je nutné před zatloubáním hřebíků vyvrtat otvory (Kolb, 2008). Listnaté dřeviny vykazují vyšší ztráty pevnosti než jehličnany (Reinprecht, 2008).

3.2.5 Technické vlastnosti termodřeva

Vlastnosti termicky upraveného dřeva zahrnují jeho schopnost být opracovááno, spojováno, lepeno a upravováno na povrchu, stejně jako použitelnost při výrobě dřevěných kompozitů.

Obrábění

Termickým zušlechtním dřeva se zlepšuje jeho obrobiteľnosť, a to jak ručně, tak i strojně, ovšem je nutné mít dobře naostřené nástroje. Je třeba počítat s tím, že během

opracování se uvolňuje jemný prach, který je nutné odstraňovat prostřednictvím speciálního zařízení, aby nedocházelo ke znečištění pracoviště a ohrožení zdraví zaměstnanců (Hill 2006).

Lepení

Lepená spára u tepelně upraveného dřeva vykazuje velmi dobrou pevnost spoje, pokud se použijí lepidla typu polyuretanového, fenol-formaldehydového nebo fenol-rezorcinol-formaldehydového. Nicméně, pokud se použijí lepidla typu PVAC, spoje jsou poměrně slabé (Hill 2006).

Mechanické spojování

Použití kovových prvků a kování v termicky modifikovaném dřevě není tak pevné jako v neupraveném dřevě a šrouby s menším počtem závitů mohou být snadněji vytažitelné. Proto je doporučeno používat šrouby s vyšším počtem závitů (Hill 2006).

Povrchové úpravy

Lepší rozměrová stabilita termodřeva snižuje riziko odlupování a praskání nátěrů. Tyto nátěry také nejsou ovlivněny vytékající pryskyřicí, která byla již odstraněna během výroby. Při aplikaci povrchových úprav je třeba brát v úvahu změnu jejich povrchové energie a zvýšení hydrofobnosti v důsledku častého odbourávání OH skupin a migrace tuků, pryskyřic a jiných nepolárních nebo méně polárních složek na povrch. Výsledky při použití nátěrů na bázi vodních akrylátových disperzí nejsou zrovna nejlepší. Pro exteriér se doporučuje použití protipovětrnostních nátěrů na olejové bázi (Reinprecht, 2008).

3.3 Fasády

Fasáda je důležitým stavebním prvkem, který má za úkol chránit vše, co se nachází uvnitř budovy. Při navrhování a stavění budovy je volba fasády a způsob jejího dokončení jedním z posledních, ale zároveň velmi důležitých rozhodnutí. V současnosti existuje široká škála možností. Tato kapitola mé diplomové práce se zaměřuje na dřevěné fasády.

3.3.1 Historie dřevěných fasád

V minulosti se regionální stavitelský styl silně odvíjel od dostupnosti materiálů v dané geografické oblasti. Typicky se využíval materiál, který bylo možné v dané oblasti nejen získat, ale také zpracovat a snadno dopravit do místa stavby. Dřevo patřilo vždy k nejrozšířenějším a nejdostupnějším surovinám na celém světě a stále se jedná o jeden z nejpoužívanějších stavebních materiálů. Je všestranné a schopné odolat namáhání v tahu

i tlaku, což z něj činí vhodný materiál pro všechny stavební prvky. Použití dřevěných fasád bylo úzce spjato s použitím dřeva jako nosného materiálu. Dříve bylo typické, že všechny dřevěné budovy měly dřevěnou fasádu. V současnosti už to neplatí a materiály se se dřevem často kombinují (Gabriel, 2011).

Dřevo bylo dříve ponecháváno bez ošetření. Postupem času se začalo impregnovat přírodními materiály, jako jsou například dobytčí krev, voskové roztoky, roztoky oxidů kovů, vápno, modrá skalice a další (Lank, Hlaváček, 2006).

Až po vydání předpisů ohledně protipožární bezpečnosti budov se začaly roubené stěny častěji zakrývat nátěry. Ty se aplikovaly na celou roubenou stěnu a měly zabránit hoření. Od 19. století se začalo často bílit roubené stěny jak uvnitř, tak i venku, a to hlavně ve více zastavěných oblastech, kde se stavělo více zděných budov. Ovšem nevýhodou těchto nátěrů byla ztížená kontrola dřevěných trámů (Hájek, 1997).

V Evropě byla tradice stavění dřevěných budov největší ve Skandinávii a Alpách. Bylo to způsobeno vysokým procentem lesnatých oblastí v těchto státech (přibližně 50 %), což stavitelům umožňovalo snadné získání materiálu na stavbu. Často se jednalo o dřevo přímo z jejich stavebních pozemků.

Dřevo má špatné tepelné vedení a dobré izolační vlastnosti, což jsou další faktory, které přispěly k jeho oblíbenosti jako stavebního materiálu (Gabriel, 2011).

Rozdíl mezi způsoby úpravy fasád dřevěných staveb můžeme pozorovat zejména mezi Skandinávií, střední Evropou a Alpami. Ve Skandinávii se často používala barevná úprava, zatímco v jiných oblastech byla fasáda zachována přirozeně, často bez jakéhokoliv nátěru. Tento rozdíl je způsoben nižším množstvím slunečního svitu ve Skandinávii, kde měl nátěr prodloužit životnost fasády. Nyní však trend používání dřevěných fasád ve Skandinávii klesá, zatímco v severní části Alp stále roste (Gabriel, 2011).

3.3.2 Typy dřevěných fasád

Způsob provedení fasády významně ovlivňuje její životnost. Důležité je dodržování principů konstrukční ochrany. Během historie se s nabíráním praktických zkušeností vyvinuly různé způsoby výroby a povrchových úprav dřevěných fasád. V dnešní době se na fasádu doporučuje používat radiálně a poloradiálně řezaná prkna s minimální tloušťkou 20 mm. Šířka prken pro obložení málo vystavené povětrnosti by neměla překročit 140 mm, případně 120 mm pro obložení extrémně vystavené povětrnosti (Kráal, 2008).

Obložení prkny a palubkami

Existují dva základní způsoby pokládání obkladů, které se od sebe liší nejen vzhledem a provedením detailů, ale také odolností vůči povětrnostním vlivům. Vertikální pokládka zdůrazňuje výšku, zatímco horizontální pokládka zdůrazňuje šířku.

Obklad, který je směřován vertikálně, je méně komplikovaný, protože voda stéká podél vláken rychleji a s menším odporem. To přispívá ke zvýšení životnosti obkladu a rovnoměrnému šednutí povrchu fasády (Barták, 1996).

Horizontální způsob pokládání obkladů vznikl pomocí techniky nazývané peření a spočívá v tom, že jednotlivé desky se překrývají jako šupiny. Tento způsob má výhodu v tom, že různě velké desky mohou být zpracovány tak, aby vypadaly homogenně, a překrývání umožňuje vyrovnat odchylky v rozměrech (Gabriel, 2011).

Příklopové obložení

Tento způsob vertikálního položení prken je nejstarším a pochází z dob minulých. Vrchní prkna nebo lišty překrývají mezery mezi dolními podkladovými prkny, což umožňuje vytvořit různé variace vzhledu fasády. Dnes už se příliš nevyužívá (Barták, 1996).

Překrývané obložení

Tento způsob fasády se skládá z překládání dřevěných prken, které mohou být hoblované nebo nehoblované. Tyto prkna se překrývají minimálně o 2 cm, což vytváří šupinovitou strukturu podobnou uspořádání rybích šupin. Fasáda tak vytváří stínový efekt, ale na druhé straně vyčnívající hrany prken jsou vystaveny škodlivým povětrnostním vlivům, což způsobuje rychlou degradaci. Tento způsob může být také použit pro vertikální překrývané obložení, které ale není úplně běžné (Gabriel, 2011).

Obložení spojením pero-drážka

Fasádní prkna jsou opatřena drážkou na jedné straně a odpovídajícím perem na druhé straně, které tvoří stínovou drážku. Palubky jsou spojeny, když se pero zasune do drážky. Důležité je správně orientovat drážku a pero, aby se zabránilo vstupu vody do spoju a nedocházelo tam tak k nadměrné degradaci (Barták, 1996).

Obložení spojením na polodrážku

Prkna na horní straně mají výstupek a na spodní straně odpovídající půl-drážku, což znamená, že palubky se v místě půl-drážky překrývají. Výhodou oproti spojení na pero a drážku je pevnější půl-drážka a možnost jednodušší výměny jednotlivých prken (Barták, 1996).

Otevřené obložení

V poslední době se častěji objevuje obložení s otevřenými spárami. Nižší vrstva musí být nepromokavá a odolná vůči UV záření, zatímco voda musí být odváděna pod odvětrávací vrstvou. Tato obložení mohou být vyrobena ze řeziva, které se běžně hobluje, a pokládání je jednoduché s použitím rozpěrky. Při horizontální pokládce se často používají trapézová prkna s kosodélníkovým nebo kosočtvercovým profilem. Tato prkna mají zkosené hrany alespoň o 15°, což umožňuje, aby voda mohla stékat a odkapávat (Gabriel, 2011).

Šindele

Pokud jde o cenovou stránku, fasády z šindelů jsou dražší než fasády z dřevěných prken kvůli větší složitosti montáže, kdy každý šindel musí být pečlivě upevněn. Upevnění šindelů může být realizováno ve dvou vrstvách, dvouapůlvrstvě nebo ve třech vrstvách. Stejně zásady pro odvětrávání zadní strany platí pro základní konstrukce, jak u fasád z prken, tak u šindelových fasád. Štípané šindele jsou také výhodnější než řezané, protože při štípání nedochází k poškození vláken a voda tak méně proniká do dřeva. V historii byly dřevěné šindele spolu s došky z rašeliny a rákosu nejčastějším materiálem pro střechy (Gabriel, 2011).

Šindele jsou úzké a dlouhé dřevěné deskovité tvarovky, které mají na jedné straně drážku a na druhé straně ostří. Tyto šindele se vyráběly ze dřeva jedle, boru, lípy a v některých případech i ze smrku. Pro zvýšení odolnosti se šindele často zpracovávaly vápennou vodou (Barták, 1996).

3.3.3 Vlivy působící na dřevo fasád

Vlhkost

Dřevo je hygroskopický materiál, což znamená, že reaguje na styk s vodou odlišně od minerálních materiálů. Proto je nutné při projektování fasád brát v úvahu, že dřevo se mění v závislosti na vlhkosti vzduchu – smršťuje se a bobtná. Dřevo může pojmout až 25 % vlhkosti ve vlhkém období, zatímco v sušším období potom vysychá. (Feist, 1990) Fasády se

skládají z širokých prken nebo desek a kvůli kolísání vlhkosti v průběhu roku je téměř nemožné zabránit tvorbě trhlin. Tyto trhliny se objevují ve vodorovném směru a neovlivňují funkčnost fasády, pouze mají vliv na její vzhled. Nežádoucí místo pro vznik trhliny jsou místa spojovacích prvků, kde po vniknutí vlhkosti může započít velmi nechtěná hniloba. Je proto potřeba tato místa speciálně ošetřovat a chránit (Evans et al. 2015).

Plísně

Fasády, které se nenacházejí v místě slunečního svitu, jsou vystaveny největšímu nebezpečí. Tyto fasády se nevysušují a vlhkost se v nich hromadí. To může způsobit napadení plísní a v celkovém důsledku i úplné zničení dřeva (Štefko, Reinprecht, 2009). Proto je nutné dodržet kvalitní projekční standardy, kde je třeba zajistit větrání mezi fasádou a zbytkem konstrukce budovy. Kromě toho by mělo být použité dřevo vysoké kvality a také použity ochranné nátěry ideálně tmavého odstínu, který je méně náchylný k povětrnostním vlivům (Kučerová, 2005).

Teploty

Dřevo má nízkou tepelnou vodivost, takže objemové změny způsobené teplotními výkyvy jsou zanedbatelné. Avšak jižní a západní fasády jsou ohroženy rychlým vysycháním a tvorbou trhlin. Vysoké povrchové teploty v těchto oblastech, které dosahují kolem 80 °C, způsobují rychlé vysychání dřeva, čemuž se nedá trvale vyhnout. Naopak v zimě může voda zateklá do dřeva zmrznout a vytvářet poměrně velké trhliny. Tyto procesy krátí dobu nutnou pro obnovu nátěru, v závislosti na frekvenci a velikosti teplotních výkyvů (Kaila, 1987).

Sluneční záření

Krátkovlnné sluneční záření má vliv na poškození dřeva na fasádách budov. UV záření, které na povrch dřeva dopadne, ničí lignin rychleji než celulózu. To snižuje pevnost dřeva a jeho odolnost. Dlouhodobé vystavení slunečnímu svitu způsobí, že barva dřeva se začne přibližovat přirozené barvě celulózy, což je stříbřitě šedá (Lokaj, 2010). Tyto procesy jsou spojené s šednutím povrchu dřeva. Proto se pro fasády volí určité druhy dřevin, jako je modřín nebo smrk, u kterých se šednutí méně projevuje. Fasády se musí následně chránit nátěrem, který obsahuje UV absorbéry. Jinak hrozí, že dřevo i pod nátěrem bude poškozováno a nátěr se odloupne (Oberhofnerová et al. 2017).

Vítr

Vítr je dalším faktorem, který může poškodit dřevěné fasády. Samotný vítr nezpůsobuje žádné škody, pokud není příliš silný na to, aby fasádu poškodil mechanicky. Je však nebezpečnější, pokud se setká s deštěm (Štefko, Reinprecht, 2009). Voda se díky působení větru dostává hlouběji do fasády, což může způsobit rozsáhlé poškození. Kromě toho vítr přenáší i malé částice prachu nebo pylu, které urychlují mechanické poškození fasády. Rychlost šednutí fasády také závisí na směru převládajících větrných proudů (Williams, Feist 1999).

Znečištění ovzduší

Vliv okolního ovzduší na stav dřevěných fasád je významný. Čím více je oblast znečištěná, tím větší má negativní vliv na stav fasády. Tyto znečišťující látky mohou být pevné částice, roztoky nebo plynné látky, které se na povrch dřeva usazují. Míra opotřebení a změny barvy závisí na hrubosti povrchu a intenzitě větrných proudů v oblasti. Obecně platí, že čím větší znečištění, tím rychlejší degradace fasády (Hon a Chang, 1984).

3.3.4 Ochrana dřeva

Konstrukční ochrana dřeva

Stavebně-konstrukční opatření jsou základní a nejdůležitější způsoby, jak chránit dřevěné konstrukce a stavební prvky před škodlivými vlivy, jako jsou abiotické a biotické faktory. Tato metoda se snaží chránit dřevěné konstrukce před zvýšenou vlhkostí způsobenou například zatékáním dešťové vody, kondenzací vody v ovzduší nebo vlhkostí ze země. Je to preventivní opatření, které by mělo být bráno v úvahu při plánování novostaveb, stavění, ale i při rekonstrukci budov (Baier, Týn, 1996).

Zásady konstrukční ochrany:

- Dostatečně velký přesah střechy.
- Zamezit kontaktu fasády se zemí.
- Odizolovat kovové části konstrukce, aby nedocházelo k navlhání dřeva vlivem kondenzování vody na chladných kovových částech.
- Precizně provedené detaily u osazování oken, dveří, napojení střechy, správně provedené rohy fasády, podezdívky a soklů. Čímž se zamezí shromažďování stojící vody a nedochází ke vzlínání vody.

- Horizontální spojení a přechody s antikorozně upravenými ocelovými prvky, nebo s jednoduše vyměnitelnými dřevěnými profily.
- Nevytvářet vodorovné plochy, čímž se rozumí zaoblovat hrany, aby voda mohla odtékat.
- Ochránit čelní hrany, aby nedocházelo ke vzlínání vody.
- Po kontaktu s vodou zajistit, aby došlo k co nejrychlejšímu vysušení, toto lze zajistit dobrým odvětráním konstrukce.
- Dřevěná fasáda by měla být minimálně 300 mm nad terénem (Štefko, Reinprecht, 2009).

Chemická ochrana dřeva

Pokud nelze pomocí stavebních a konstrukčních opatření zabránit napadení dřeva hmyzem nebo plísněmi, je nutné zvolit chemickou ochranu. K těmto účelům slouží různé povrchové nátěry nebo impregnace pomocí tlaku (Humhal, 2012).

Chemická preventivní ochrana se používá především u nosných stavebních prvků jako jsou střešní vazby a latě či podpurné trámy, stejně jako u dřevěných konstrukcí, které jsou vystaveny počasí (jako jsou dřevěné štíty, fasády, balkony a verandy atd.). Také se používá u jakéhokoliv dřeva určeného k trvalému kontaktu s půdou nebo vodou (Reinprecht, 2008).

3.4 Nátěrové hmoty

Po nanesení na podklad tvoří nátěrová hmota povrchovou vrstvu, která plní ochrannou a dekorativní funkci, nebo jiné specifické funkce. Nátěrové materiály jsou produkty, které se dodávají v kapalně, práškové, nebo pastovité formě (Ružinská, 2005). Úpravy nátěrem prodlužují životnost produktu nebo materiálu a snižují jeho opotřebení vlivem klimatických nebo jiných faktorů. Tyto úpravy tak plní požadavky spotřebitelů, kteří jsou v současnosti hlavním určujícím faktorem (Pánek, 2015).

3.4.1 Složení nátěrových hmot

Nátěrová hmota obsahuje složitou směs jednotlivých dílčích složek, přičemž každá z těchto složek má specifickou funkci, která ovlivňuje vlastnosti a použití nátěrového materiálu. Tyto složky lze základně rozdělit na složky prchavé a neprchavé (Ružinská, 2005). Při výrobě nátěrových hmot se zohledňují nejen technologické a aplikační aspekty, ale také

ekonomické faktory, jako je například dostupnost surovin a náklady na spotřebu energie (Liptáková, Sedliačik, 1989).

Prchavé složky

Složky, které tvoří nátěrovou hmotu, ovlivňují její konzistenci během výroby i během aplikace (Zemiar, 2009). Při procesu tvrdnutí nátěrového filmu se tyto volné složky odpařují nebo difundují do základního materiálu (Mandík, 1972). Do této skupiny řadíme ředidla a rozpouštědla (Ružinská, 2005).

Ředidla

Čistá ředidla nebo směsi ředidel se mohou míchat s nátěrovými hmotami během jejich výroby nebo až těsně před aplikací. Tyto látky také slouží k čištění nástrojů po použití nátěrových hmot. Bezpečnost použití ředidel je důležitá, a to zejména z hlediska jejich hořlavosti, která se posuzuje na základě teploty, při které začnou hořet. Tyto látky se řadí do různých tříd na základě jejich hořlavosti:

- třída – hořlaviny s teplotu vznícení do 21 °C,
- třída – hořlaviny s teplotu vznícení v rozmezí od 21 °C do 65 °C,
- třída – hořlaviny s teplotu vznícení v rozmezí od 65 °C do 100 °C,
- třída – hořlaviny s teplotu vznícení v rozmezí od 100 °C do 250 °C (Liptáková, Sedliačik, 1989).

Rozpouštědla

Jedná se o tekutiny nebo směsi tekutin, které se používají k rozpuštění složek tvořících film v nátěrových hmotách. Rozlišujeme mezi pravými a nepravými rozpouštědly. Ta rozpouštědla, která sama dokážou rozpustit konkrétní druh filmotvorné látky řadíme k pravým rozpouštědlům. Rozpouštědla, která nejsou schopna rozpustit danou látku, ale umožňují její nafouknutí, se nazývají nepravými rozpouštědly.

Volba rozpouštědel použitých v nátěrových hmotách závisí na jejich fyzikálních vlastnostech, jako jsou rozpouštěcí schopnost, odpařování, hustota, viskozita, elektrické vlastnosti, hořlavost u organických rozpouštědel a chemická stabilita (Mandík, 1972). Krom těchto vlastností se u rozpouštědel klade významný důraz i na hygienu práce a zdravotní nezávadnost (Ružinská, 2005).

Většina organických rozpouštědel je jedovatá, takže by se při práci s nimi mělo dbát na zvýšenou bezpečnost. Tyto látky mohou vniknout do lidského těla například při vdechování. Tyto účinky mohou být dráždivé, dusivé nebo narkotické (Vopršalová, Žáčková, 1996) a je možnost se před tímto ochránit užíváním ochranných pomůcek. Toxicita látky se určuje nejvyšší možnou koncentrací páry rozpouštědla v ovzduší, kterou může pracovník v pracovní době snést (Liptáková, Sedliačik, 1989).

Neprchavé složky

Filmotvorné látky

Filmotvorné látky jsou klíčovými složkami v nátěrových materiálech. Ty přírodní zahrnují: přírodní a modifikované pryskyřice (např. šelak, jantar), rostlinné oleje, deriváty celulózy (jako estery a étery), bílkoviny, přírodní kaučuk, smoly a asfalty, rostlinné gummy, pektiny a škroby. Ty syntetické zahrnují polymerní pryskyřice (např. PE, PVAC), pryskyřice na bázi fenolických nebo aminových složek, polyestery, polyamidy, epoxidové pryskyřice, silikonové pryskyřice, ketonické pryskyřice a polyuretany (Ružinská, 2005).

Vlastnosti při aplikaci nátěrových látek závisí na složení filmotvorných látek. Směs filmotvorných látek s odlišným chemickým složením v pojivu se používá ke zlepšení vlastností nátěrových látek při nanášení a tvorbě nátěrového filmu (Liptáková, Sedliačik, 1989).

Pigmenty

Jedná se o barvivové prášky, které nejsou rozpustné v pojivu nebo jeho roztoku a dodávají nátěru barevný odstín a krycí schopnost (Ružinská, 2005). Kryvost závisí na schopnosti pigmentu pohlcovat světlo a na jeho indexu lomu. Koncentrace pigmentu v pojivu ovlivňuje vlastnosti nátěrového filmu, chrání nátěr před UV zářením a klimatickými vlivy a prodlužuje životnost nátěru. Důležitou roli hraje i elektrický odpor, který ukazuje odolnost nátěrového filmu vůči vodě (Kalendová, Kalenda, 2004). Nejvíce se pigmenty vyskytují v nátěrových tmelech a plničích pórů, poté v nátěrových základových barvách a nejméně ve vrchních barvách (Zemiar, 2009).

Barviva

Jde o barevné látky, které lze rozpustit v pojivu nebo v jeho roztoku. Rozdílem mezi barvivou a pigmenty je, že barviva neposkytují schopnost krytí, ale dodávají barevný odstín (Ružinská, 2005).

Změkčovadla

Významem změkčovadel v nátěrových látkách je úprava jejich pružnosti a tažnosti po vysušení. Tyto látky mohou být přírodního původu, jako například měkké balzámy, nebo syntetické, jako například estery kyseliny citrónové. Tyto látky by měly odpovídat složení filmotvorných látek a požadavkům na kvalitu nátěru (Zemiar, 2009).

Plniva

Použití plniv se děje společně s pigmenty, aplikuje se jako anorganické prášky (například křída). Upravují vlastnosti nátěru, a nejsou rozpustné v pojivu (Ružinská, 2005).

Sikativa (sušidla)

Jde o organické sloučeniny určitého kovu, které se přidávají do nátěrových hmot obsahujících vysychavé oleje. Tyto složky slouží k urychlení vytvrzování nátěrových filmů. Tyto přísady se přidávají krátce před zpracováním olejových nátěrových systémů. Proces vytvrzování a tvorby nátěrového filmu (autooxidace) se urychluje díky katalyzaci rozpadu peroxidů na radikály, které dále reagují radikálovou polymerizační reakcí. Sušidla mohou být přírodního původu (jako například chlorofyl nebo hemoglobin) nebo syntetická (jako peroxidy, organické soli atd.) (Zemiar, 2009).

Aditiva

Aditiva mají vliv na vlastnosti nátěrových látek a samotných nátěrů. Přidávají se v menším množství a existuje několik druhů aditiv:

- fungicidní přísady, které slouží ke snížení růstu plísní a hub,
- insekticidní přísady, které chrání proti hmyzu,
- matující přísady, které dodávají matný vzhled vysušeného nátěru,

- antivegetativní přísady, které chrání výrobky před vodním prostředím (jak slaném, tak sladkém),
- přísady pro tixotropii, které umožňují změnu z pevného stavu na kapalný při třepání při stálé teplotě, a antisedimentační přísady, které brání sedimentaci pigmentů (Ružinská, 2005).

3.4.2 Alkydové pryskyřice

Alkydové nátěrové látky jsou obvykle polymery vytvořené reakcí olejů nebo mastných kyselin s polykarboxylovými kyselinami a polyalkoholy. Tyto polymery mohou být dále modifikovány izokyanáty, pryskyřicemi nebo akryláty, což ovlivňuje vlastnosti finálního nátěru (Reinprecht a kol. 2020). Po aplikaci nátěru dochází k vytvoření tenkého a pružného filmu na povrchu, který se vytvrzuje oxidací olejů a vysycháním. Doba tuhnutí a vysychání závisí na teplotě a může trvat několik hodin až několik dní. Nátěr má celkově dobré přilnutí k podkladu (Ali a kol. 2001).

3.4.3 Akrylátové polymery

Akrylátové nátěrové látky jsou polymerové látky, které vytvářejí na povrchu větší vrstvu filmu než alkydové nátěry. Tyto látky mohou být vyráběny buď disperzní cestou, tedy rozpuštěním vodou, nebo roztokovou cestou, kdy jsou rozpuštěny v organických rozpouštědlech. K výrobě se používají estery kyseliny akrylové a methakrylové, a kombinací různých druhů esterů nebo monomerů lze dosáhnout různých fyzikálních a chemických vlastností (Lokaj a Vavrušová, 2010). Tyto látky se vyznačují vysokou chemickou odolností a dobrou odolností proti povětrnostním vlivům a změnám barevného odstínu. Při vytvrzování dochází k fyzikálnímu odpaření rozpouštědla. Vodou ředitelné akrylátové nátěry jsou ekologicky šetrnější, ale mají nižší odolnost proti povětrnosti než roztokové (Hejdová, 2011).

3.4.4 Stárnutí nátěrů

Přirozené stárnutí

Pro ověření odolnosti nátěru se používá test přirozeného stárnutí podle normy ČSN-EN 927-3. V této zkoušce jsou vzorky umístěny ve stojanech pod úhlem 45° směřujícím na jih, asi jeden metr nad zemí, a jsou vystaveny kompletnímu slunečnímu záření, vodě a dalším přírodním vlivům včetně možného napadení biologickými škůdci (de Meijer, 2001).

Po 12 měsících expozice se posuzuje celková odolnost nátěru na základě změn jeho vizuálních a ochranných vlastností. Nicméně v praxi se často testuje po delší dobu (2–5 let) s pravidelným měřením vlastností každých 6 měsíců, protože některé změny mohou být patrné až po několika letech a jejich vývoj může být závislý na druhu nátěru a materiálu, na který je nátěr aplikován. Nejvýraznější změny v odolnosti nastávají zpravidla okolo 24 měsíců expozice (Miklečić a kol. 2017).

Umělé stárnutí

Pro zrychlené testování odolnosti nátěrů se používají speciální komory nazvané QUV a Xenonová komora, které simulují vlivy stárnutí v exteriéru. Testování v Xenonové komoře je realističtější, ale finančně náročnější než testování v QUV komoře (Štěrbová a kol. 2021).

QUV komora

Testování odolnosti materiálů vůči UV záření za kombinovaných podmínek kondenzace vodou se provádí pomocí QUV komory. V této komoře jsou vzorky vystaveny postřiku demineralizovanou vodou, což simuluje dešťovou situaci a zároveň odplavuje produkty degradace (Kalnins, Feist 1993). Vzorky jsou také vystaveny teplotním šokům a mírnému mechanickému namáhání. Kondenzační prostředí je programově vytvořeno, aby simulovalo rosení v nočních hodinách a aby se co nejlépe napodobily reálné podmínky. Ovlhčení povrchů je důležité, protože trvá vysokou část ročního období a kondenzace má na dobu ovlhčení větší vliv než déšť (Tolvaj, Mitsui 2004). Jednotlivé cykly jsou popsány v tabulce (tabulka č.4) níže.

Tabulka 4: Testovací cykly QUV komory dle normy ČSN EN 927-6 (2019)

Krok	Funkce	Teplota	Doba trvání	Podmínky
1	Kondenzace	(45 +/- 3) °C	24h	-
2	Kombinace 3 + 4	-	144 h skládající se ze 48 cyklů po 3 hodinách skládajících se z kroku 3 a 4	-
3	UV	(60 +/- 3) °C	2,5 h	Nastavená hodnota ozáření 0,89 W/(m ² nm) at 340 nm
4	Postřík	-	0,5 h	Od 6 l/min do 7 l/min, UV záření vypnuto

Xenonová komora

Degradace materiálů působením slunečního záření a vlhkosti v celém spektru záření (UV i IR) se simulují v xenonové komoře. Tato komora využívá tři samostatné xenonové výbojky pro zvýšení kapacity a umožňuje realistickou simulaci slunečního záření pouze v případě dlouhodobého testu. Krátkodobé vystavení xenonovému světlu způsobuje rychlejší a větší fotoindukované žloutnutí dřeva než sluneční záření. (Tolvaj, Mitsui 2004) Podle výzkumu se počet karbonylových skupin generovaných ultrafialovým světlem s dobrou korelací projevoval během FTIR analýz a fotoindukované žloutnutí. Na druhé straně rtuťové světlo nenapodobuje sluneční světlo, ale může být použito jako silný UV zářič. Vzorky jsou uloženy vodorovně v komoře a simulace vlhkosti je nejrealističtější pomocí volitelného postřiku vodou (Reinprecht, Šupina 2015).

4 Metodika

Metodika obsahuje popis postupu výroby vzorků, následně popis použitých nátěrů. Dále je v metodice souhrn provedený zkoušek na změnu barevnosti, lesk, změnu kontaktního úhlu a vizuální porovnání snímků ze skeneru před vystavením povětrnosti a po vystavení povětrnosti.

4.1 Vzorky

Materiál na výrobu vzorků byl zakoupen u firmy Pechar s.r.o., konkrétně se jednalo o termodřevo smrk, termodřevo borovice a termodřevo jasan. Tyto dřeviny byly vybrány jako nejčastěji používané, ale i díky doporučení v obchodě. Všechny vzorky byly upraveny termickou úpravou stupně THERMO-D.

4.1.1 Výroba vzorků

Ze zakoupeného řeziva bylo na formátovací pile nařezáno na potřebné rozměry dle normy ČSN EN 927-3. Rozměry uvedené v normě jsou $375 \pm 2 \times 78 \pm 3 \times 20 \pm 2$ mm. Následně byly vzorky obroušeny zrnitostí P120 a strhnuty hrany. Poté byly vzorky natřeny bezbarvými nátěry, konkrétně Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA a Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA. Před i při nátěru bylo postupováno dle technických listů jednotlivých nátěrů.

4.1.2 Označení vzorků

- Kódování vzorků: Dřevina – Povrchová úprava – Číslo vzorku
Dřevina: B, J, S; B- borovice, J- jasan, S- smrk
Povrchová úprava: 1, 2; 1- Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA, 2- Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA
Číslo vzorku: 1,2; označení jednotlivých vzorků
- Referenční vzorky: REF- Dřevina
Dřevina: B, J, S; B- borovice, J- jasan, S- smrk

4.1.3 Použité nátěry

Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA

Lazura Lignofix (obr. č. 2) je vodou ředitelná a vhodná pro ochranu všech druhů dřevěných povrchů v interiérech i exteriérech, včetně obložení balkonů, fasád, pergol, zahradního nábytku, oken a dveří. Tato lazura je také vhodná pro průmyslové aplikace na dřevěné povrchy. Její použití však není doporučeno pro pochozí plochy. Lazura Lignofix chrání dřevo před vlivy počasí a stárnutím a je také vhodná pro interiéry s vysokými požadavky na hygienu, jako jsou jídelny, školy a nemocnice. I když se nátěr může dostat do náhodného kontaktu s potravinami, není určen pro tento účel (STACHEMA, 2022).



Obrázek 2: Lignofix silnovrstvá lazura
(zdroj: STACHEMA, 2022)

Lignofix TENKOVRSŤVÁ SYNTETICKÁ LAZURA

Lignofix je syntetická lazura (obr. č. 3) s vysokým penetračním účinkem, která se používá pro hedvábně matné dekorativní nátěry dřevěných povrchů v interiéru i exteriéru. Tento výrobek je vhodný pro různé aplikace, jako jsou ploty, pergoly, chaty, zahradní nábytek, okna, dveře, obložení balkonů a fasád. Nicméně, není vhodný pro použití na pochozí plochy. Lignofix je schválen pro použití na dětské hračky (STACHEMA, 2022).



Obrázek 3: Lignofix tenkovrstvá syntetická lazura
(zdroj: STACHEMA, 2022)

4.2 Uložení vzorků do stojanů

Poté, co byly naměřeny všechny potřebné hodnoty, byly vzorky umístěny do stojanů (obr. č. 4) dle ČSN EN 927-3, které byly umístěny na střeše Dřevařského pavilonu na České Zemědělské univerzitě. Celkově byly vzorky po dobu šesti měsíců skladovány ve stojanech. Po šesti měsících byly vzorky vyjmuty ze stojanu, osušeny a byly naměřeny potřebné hodnoty. Zároveň byla provedena vizuální kontrola změny povrchu vzorků. Vzorky byly po celou dobu expozice vystaveny vlivům změny teplot, slunečního záření, dešťové vody, sněhu a povětrnostních podmínek.



Obrázek 4: Uložení do stojanů

4.3 Zkoušky

V této kapitole jsou popsány zkoušky, které byly použity k měření vlivu povětrnosti na vzorky.

4.3.1 Změna barevnosti

K měření změny barevnosti byl použit Spektrofotometr CM 700/600d, který umožňuje měření barevných změn pomocí kolorimetrie, což je hlavní postup měření. Tento přístroj pracuje s kombinací tří základních barev světla (x,y,z), které umožňují vyvolat jakoukoliv barvu. L,a,b jsou značky pro základní barevné složky, které se používají ke kvantifikaci odchylek (změn) barev. Na obrázku (obr. č. 5) lze vidět barevné spektrum.

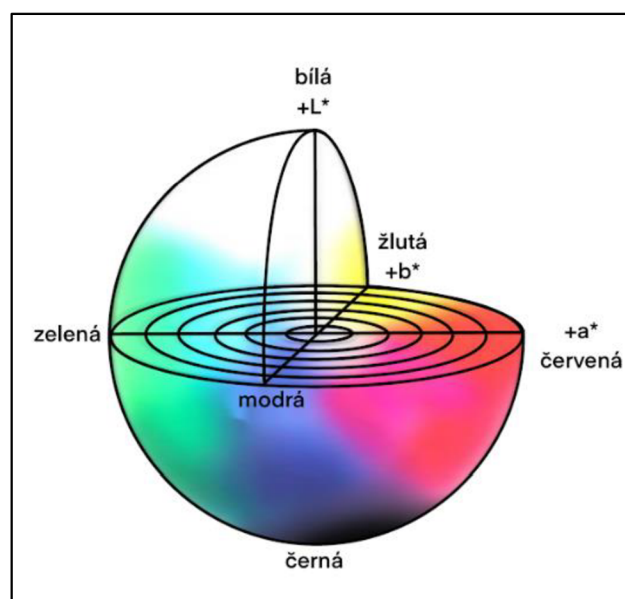
Pro matematické vyjádření odchylek se využívá euklidovská vzdálenost, která je značena jako barevná odchylka ΔE^* . Pokud je barevná odchylka $\Delta E^* \leq 3$, pak se považuje za shodnou barvu pro subjektivní pozorovatele. Barevná definice ΔE^* mezi barvou před a po stárnutí se stanovuje podle metody CIE 1976 a vypočítává se pomocí příslušného vzorce (Pánek, 2015):

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

*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)(Sehlsstedt-Persson 2003).



Obrázek 5: Barevné spektrum
(Upraveno dle Pánek a kol. 2019)

V následující tabulce (tabulka č. 5) může vidět rozmezí barevných změn a jak jsou klasifikovány.

Tabulka 5: Barevné změny

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

Popis měření

Byla použita spektrofotometrie Konica Minolta CM 600d (Konica Minolta Inc., Osaka, Japonsko) s geometrií d/8 a zrcadlovým odrazem (režim SCI) pod úhlem 10° , při standardu osvětlení D65, což odpovídá dennímu světlu o teplotě 6500 K. Pro každou dobu zvětrávání bylo provedeno osm měření na vzorku, přičemž bylo měřeno na osmi označených místech vzorku. Na následujícím obrázku (obr. č. 6) je vidět samotný přístroj Konica Minolta CM 600d.



Obrázek 6: Spektrofotometr

4.3.2 Měření změny lesku

Lesk nátěru se vyjadřuje schopností nátěru odrážet světelné paprsky podle Snellova zákona lomu na makroploše jeho povrchu (Poláček, 2003). Tato metoda umožňuje určit zrcadlový lesk nátěru bez přítomnosti kovových pigmentů. Měření lze provádět při různých úhlech, jako jsou 20° , 60° a 85° , přičemž úhel 60° se používá pro všechny typy nátěrů, úhel 20° je vhodný pro vysoce lesklé nátěry a úhel 85° je určen pro matné nátěry s nízkým leskem

(Pánek, 2015). Hodnota lesku se určuje měřením odraženého světla při úhlu 60° podle normy ČSN EN ISO 2813. Na základě této normy se rozlišují tři třídy lesku:

- matný: koeficient odrazu do 10,
- polomatný: koeficient odrazu od 10 do 35,
- pololesklý: koeficient odrazu od 35 do 60,
- lesklý: koeficient odrazu od 60 do 80,
- vysoce lesklý: koeficient odrazu větší než 80.

Trvanlivost nátěru je ovlivněna leskem jen v malé míře. Lesklý povrch zadržuje méně nečistot a je snadněji čistitelný, což může prodloužit trvanlivost původní barvy a barevného odstínu nátěru. Většinou se však lesk nátěru snižuje s jeho stárnutím (Pánek, 2015).

Popis měření

Lesk různých druhů nátěrů byl měřen pomocí leskoměru MG268-F2 (obr. č. 7) (KSJ, Quanzhou, Čína) podle normy EN ISO 2813 (2014) před a po zkouškách povětrnostních vlivů. Následně byla provedena analýza změny lesku.

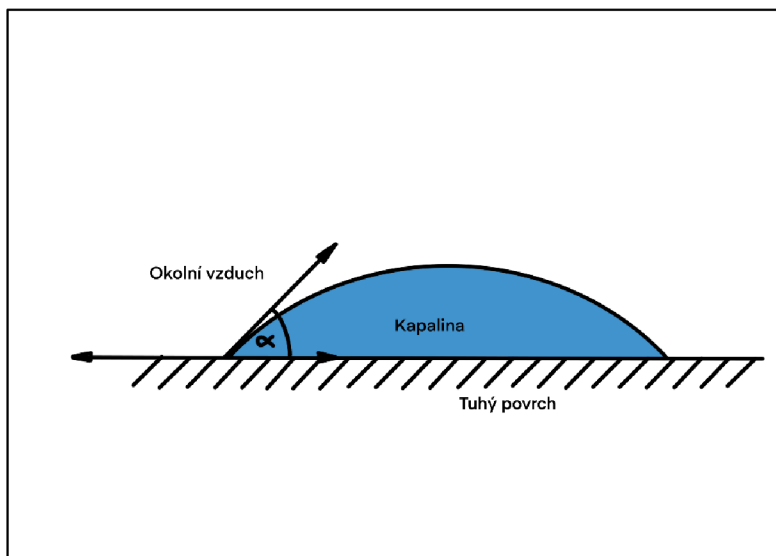


Obrázek 7: Lesoměr

4.3.3 Měření kontaktního úhlu

Smáčivost kapaliny na povrchu materiálu se vyjadřuje pomocí kontaktního úhlu, který udává úhel mezi tečnou k povrchu kapky a povrchem, kde kapka stykem s povrchem spočívá. Pokud je kontaktní úhel menší než 90° (obr. č. 8), jedná se o smáčivý, hydrofilní povrch, zatímco úhel větší než 90° znamená nescháčivý, hydrofobní povrch. Smáčivost povrchu je ovlivněna několika faktory, jako je drsnost a absorpce povrchu (Poláček, 2003).

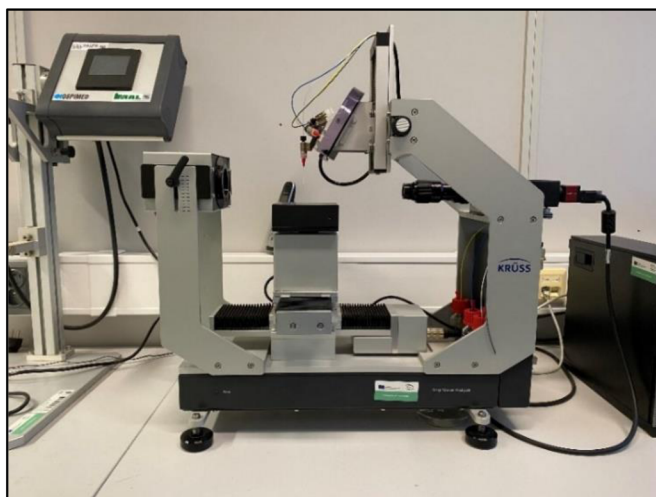
Povrchová úprava (modifikace povrchu/nátěrový systém) má zásadní vliv na absorpci povrchu a může vytvořit hydrofobní povrch z materiálu, který je běžně dobře absorbující, například dřeva. Odpudivost vody má pozitivní vliv na odolnost povrchu. Materiál, který dobře absorbuje kapaliny, může být náchylný k vyplavování ochranných látek, látek z vlastní struktury (jako jsou extraktivní látky dřeva) nebo může způsobovat hydrolýzu povrchu materiálu. Cílem modifikace povrchu je dosáhnout konstantního kontaktního úhlu během životnosti materiálu, případně jen malých změn (Pánek, 2015).



Obrázek 8: Kontaktní úhel
(zdroj: Upraveno dle Pánek a kol. 2019)

Popis měření

Kontaktní úhel vody na tečných plochách testovaných vzorků byl měřen pomocí goniometru Krüss DSA 30E (obr. č. 9) (Krüss, Hamburg, Německo) podle metody přisedlé kapky. Deset měření na každém vzorku bylo provedeno před začátkem zkoušky a poté po 6 měsících vystavení přírodním vlivům. K měření byly použity kapky destilované vody s dávkovacím objemem 5 μ L. Měření probíhalo na 10 předem označených místech na každém vzorku.



Obrázek 9: Goniometr

4.3.4 Makroskopické a mikroskopické porovnání

Povrchy vzorků byly pravidelně testovány a makroskopické změny byly vyhodnocovány pomocí skeneru Canon 2520 MFP s rozlišením 300 DPI (Canon, Tokio, Japonsko). Vizuální analýza zahrnovala sledování vzniku trhlin a defoliace nátěrových systémů. Mikroskopické strukturální změny nátěrových systémů a povrchu vzorků, včetně tvorby ruptur, napadení plísněmi a 3D-obrazů povrchových profilů, byly také studovány pomocí konfokálního laserového skenovacího mikroskopu Lext Ols 4100 (Olympus, Tokio, Japonsko) s 100 násobným zvětšením.

4.3.5 Statistické vyhodnocení

Data získaná v průběhu testování byla zpracována pomocí standardních statistických metod a softwarů. Pro prvotní zpracování dat byl použit software MS Excel 2018 od společnosti Microsoft z USA. Poté následovalo vyhodnocení dat v programu Statistica 14 od společnosti StatSoft, rovněž z USA. Pro vyhodnocení byly využity různé funkce, jako jsou průměr, směrodatná odchylka nebo analýza rozptylu ANOVA, s hladinou významnosti stanovenou na $\alpha=0,05$. Před samotným vyhodnocením pomocí ANOVA byly odstraněny odlehlé hodnoty pomocí Dean-Dixonova testu a byla potvrzena normalita dat pomocí histogramů. Byly statisticky vyhodnocovány zejména změny barvy, lesku a smáčivosti povrchu v závislosti na faktorech ovlivňujících tyto proměnné, jako například druh dřeviny.

5 Výsledky

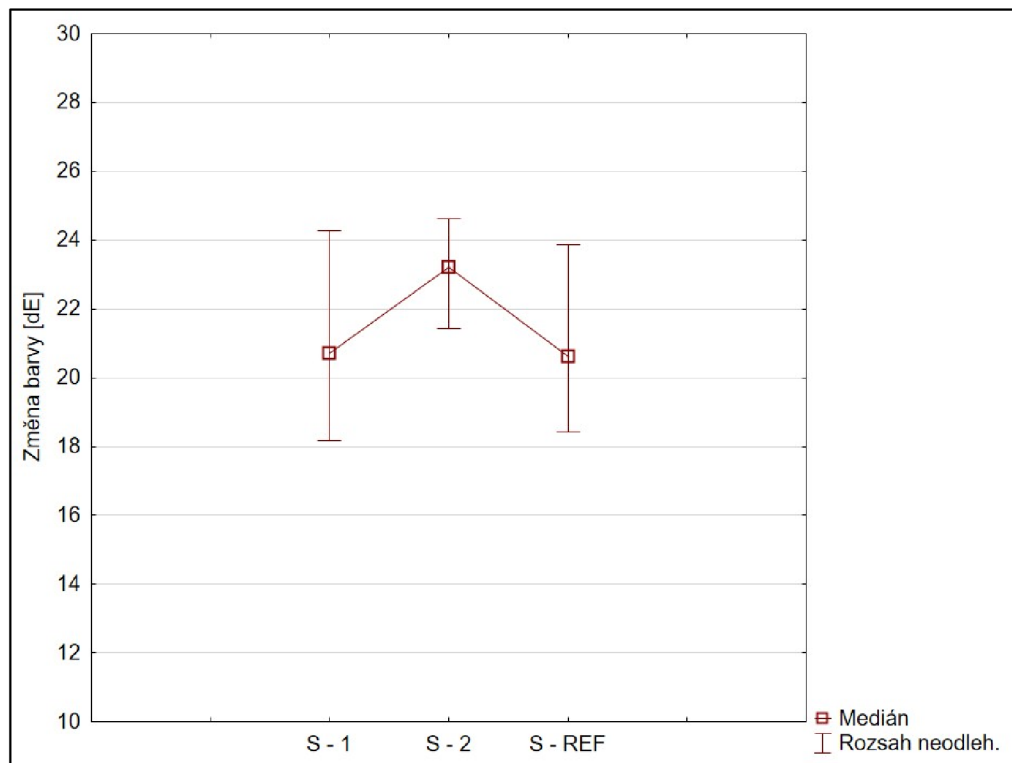
V této části diplomové práce jsou prezentovány výsledky vlastního experimentu-expozice vzorků termodřeva smrku, borovice a jasanu po dobu šesti měsíců všem venkovním vlivům. Cílem bylo zjistit a popsat rozdíly, mezi vzorky ošetřenými a neošetřenými akrylátovými polymery nebo alkydovými pryskyřicemi, u jednotlivých pozorovaných vlastností. Text je rozdělen do 5 podkapitol, ve kterých jsou podrobně popsány, graficky či tabulárně znázorněny, změny jednotlivých měřených vlastností.

5.1 Změna barevnosti

Tato kapitola obsahuje výsledky změn barevnosti. Grafy (grafy č. 1, 2, 3) zobrazují rozptyl a medián naměřených změn. Komentáře k výsledkům se zaměřují na hodnotu mediánu, která nejlépe vystihuje barevnou změnu. Vzhledem k tomu, že je termodřevo nehomogenní materiál a liší se místa měření, mohou se hodnoty výrazně lišit.

5.1.1 Termodřevo smrk

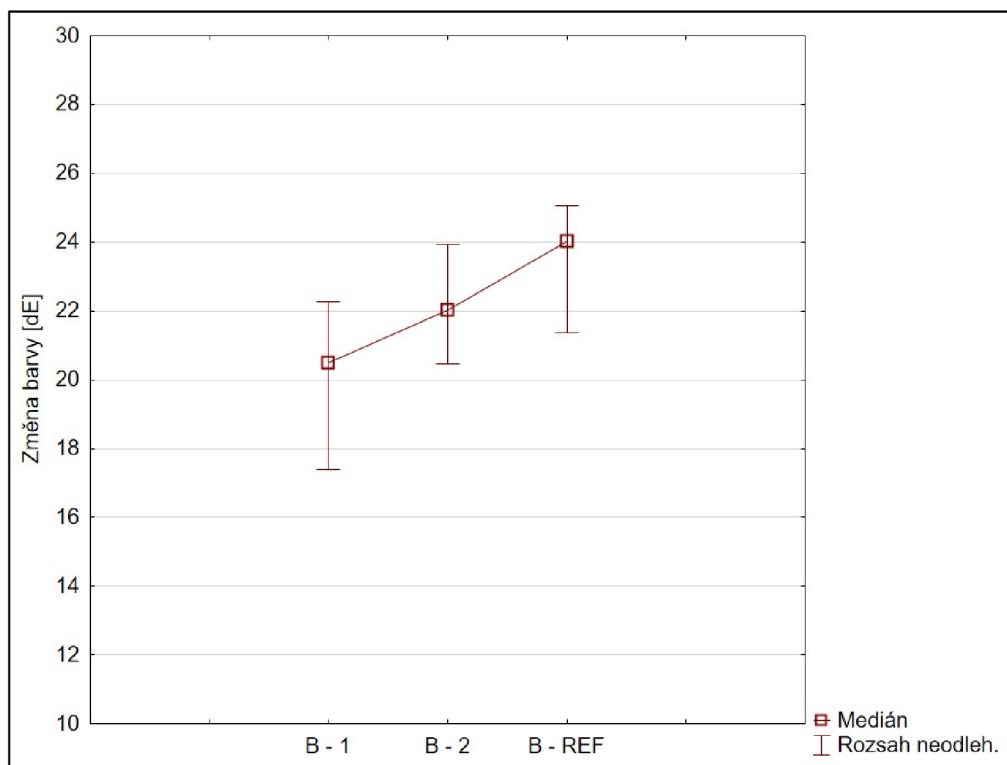
Graf (graf č. 1) níže zobrazuje celkovou barevnou změnu (ΔE^*) u jednotlivých vzorků termodřeva smrku. U všech vzorků byla zaznamenána vysoká barevná změna, hodnota ΔE^* byla nad hodnotou 12, což je podle tabulky č. 5 rovno nejvyšší možné barevné změně, tedy se již jedná o jinou barvu. Nejmenší barevnou změnu lze pozorovat u vzorku s povrchovou úpravou provedenou Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Zatímco největší změna byla zjištěna u Lignofix TENKOVRSVÁ SYNTETICKÁ LAZURA. Stejná změna barevnosti, jako u vzorku se silnovrstvou povrchovou úpravou byla zjištěna i u referenčního vzorku.



Graf 1: Barevná změna termodřeva smrku

5.1.2 Termodřevo borovice

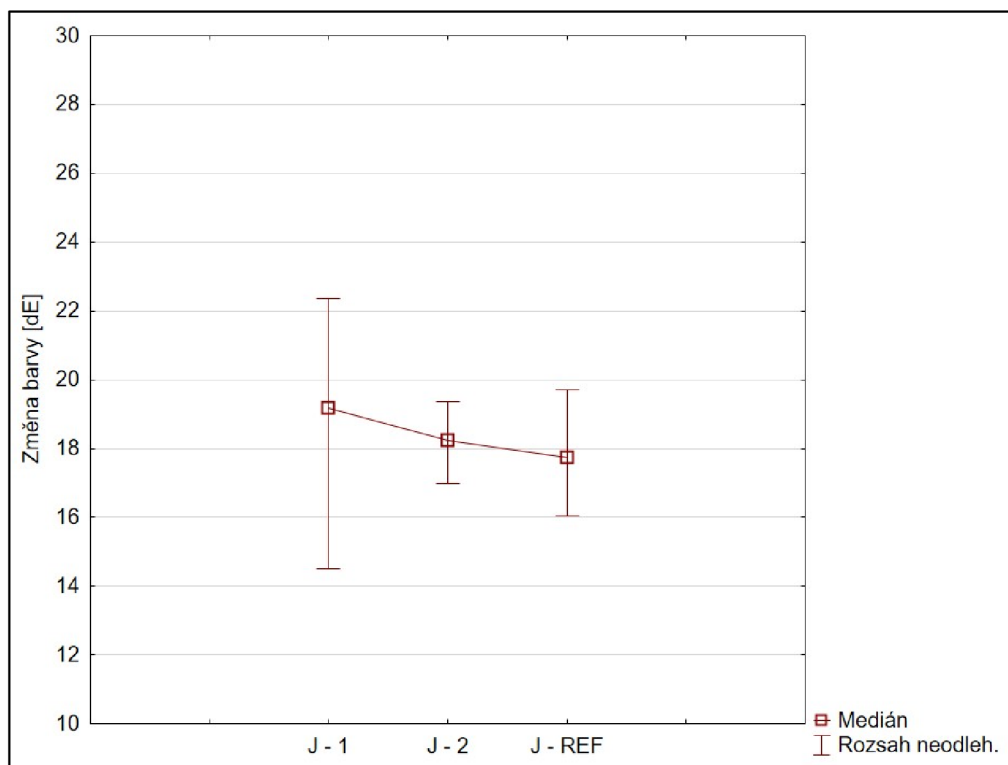
V následujícím grafu (graf č. 2) lze pozorovat barevnou změnu u vzorků z termodřeva borovice. U skupiny vzorků z termoborovice byla narozdíl od termosmrku největší barevná změna naměřena u referenčního vzorku. Nižší změna byla naměřena u vzorků s povrchovou úpravou provedenou nátěrem Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Nejmenší změna byla zaznamenána u vzorků s Lignofix TENKOVRSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA. Avšak stejně jako u termodřeva smrku jsou všechny naměřené hodnoty ΔE^* nad 12, což opět znamená změnu na naprosto jinou barvu.



Graf 2: Barevná změna termodřeva borovice

5.1.3 Termodřevo jasan

V následujícím grafu (graf č. 3) je vyhodnocena barevná změna u vzorků z termodřeva jasanu, kde nejmenší barevnou změnu pozorujeme u referenčního vzorku. O něco větší změna byla zaznamenána u vzorků, kde byl použitý nátěr Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Nejvyšší změnu pozorujeme u vzorků s Lignofix TENKOVRSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA. Celkově je opět u všech vzorků naměřená změna ΔE^* vyšší než 12, což je ve výsledku úplná změna barvy.



Graf 3: Barevná změna termodřeva jasanu

Z naměřených hodnot lze tvrdit, že ani jeden z použitých nátěrů nedokáže zabránit změně barvy. Z porovnání mezi jednotlivými dřevinami lze říct, že termosmrk a termoborovice si vedou poměrně stejně a hodnota se pohybuje okolo 22. O něco lépe si vedl termojasan, kde se barevná změna pohybuje okolo 18 u všech jasanových vzorků. Celkově se dá říct, že ochrana proti barevné změně je u transparentních nátěrů nízká a změny jsou dost podobné jako u neošetřených vzorků.

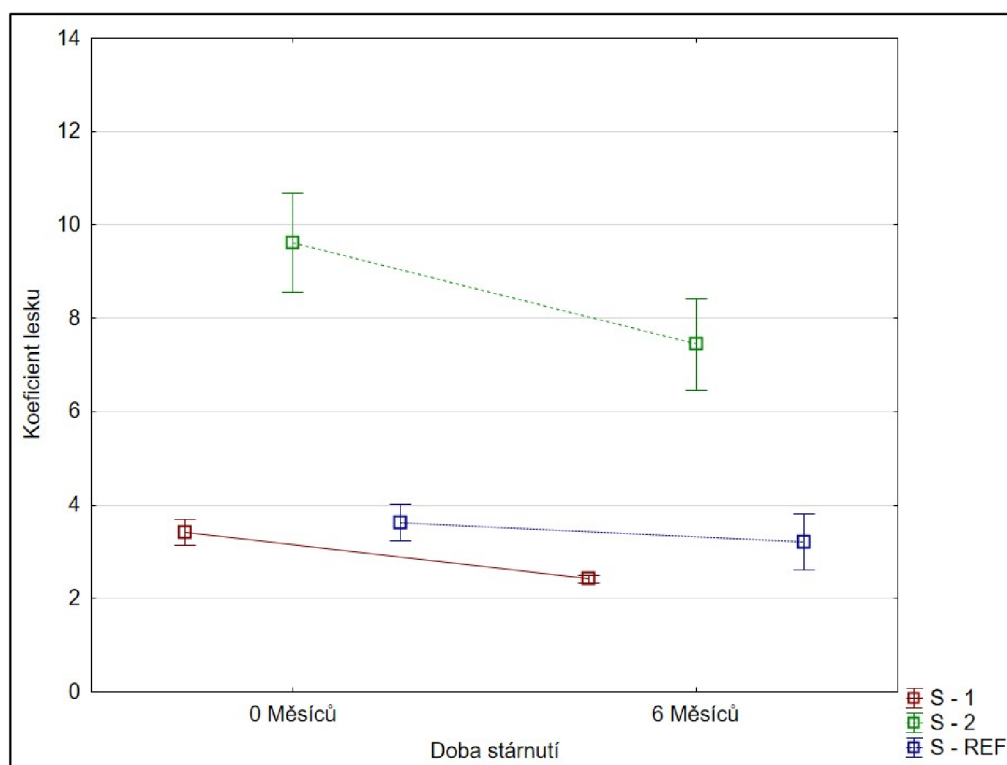
5.2 Změna lesku

U měření tohoto měření můžeme porovnat změnu lesku po šesti měsíční expozici. Z grafů je tedy patrné, jaká povrchová úprava měla největší lesk na počátku a která vlivem povětrnosti o svůj lesk přišla.

5.2.1 Termodřevo smrk

Z následujícího grafu (graf č. 4) lze vyčíst, že nejvyšší lesk před vystavení povětrnosti byl zaznamenán u vzorku s Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Naopak nejnižší byl zaznamenán u nátěru Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA, kde byl lesk

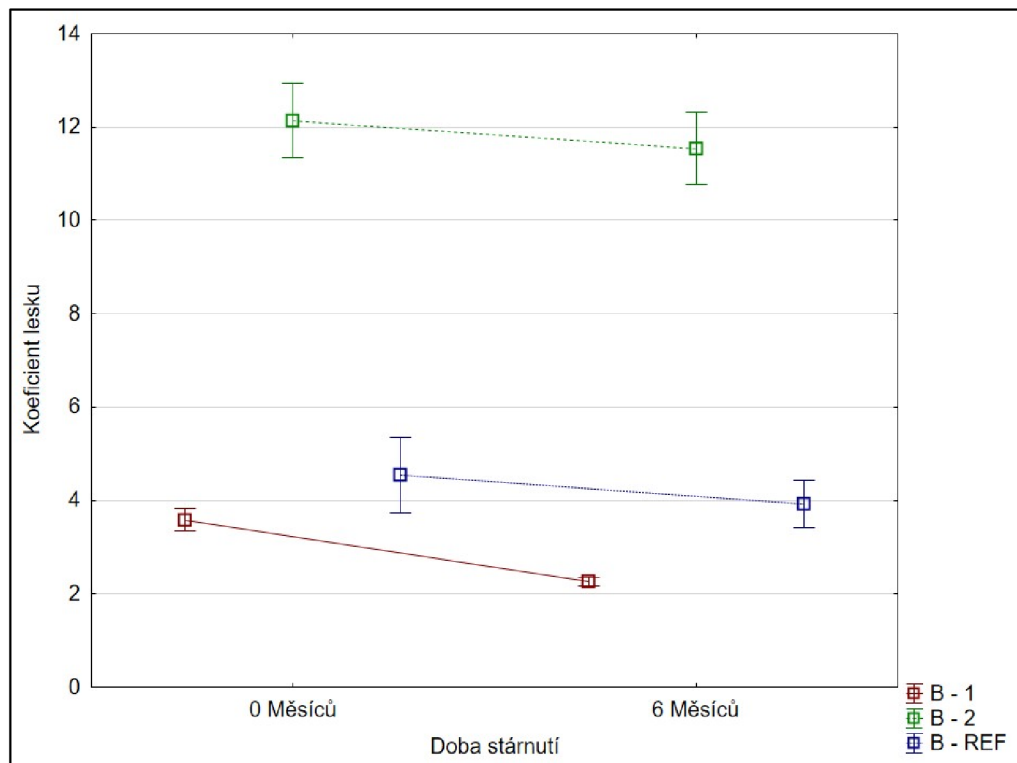
mírně nižší než u referenčního vzorku. U referenčního vzorku a vzorku S-1 byl zaznamenán minimální pokles lesku. U vzorku S-2 byl pokles lesku po šesti měsíční zkoušce výrazný.



Graf 4: Změna lesku termodřevo smrku

5.2.2 Termodřevo borovice

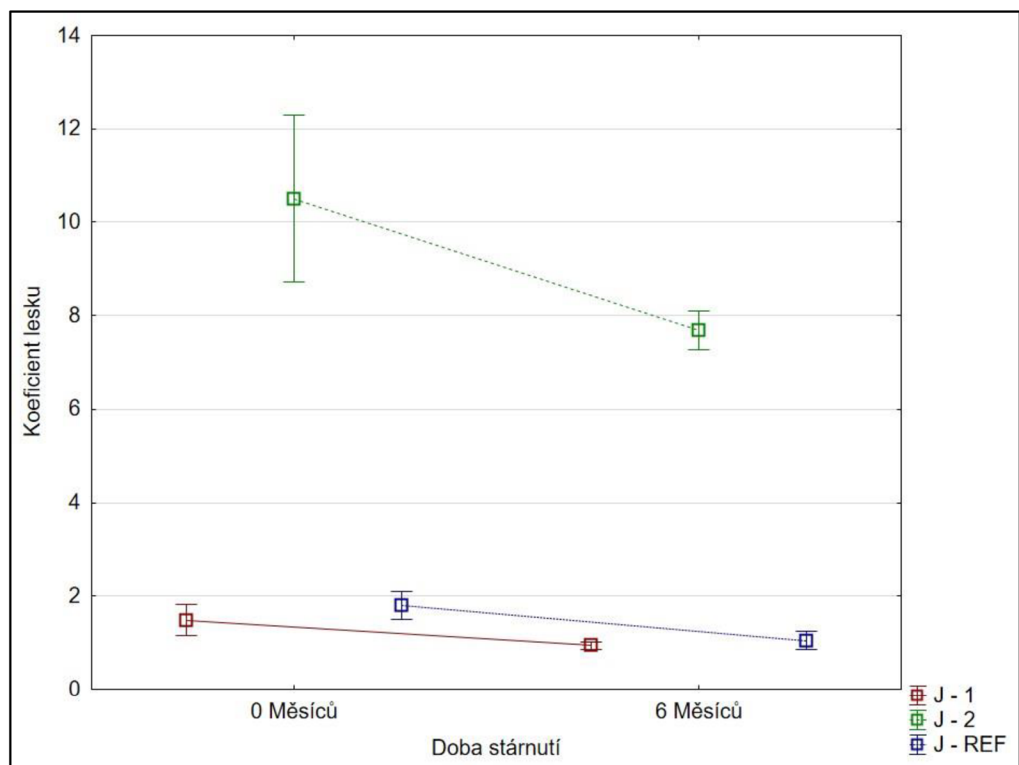
U grafu (graf č. 5) je vidět, že stejně jako u smrku byl nejvyšší lesk u vzorku s povrchovou úpravou nátěrem Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Navíc borovice vykazuje ještě větší lesk než smrk. Podobně jako tomu je u smrku i borovice lze vidět, že vzorek s nátěrem Lignofix TENKOVRSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA a referenční vzorek mají lesk výrazně nižší. Rozdíl lze pozorovat v tom, že pokles lesku u vzorku B-1 je srovnatelný jako u B-2 a referenčního vzorku.



Graf 5: Změna lesku termodřeva borovice

5.2.3 Termodřevo jasan

Z grafu (graf č. 5) lze vyčíst, jak byl ovlivněn lesk povrchovou úpravou u termodřeva jasanu. Opět nejvyšší lesk byl pozorován u vzorku s nátěrem Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Výrazně nižší stupeň lesku byl pozorován u zbylých dvou vzorků. Ztráta lesku po šesti měsíční expozici byla nejvýraznější u vzorků J-2. U ostatních jasanových vzorků byl pokles ztatečně mírnější.



Graf 6: Změna lesku termodřeva jasanu

Obecně lze říct, že nejvyšší lesk byl pozorován u vzorků s nátěrem Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Celkově nejvyšší lesk byl pozorován u borovice s tímto nátěrem. U této dřeviny byl pozorován i nejmenší pokles lesku po vystavení povětrnosti. U referenčních vzorků byl pozorován nejnižší lesk u termodřeva jasanu. Nejvyšší lesk v této sérii vzorků byl u termodřeva borovice a o něco nižší u termodřeva smrku. Pokles lesku, ale nebyl tak výrazný jako u ošetřených vzorků. Vzorky, které byly ošetřeny Lignofix TENKOVRSVÁ SYNTETICKÁ LAZURA vykazují pokles lesku vůči referenčním vzorkům i před vystavením povětrnosti. Nicméně pokles lesku v průběhu šesti měsíčního experimentu byl podobný jako u referenčních vzorků.

5.3 Změna kontaktního úhlu

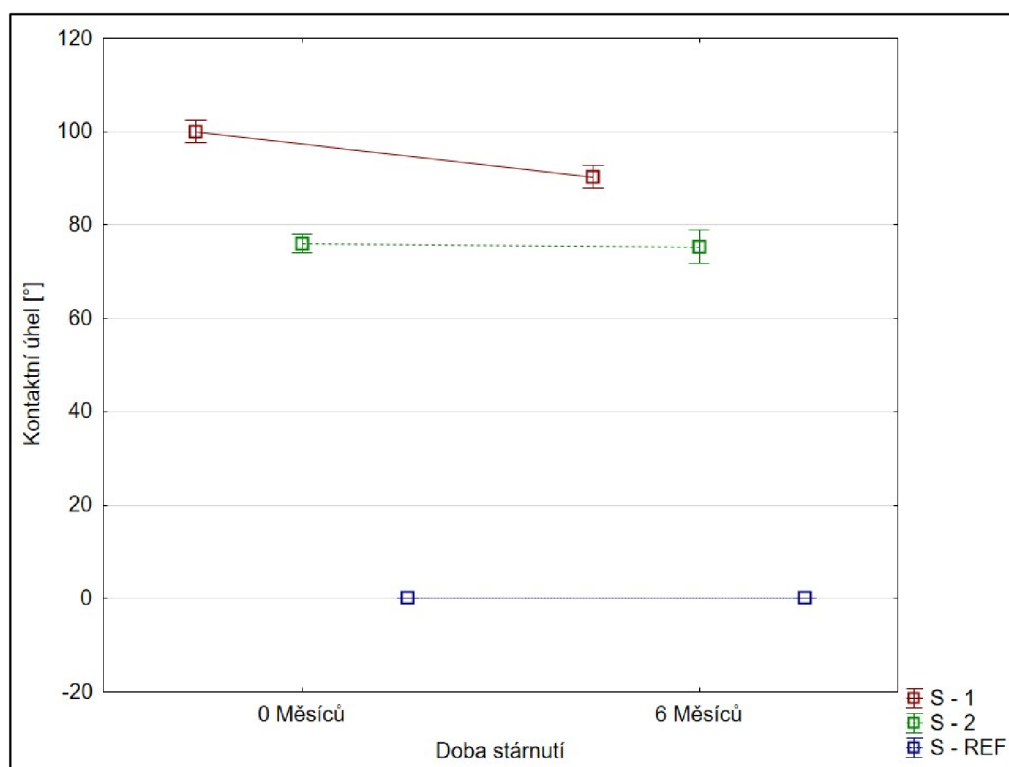
Tato kapitola obsahuje vyhodnocení grafů, které se zaměřují na hodnoty kontaktního úhlu před vystavením povětrnosti a po ní. A graficky je zde zobrazena změna kontaktního úhlu, která ukazuje smáčivost povrchu.

5.3.1 Termodřevo smrk

U grafu (graf č. 7) pozorujeme, že kontaktní úhel u referenčního vzorku se rovná nule, což znamená, že povrch je dokonale smáčivý i před vystavením povětrnosti. Pokud byl

povrch ošetřen Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA, kontaktní úhel se zvýšil pod hranici 80° a stále tedy hovoříme o smáčivém povrchu. Po šesti měsíční expozici se kontaktní úhel měnil pouze nepatrně a lze tedy říct, že tento nátěr z pohledu smáčivosti povrchu dobře odolává stárnutí.

Naopak při použití Lignofix TENKOVRSVÁ SYNTETICKÁ LAZURA se úhel dostal nad hranici 90°, konkrétně kolem 100° a hovoříme o nesmáčivém povrchu. Stárnutí tohoto nátěru z pohledu smáčivosti bylo výraznější, avšak úhel se udržel nad 90° a i to, lze vidět jako pozitivní výsledek.



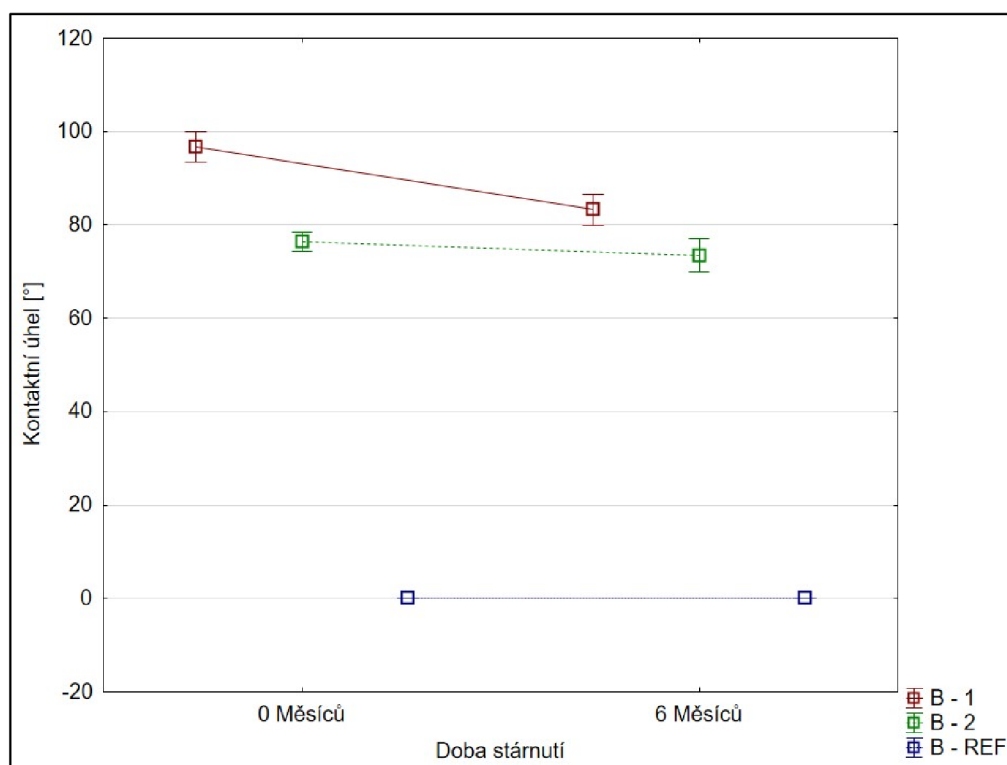
Graf 7: Změna kontaktního úhlu termodřeva smrku

5.3.2 Termodřevo borovice

U termodřeva borovice opět vidíme, že povrch neošetřeného vzorku byl dokonale smáčivý, tedy že kontaktní úhel se rovná 0°. U vzorků, kde byl použitý Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA byl úhel smáčivosti lehce pod 80°, tedy smáčivý povrch. Po vystavení povětrnosti se úhel u těchto vzorků změnil pouze nepatrně.

Pokud se zaměříme na vzorky s povrchovou úpravou Lignofix TENKOVRSVÁ SYNTETICKÁ LAZURA, zjistíme (viditelné na grafu č. 8), že při prvním měření se kontaktní úhel pohyboval těsně pod hranicí 100° a povrch byl tedy nesmáčivý. Po vystavení

povětrnosti po dobu šesti měsíců se kontaktní úhel výrazně změnil a dostal se pod hranici 90°, blízko 80° a jeho povrch se tedy stal smáčivým.

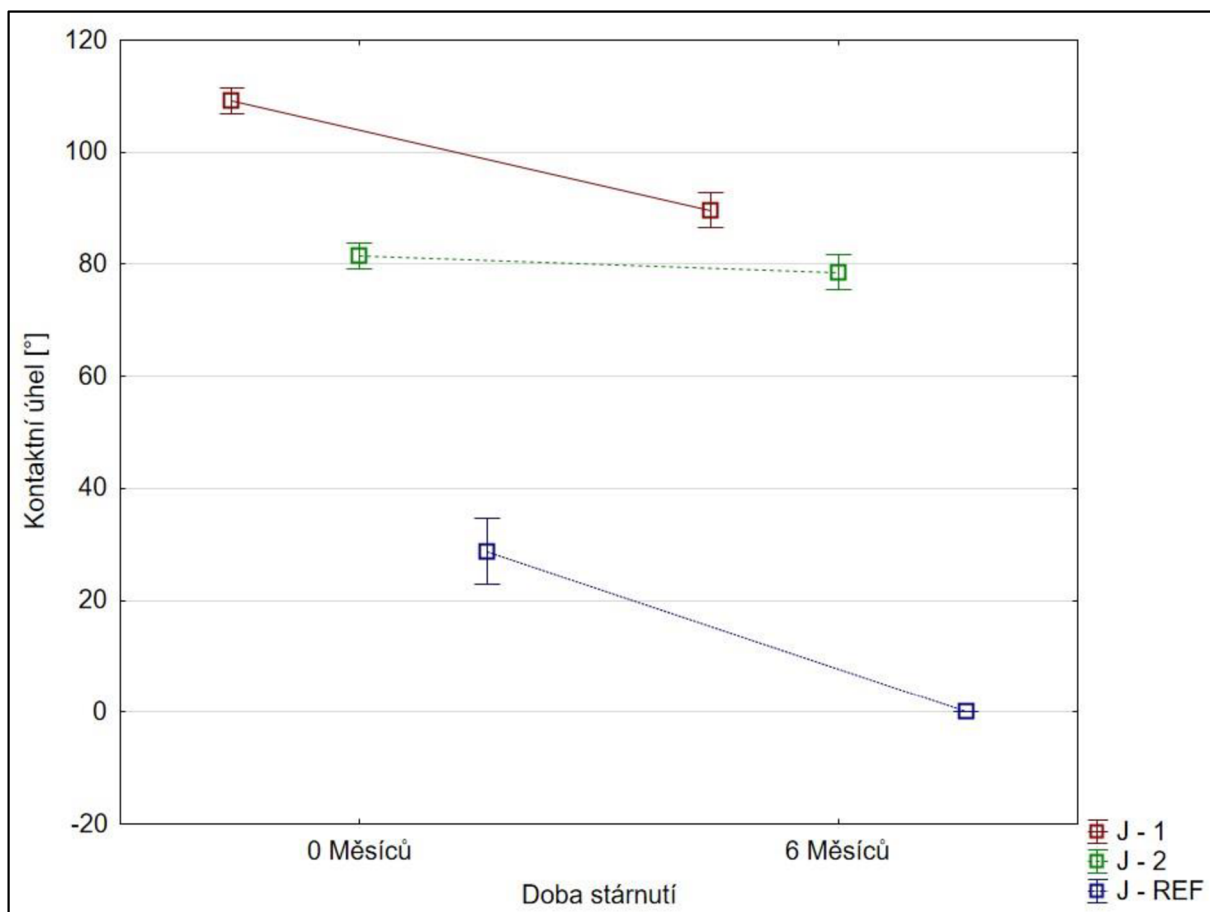


Graf 8: Změna kontaktního úhlu termodřeva borovice

5.3.3 Termodřevo jasan

Z grafu (graf č. 9) je patrné, že termodřevo jasanu je jediné z testovaných dřevin bez ošetření, které nemá kontaktní úhel nulový při počátečním měření. Ovšem po vystavení povětrnosti a následném měření po šesti měsících se úhel na nulu snížil. Při použití Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA na jasanové vzorky můžeme vidět, že kontaktní úhel se pohybuje okolo 80° jak při prvním, tak při druhém vzorku a nátěr v tomto ohledu degradoval pouze minimálně.

Pokud se zaměříme na vzorky, které byly ošetřeny Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA můžeme vidět, že při prvním měření se kontaktní úhel dostal k hranici 110°, nicméně po šesti měsíční venkovní expozici se tento úhel dostal na 90°, což je hranice mezi nesmáčivým a smáčivým povrchem.



Graf 9: Změna kontaktního úhlu termodřeva jasanu

Z výsledků naměřených v této zkoušce lze vypožorovat, že neošetřené dřeviny mají povrch velmi smáčivý a jediný jasanový vzorek neměl počáteční hodnotu kontaktního úhlu rovnou nule, ale po šesti měsíční expozici se kontaktní úhel i této dřeviny dostal na nula stupňů.

Při použití Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA se všechny vzorky dostaly nad hranici 90° a jejich povrch byl nesmáčivý a nesmáčivost si udržely i po šesti měsících ve venkovní expozici v případě smrkových a jasanových vzorků. V případě vzorků borovice se kontaktní úhel při druhém měření pohyboval lehce nad hranicí 80° a jeho povrch se tedy stal smáčivým. Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA dokázala dostat úhel smáčivosti u smrku a borovice těsně pod hranici 80° a u jasanu těsně nad tuto hranici z čehož vyplývá, že povrch při použití této nátěrové hmoty byl smáčivý hned u prvního měření. Ale z pohledu stárnutí tohoto nátěru druhé měření prokázalo, že se úhel změnil naprosto minimálně a nátěr tedy málo degraduje.

5.4 Makroskopické vizuální hodnocení

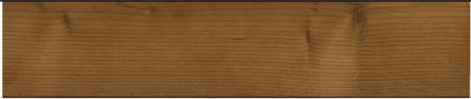









5.4.1 Termodřevo smrk

Výše zmíněné zkoušky byly potvrzeny pomocí vizuálního hodnocení. Barevná změna mezi jednotlivými měřeními může být viditelná pouhým okem. Největší rozdíl byl pozorován u neošetřeného vzorku (REF-S), kde vzorek po šesti měsíčním vystavení povětrnosti jeví výraznou barevnou změnu. Referenční vzorek výrazně zešedl a na povrchu se objevily drobné tmavé skvrny.

U vzorků s povrchovou úpravou provedenou Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA se vizuální barevná změna projevuje nejméně z pozorovaných vzorků, avšak stále je dost výrazná a na některých místech se projevuje zašednutí, na povrchu nelze pozorovat žádné tmavé skvrny.

Výraznou barevnou změnu lze pozorovat i vzorků natřených Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA, které jsou výrazně světlejší oproti původnímu stavu před vystavením povětrnosti. Nicméně u těchto vzorků se neprojevuje žádné zašednutí ani tmavé skvrny. Povrchová struktura je u všech vzorků jen nepatrně narušena. Obrazová dokumentace v tabulce (tabulka č. 6) níže.











Tabulka 6: Skeny termodřeva smrku

Vzorek/doba expozice	0 měsíců	6 měsíců
REF- S		
S-1-1		
S-1-2		
S-2-1		
S-2-2		

5.4.2 Termodřevo borovice

Vizuální hodnocení termodřeva borovice též potvrdilo výše zmíněné zkoušky. U referenčního vzorku je znatelné výrazné zšednutí povrchu. I přesto, že by termodřevo mělo mít vyšší odolnost vůči plísním, tak lze v levé spodní části vzorku jsou dobře rozeznat plísně již po šesti měsíčním testování. Vzorky ošetřené tenkovrstvou lazurou jsou taky silně degradované, s výraznou barevnou změnou u obou vzorků a u vzorku B-1-2 je i patrná přítomnost plísní. Vzorky, které byly natřeny silnovrstvou lazurou velmi zesvětlaly. Avšak povrch vypadá neporušený, pouze u vzorku B-2-1 je plíseň v pravém dolním rohu, kde se držela voda, což bylo zapříčiněno uložením ve stojanu. Všechny vzorky lze vidět v tabulce (tabulka č. 7) níže.

Tabulka 7: Skeny termodřeva borovice

Vzorek/doba expozice	0 měsíců	6 měsíců
REF- B		
B-1-1		
B-1-2		
B-2-1		
B-2-2		






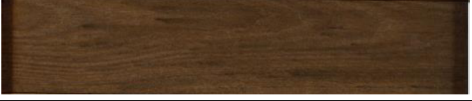

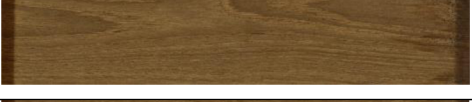


5.4.3 Termodřevo jasan

Vzorek z termodřeva jasanu, který nebyl nijak ošetřen degradoval nejvíce ze všech vzorků, barevná změna, ztráta lesku a výrazné zašednutí. Navíc se na povrchu objevily praskliny a po celém povrchu se vyskytují plísně. Vysoký výskyt plísní příkládám tomu, že jasanové dřevo je nejvíce pórovité a plísně se v pórech jednoduše uchyť.

U vzorků s povrchovou úpravou provedenou Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA lze pozorovat, že nátěr ochránil vzorek před vznikem prasklin a částečně i proti plísním, které se vyskytují pouze v malém množství. Barevná změna je opět

výrazná. Pokud se podíváme na vzorky ošetřené Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA, můžeme pozorovat výraznou barevnou změnu, vznik malých prasklin a u vzorku J-2-1 se vyskytují plísně. V tabulce (tabulka č. 8) lze vidět všechny popsané změny výše.

Tabulka 8: Skeny termodřeva jasanu

Vzorek/doba expozice	0 měsíců	6 měsíců
REF- J		
J-1-1		
J-1-2		
J-2-1		
J-2-2		

5.4.4 Celkové porovnání

Vizuální hodnocení bylo prováděno po šesti měsících přirozeného stárnutí. Nejdříve došlo k barevné změně zapříčiněné degradací ligninu a extraktivních látek, tato změna se projevuje ztmavnutím. Následně došlo k zešednutí vzorků díky působení vody a usazení nečistot. Zešednutí lze pozorovat hlavně u neošetřených vzorků, ale v menší míře se projevuje i vzorků opatřených nátěry. Dále lze pozorovat vznik plísní, a to i přes to, že by termicky upravené dřevo mělo mít zvýšenou odolnost vůči plísním. Lze pozorovat i vznik trhlin, a to především u neošetřeného termodřeva jasanu, v menší míře pak u ostatních dřevin. Trhliny probíhají v podstatě pouze ve směru vláken.

Všeobecně lze z vizuálního hodnocení říci, že transparentní nátěrové systémy nedokáží zabránit barevné změně a poměrně rychle degradují, ale ve srovnání s neošetřenými vzorky stárnutí zpomalí a zmírňují zašednutí. Snižují i výskyt plísní a prasklin. Po šesti měsíčním vystavení povětrnosti však výsledek není příliš příznivý ani u jedno z použitých nátěrů.

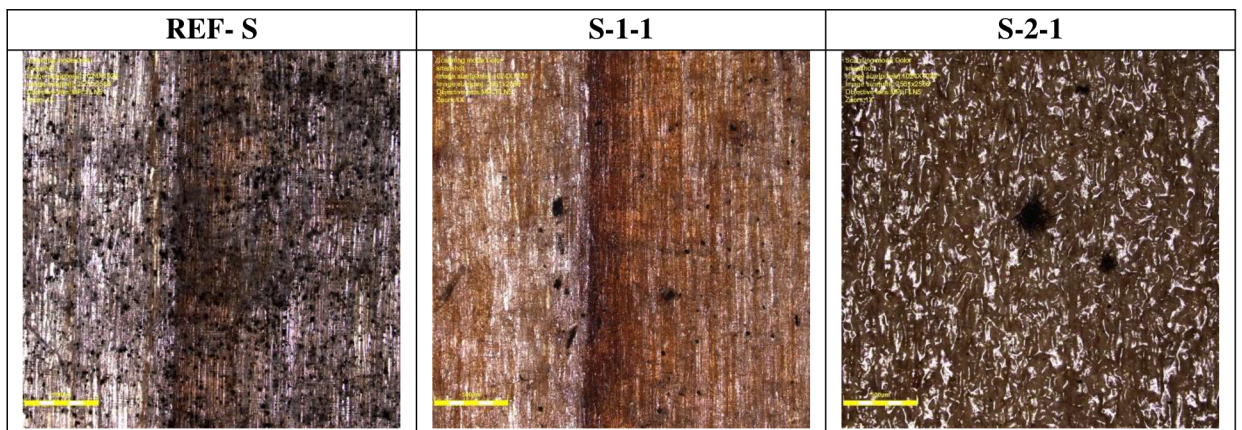
5.5 Mikroskopické vyhodnocení

V následujících podkapitolách jsou detailně zobrazeny snímky z laserového mikroskopu. Snímky jsou po šesti měsíční venkovní expozici. U všech testovaných druhů dřevin i nátěrů je možné pozorovat zešednutí povrchu, které je způsobeno usazováním nečistot do narušeného povrchu a růstem plísní. Eroze povrchu, která byla výraznější v jarním dřevě s nižší hustotou, je rovněž pozorovatelná jako další rys degradovaného povrchu dřeva.

5.5.1 Termodřevo smrk

U smrkového termodřeva lze pozorovat největší výskyt plísní a nečistot u referenčního vzorku ze všech vzorků. Lze pozorovat v tabulce níže (tabulka č. 9).

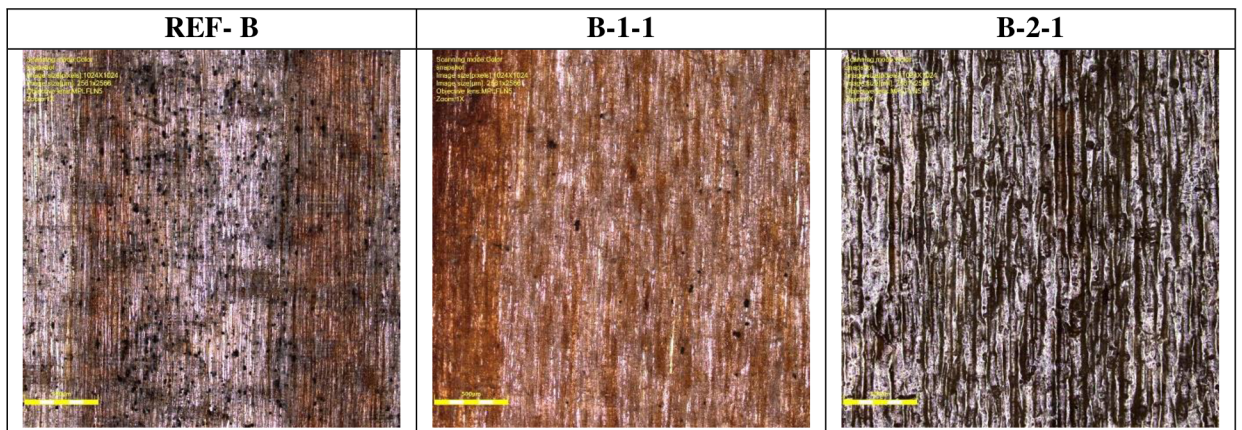
Tabulka 9: Mikroskopické snímky termodřeva smrku



5.5.2 Termodřevo borovice

Jak je vidět v tabulce (tabulka č. 10) termoborovice je plísní zasažena méně než smrk i jasan. Ovšem plísně a nečistoty se zde i tak vyskytují především v jarním dřevě.

Tabulka 10: Mikroskopické snímky termodřeva borovice



5.5.3 Termodřevo jasan

Na vzorcích z jasanového termodřeva lze vidět výskyt plísní u všech vzorků. Nejvíce plísní pozorujeme na referenčním neošetřeném vzorku. Největší praskliny u vzorku J-2-1. Obrazová dokumentace se nachází v tabulce (tabulka č. 11) níže.

Tabulka 11: Mikroskopické snímky termodřeva jasanu



6 Diskuze

V této kapitole budou shrnuty poznatky z experimentální části diplomové práce. Jaký byl vliv přirozeného stárnutí jak na jednotlivé nátěry, tak i na jednotlivé dřeviny, ale i na referenční vzorek.

Pokud někdo uvažuje o obložení svého domu termicky upraveným dřevem, bude ho zajímat především stálost barvy a celkový vizuální dojem. Podle výsledků z práce (Jämsä et al. 2000), kde byly zkoumány vlivy abiotických činitelů na tepelně upravené dřevo v časovém horizontu pěti let se ukázalo, že termodřevo, které není opatřené žádnou formou povrchové úpravy není odolné vůči abiotickým činitelům a výrazně šedne, což se v mém výzkumu projevilo již po šesti měsíční venkovní expozici.

Dle práce Lišková (2016) je praskání u tepelně upraveného dřeva na stejné úrovni jako u neošetřeného dřeva, i přes to že tepelně upravené dřevo má nižší vlhkost. Experiment v této práci trval 4 měsíce a bylo prokázáno, že povrchová úprava, v tomto případě oleje, nezabránila praskání dřeva. Mimo jiné v ní byl testován i lazurovací lak, který měl sice horší výsledky stran barevných změn, avšak nedošlo u něj k popraskání vzorků, stejně jako v případě mých testovaných vzorků.

Ve srovnání s prací Šantora (2020) došlo k podobnému vyhodnocení výsledků a experiment také trval 6 měsíců a jako nátěrovou hmotu použil lazury. Také popsal nejvýraznější šednutí u vzorků referenčních, tedy povrchově neupravených. U těch upravených došlo k pouze minimálnímu šednutí, vzorky spíše ztrácely na barvě a lesku. Co se týká prasklin, nejvíce jsme jich oba pozorovaly u neupraveného dřeva. U dřeva ošetřeného se praskliny objevily jen v minimální míře a jednalo se spíše o povrchové prasklinky.

Většina výrobců či dodavatelů termodřeva garantuje záruku, že termicky modifikované dřevo, je použitelné v exteriéru i bez provedení povrchové úpravy bez výrazného vlivu na životnost materiálu. (www.pechar.cz), ale dodávají, že pokud chceme předejít šednutí a změnám barvy materiál by měl být povrchově ošetřen.

K podobnému efektu, ačkoli ne tak výraznému došlo i u mých výše uvedených vzorků. I přesto, že experiment probíhal pouze šest měsíců, šednutí bylo u referenčních vzorků výrazné, u vzorků ošetřených nátěrem minimální. Po 6 měsících bylo také zřetelné, že vzorky ošetřené nátěrem se nevyhnuly popraskání a tvorbě trhlin, které byly v této fázi pouze povrchové. Na délku měly 3-8 centimetrů a objevily se pouze u referenčních vzorků.

Nátěry tedy dřevo ochránily, jak před výrazným šednutím, tak i před tvorbou prasklin. Pokud tedy uvažujeme pouze těchto 6 měsíců, předpokladem je, že pokud by se jednalo

o delší časový interval, tak by změny způsobené abiotickými činiteli byly podstatně výraznější.

Zajímavý je rozdíl mezi termodřevem a surovým neupraveným dřevem. Stran odolnosti vůči povětrnostním vlivům je totiž termodřevo prakticky srovnatelné s neupraveným dřevem. Vezmeme-li ovšem v úvahu, že do termodřeva vkládáme navíc velké množství energie a je tedy mnohonásobně dražší, je ke zvážení, zda není výhodnější používat dřevo neupravené.

Hlavní výhodou tedy u termodřeva zůstává odolnost vůči biotickým činitelům a jeho rozměrová stálost (Pánek, 2015).

6.1 Doporučení pro praxi

Pokud se rozhodnete použít termodřevo na fasádu vaší budovy, doporučuji vám následující postupy a opatření k minimalizaci vlivů povětrnostních podmínek a zachování jeho estetické hodnoty:

- **Správná instalace:** Je důležité zajistit, aby bylo termodřevo správně instalováno a uchyceno na fasádu. Nejlepší je využít profesionálního instalatéra, který má zkušenosti s prací s termodřevem. Správné uchycení pomůže minimalizovat průnik vody a vlhkosti a zabraňuje tak vzniku plísní a hniloby.
- **Předúprava termodřeva:** je vhodné ho ošetřit ochrannými prostředky, jako je například olejová lazura nebo barva, které ochrání termodřevo před povětrnostními vlivy. Je také možné využít speciální impregnace, které pomáhají snížit vstřebávání vlhkosti.
- **Údržba:** Pravidelná údržba je klíčová pro zachování estetické hodnoty termodřeva. Pravidelně kontrolujte stav fasády a případné poškození opravujte. Je také vhodné fasádu čistit a provádět ošetření ochrannými prostředky pravidelně v závislosti na počasí.
- **Výběr kvalitního termodřeva:** Kvalita termodřeva je důležitá pro zachování estetické hodnoty a trvanlivosti. Vyberte si termodřevo s co nejmenším množstvím trhlin a defektů. Doporučuji zvolit si termodřevo s certifikátem kvality, který garantuje jeho trvanlivost.

- Správný návrh fasády: Správný návrh fasády je klíčový pro minimalizaci vlivů povětrnostních podmínek. Je vhodné zvolit takový tvar fasády, který minimalizuje expozici termodřeva slunci a dešti. Zvažte například využití výklenků nebo stříšek, které poskytnou termodřevu ochranu.
- Při této práci byla využita jižní expozice pod úhlem 45° , jak je stanoveno v normě ČSN EN 927. Je třeba mít na paměti, že tato expozice patří k nejhorším možnostem a výrobky vystavené takovému prostředí dosahují výrazně nižší životnosti ve srovnání s vertikální expozicí.

7 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo otestovat vybrané povrchové úpravy na termodřevě. Konkrétně byly testovány dva nátěry a to Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA, Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA. Tyto nátěry byly testovány na termicky upraveném dřevě smrku, borovice a jasanu. Zakoupené řezivo ze kterého jsem vyrobil vzorky byly všechny termicky upravené na stupeň THERMO – D.

Výsledky v experimentální části potvrzují, že transparentní nátěrové hmoty nemají v exteriéru příliš vysokou odolnost. Abych mohl otestovat nátěrové látky byly použity zkoušky změny barvy, změny lesku a změny kontaktního úhlu. Vysoké barevné změny, které odpovídají změně v jinou barvu byly zaznamenány u všech testovaných vzorků. Ze zkoušky na změnu lesku je patrné, že při použití Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA mají tyto vzorky nejvyšší lesk, ovšem lesk také po vystavení povětrnosti nejrychleji ztrácí. Nízký lesk byl naměřen u druhého nátěru, který se ale také pomalu snižuje.

Při změně kontaktního úhlu bylo pozorováno, že nejvyšší kontaktní úhel byl zaznamenán u Lignofix TENKOVSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA napříč všemi dřevinami. Který po šestiměsíční venkovní expozici podle normy ČSN EN 927-3, degradoval rychleji než nátěr Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA, který měl sice menší kontaktní úhel, ale po šestiměsíční expozici u něj byly naměřeny téměř stejné kontaktní úhly jako při prvním měření.

Dále bylo provedeno vizuální hodnocení makroskopické i mikroskopické. Z přiložených makroskopických fotek je velice dobře vidět barevná změna, výskyt plísně a prasklin. Mikroskopické hodnocení jen potvrzuje přítomnost plísní a nečistot, spolu s prasklinami. Termicky upravené dřevo by mělo mít zvýšenou odolnost vůči plísním a vyšší rozměrovou stabilitu, díky tomu by mělo odolávat vzniku trhlin lépe než neupravené dřevo. Bohužel i tak se při testování objevily jak plísně, tak trhliny.

Celkově lze říci, že použití vybraných nátěrových systému prodlouží životnost fasády z termodřeva všech testovaných druhů.

8 Literatura

- Ali, M.A., Ooi, T.L., Salmiah, A., Ishiaku, U.S. and Ishak, Z.M., 2001. New polyester acrylate resins from palm oil for wood coating application. *Journal of Applied Polymer Science*, 79(12), pp.2156-2163.
- BAIER, J. a Z. TÝN. *Ochrana dřeva*. Vyd. 3., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-716-9275-1.
- BARTÁK, K. *Fasády a jejich rekonstrukce*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-716-9358-8.
- DE MEIJER, M. Review on the durability of exterior wood coatings with reduced VOC-content. *Progress in organic coatings*. 2001, vol. 43, no. 4, s. 217-225.
- EVANS, Philip 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.
- FEIST, W. C. Outdoor wood weathering and protection. In: *Archaeological wood: properties, chemistry, and preservation*. Advances in Chemistry Series 225. Proceedings of 196th meeting of the American Chemical Society. 1990. p. 25-28.
- GABRIEL, I. *Dřevěné fasády: materiály, návrhy, realizace*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-802-4738-192.
- GANDELOVÁ, L. a P. HORÁČEK. *Nauka o dřevě*. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2002. ISBN 80-715-7577-1.
- HÁJEK, V. *Truhlářské práce*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-716-9418-5.
- Hejdová, M., 2011. Ochranné nátěry na dřevo vůči UV záření,
- HILL, Callum A. S. *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. 2. nezm. vyd. Chichester: John Wiley, c2006. ISBN 978-0-470-02172-9.
- HIMMELHUBER, P. *Dřevěné terasy*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4003-4.
- HON, D.N.S.; CHANG, S.T. Surface degradation of wood by ultraviolet light. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. 1984, vol. 22, no. 9, s. 2227-2241.
- HUMHAL, J. *Povrchové úpravy dřeva a jejich vazby na konstrukční systémy*. Praha, 2012. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze.
- KAILA, P. Sunshine: the worst enemy of wooden façades. In: *Old cultures in new worlds*. 8th ICOMOS General Assembly and International Symposium. Programme report - Compte rendu. 1987, s. 333-338.
- KALENDOVÁ, A. a P. KALENDA. *Technologie nátěrových hmot I.: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-719-4691-5.
- KALNINS, M. A.; FEIST, W. C. Increase in wettability of wood with weathering. *Forest Products Journal*. 1993, vol. 43, no. 2, s. 55.
- KOLB, J. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

- KUČEROVÁ, I. Atmosférická degradace dřeva. VŠCHT – Ústav chemické technologie restaurování památek. Korozie a ochrana materiálu. 2005, vol 49, no. 1, s. 9-12.
- LANK, J. a P. HLAVÁČEK. *Rekonstrukce fasád*. Brno: ERA, 2006. Stavíme. ISBN 80-736-6072-5.
- LIPTÁKOVÁ, E. a M. SEDLIČEK. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 80-05-00116-9.
- Lokaj, A. and Vavrušová, K., 2010. Wood impact bending strength laboratory tests. Civil Engineering Series, 10(1).
- LOKAJ, A. *Dřevostavby a dřevěné konstrukce*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.
- MANDÍK, L.; KAŠPAR, F. Výběr rozpouštědel pro filmotvorné látky. Pardubice: VÚ SPL Pardubice, 1972. 345 s. ISBN neuvedeno
- MIKLEČIČ, J.; TURKULIN, H.; JIROUŠ-RAJKOVIČ, V. Weathering performance of surface of thermally modified wood finished with nanoparticlesmodified waterborne polyacrylate coatings. Applied Surface Science. 2017, vol. 408, s. 103-109.
- OBERHOFNEROVÁ, E., M. PÁNEK a A. GARCÍA-CIMARRAS. The effect of natural weathering on untreated wood surface. *Maderas. Ciencia y tecnología*. 2017, (ahead), 0-0. ISSN 0718-221X. Dostupné z: doi:10.4067/S0718-221X2017005000015.
- PÁNEK, M. Nátěry na dřevo a jejich testování. Vyd.1. Praha: FLD-ČZU v Praze, 2015. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7.
- PÁNEK, M. Nátěry na dřevo a jejich testování. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí. 2015. 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7.
- PROKOM R&S s.r.o. *PROKOM R&S s.r.o.* [online]. [cit. 2023-03-16]. Dostupné z: <https://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/128-drevene-profil-y-tepelne-upravene-specialni-technologie-thermowood>
- REINPRECHT, L. and ŠUPINA, P., 2015. Comparative evaluation of inspection techniques for impregnated wood utility poles: Ultrasonic, drill-resistive, and CT-scanning assessments. European Journal of Wood and Wood Products, 73(6), pp.741-751.
- REINPRECHT, L., TIŇO, R. and ŠOMŠÁK, M., 2020. The impact of fungicides, plasma, UVadditives and weathering on the adhesion strength of acrylic and alkyd coatings to the Norway spruce wood. Coatings, 10(11), p.1111.
- REINPRECHT, L. a M. PÁNEK. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. 2. nezm. vyd. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.
- REINPRECHT, L. a Z. VIDHOLDOVÁ. *Termodrevo: príprava, vlastnosti a aplikácie*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. ISBN 978-80-228-1920-6.
- REINPRECHT, L. *Ochrana dreva: vysokoškolská učebnica*. 2. nezm. vyd. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.

RUŽINSKÁ, E. *Plasty a náterové látky v drevárskom priemysle*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2005. 166 s. ISBN 80-228-1518-7.

Sehlstedt-Persson, Margot. (2003). Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from Pine and Spruce.

ŠTĚRBOVÁ, I., OBERHOFNEROVÁ, E., PÁNEK, M., DVOŘÁK, O., PAVELEK, M., Influence of different exposition of larch wood facade models on their surface degradation processes publikovaný článok/ Central European Forestry Journal (2021).

TOLVAJ, L. and MITSUI, K., 2004. Surface preparation and direction dependence of diffuse reflectance infrared Fourier transform spectra of wood. *Applied spectroscopy*, 58(9), pp.1137-1140.

VOPRŠALOVÁ, M. a P. ŽÁČKOVÁ. *Základy toxikologie pro farmaceuty*. Praha: Karolinum, 1996. ISBN 80-718-4282-6.

WANG J., COOPER P.A. (2005): Properties of ht oil treated wood and the possible chemical reactions between wood and soybean oil during heat treatment. IRG/WP/05-40304,11s.

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

ZEMIAR, J., a kol. *Technológia výroby nábytku*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 289 s. ISBN 978-80-228-2064-6

ŠTEFKO, J., REINPRECHT, L. (2009): *Dřevěné stavby – konstrukce, ochrana a údržba*. (Wood buildings – constructions, protection and maintenance), Jaga group, spol. s.r.o. Bratislava, 1. vydanie, 207 s. ISBN 80-88905-95-8.

SANDBERG, D., KUTNAR, A., KARLSSON, O., JONES, D. (2021): *Wood Modifcaton Technologies Principles, Sustainability, and the Need for Innovation*; CRC Press - Taylor & Francis Group, LLC.: New York, U.S. 442s., ISBN: 978-1-138-49177-9.

JÄMSÄ, S., AHOLA, P., & VIITANIEMI, P. (2000). Long-term natural weathering of coated ThermoWood. *Pigment and Resin Technology*, 29(2), 68-74.
<https://doi.org/10.1108/03699420010317807>

Seznamy obrázků, tabulek a grafů

Obrázek 1: Proces výroby materiálu ThermoWood	15
Obrázek 2: Lignofix silnovrstvá lazura	34
Obrázek 3: Lignofix tenkovrstvá syntetická lazura	35
Obrázek 4: Uložení do stojanů	35
Obrázek 5: Barevné spektrum.....	36
Obrázek 6: Spektrofotometr.....	37
Obrázek 7: Lesoměr	38
Obrázek 8: Kontaktní úhel.....	39
Obrázek 9: Goniometr.....	40
Tabulka 1: Třídy trvanlivosti vybraných dřevin při kontaktu se zemí.....	13
Tabulka 2: Rozdělení listnatých dřevin s termickou úpravou ThermoWood	16
Tabulka 3: Rozdělení jehličnatých dřevin s termickou úpravou ThermoWood	16
Tabulka 4: Testovací cykly QUV komory dle normy ČSN EN 927-6 (2019)	31
Tabulka 5: Barevné změny	37
Tabulka 6: Skeny termodřeva smrku	51
Tabulka 7: Skeny termodřeva borovice.....	52
Tabulka 8: Skeny termodřeva jasanu	53
Tabulka 9: Mikroskopické snímky termodřeva smrku	54
Tabulka 10: Mikroskopické snímky termodřeva borovice.....	55
Tabulka 11: Mikroskopické snímky termodřeva jasanu	55
Graf 1: Barevná změna termodřeva smrku	42
Graf 2: Barevná změna termodřeva borovice.....	43
Graf 3: Barevná změna termodřeva jasanu	44
Graf 4: Změna lesku termodřeva smrku	45
Graf 5: Změna lesku termodřeva borovice	46
Graf 6: Změna lesku termodřeva jasanu.....	47
Graf 7: Změna kontaktního úhlu termodřeva smrku	48
Graf 8: Změna kontaktního úhlu termodřeva borovice.....	49
Graf 9: Změna kontaktního úhlu termodřeva jasanu	50

Lignofix TENKOVĚSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA

Olejořá syntetická lazura



Použití

Lignofix TENKOVĚSTVÁ SYNTETICKÁ LAZURA s vysokým penetračním účinkem určena pro hedvábně matné dekorativní nátěry dřevěných povrchů v exteriéru i interiéru jako jsou ploty, pergoly, chaty, zahradní nábytek, okna, dveře, obložení balkonů a fasád apod. Není samostatně vhodná k nátěrům pochozích ploch. **Výrobek je schválen pro použití na dětské hračky.**



Upozornění

Lazura není určena k sanaci napadeného dřeva – pro prevenci/likvidaci dřevokazných škůdců použijte vhodný impregnační přípravek Lignofix s biocidním účinkem a před aplikací lazury nechte důkladně zaschnout minimálně 3 dny. U natíraných dřevěných předmětů nesmí během užívání docházet velkým objemovým změnám (např. způsobeným nevhodnou dřevinou, vysokou vlhkostí a jejím kolísáním).

Vlastnosti

Lazura se vyznačuje výtečnou penetrací do dřeva, zvýšenou vodoodpudivostí, velmi snadnou obnovitelností starého nátěru a výbornou přilnavostí dalšího nátěru. Barevný nátěr je dlouhodobě odolný vůči povětrnostním vlivům a UV záření, nepraská a neloupe se. Bezbarvý odstín není samostatně vhodný pro nátěry v exteriéru. Lze jej použít k zesvětlení ostatních odstínů.

Složení: Lazura na bázi syntetických pryskyřic a vysychavých olejů s obsahem rozpouštědel, pigmentů a speciálních přísad.

Odstíny: Bezbarvý, pinie, dub, mahagon, zlatý dub, ořech. Výsledný odstín závisí na druhu a řezu natíraného dřeva a počtu aplikovaných vrstev! Všechny odstíny jsou vzájemně mísitelné.

Výsledný vzhled konkrétního nátěrového odstínu závisí na druhu a kvalitě použitého dřeva, dále na počtu a tloušťce vrstev. Výrobce garantuje shodu barevného odstínu v rámci šarže, různé šarže před aplikací smíchejte.

Parametry barvy

Vzhled	Nízko-viskózní kapalina, barva dle odstínu
Obsah sušiny hmotnostně	Cca 35 %
Hustota	840 kg/m ³
Limitní hodnota VOC (kat. A/h)	750 g/l
Maximální obsah VOC ve stavu k použití	650 g/l

Parametry nátěru

Bezpečnost hraček dle ČSN EN 71-3 část 3	Shoda vlastností s požadavky technické specifikace
--	--

Příprava podkladu

Povrch dřeva musí být dokonale vybroušen po letech, suchý, čistý, bez zbytků prachu např. po broušení, nesmí být znečištěn olejem, silikonovými tmeľi apod. Eventuální výrony pryskyřic musí být odstraněny vymytím vhodnými rozpouštědly (např. nitroředidlem). Před aplikací lazury lze dřevo ošetřit libovolným impregnačním přípravkem řady Lignofix (E-Profi, I-Profi, Super). Důležité je dodržení předepsaného ředění koncentráту impregnačního přípravku dle návodu a následně řádné zaschnutí ošetřovaného povrchu. Vlhkost natíraného dřeva maximálně 12 %, vlhkost vzduchu do 80 %. U dřeva s vysokým obsahem dřevozbarvujících látek (dub, akát, modřín, exotické) je nutné před aplikací nátěru vystavit dřevo dostatečně dlouho působení povětrnosti (dešť), aby se vymyly třísloviny a nedocházelo k jejich vyplavování a znečištění navazujících konstrukcí či kvádřím v nátěru.

Lignofix TENKOVRSVÁ SYNTETICKÁ LAZURA

Olejoená syntetická lazura



Ředění

Dodává se v aplikační konzistenci, **neředit!**

Způsob nanášení

Štětcem.

Návod k použití

Před použitím důkladně promíchat, **neředit!** Nátěr se provádí za stálého a suchého počasí při teplotách 10-25 °C, do zaschnutí se doporučuje chránit natírané plochy před interzivním přímým slunečním svitem. Lazura se nanáší štětcem ve směru vláken. Přebytek laku, který se nevsákne během 10-20 minut je třeba setřít suchým štětcem. Interval mezi nanášením jednotlivých vrstev je 8-14 hodin. Do interiéru se aplikují 2 vrstvy, pro exteriér 3 vrstvy, příčné vrstvy dřeva je nutno chránit před vlhkostí.

POZOR: Organické hořlavé pevné materiály s velkým povrchem (hadry, buničitá vata, atd.) znečištěné přípravkem se mohou samy vznítit a způsobit požár! Hadříky na čištění a pracovní oděvy kontaminované přípravkem je nutné po použití okamžitě vyprat nebo uchovávat ve vzduchotěsné kovové nádobě a skladovat mimo interiéru.

Výdatnost

10-14 m²/l v jedné vrstvě.

Údržba

Pracovní pomůcky okamžitě po skončení práce omýt ředidlem S 6006 nebo technickým benzinem.

Skladování

Skladovat a přepravovat pouze v původních dokonale uzavřených obalech, uchovávat v dobře větraných skladech při teplotách +5 až +25 °C. Ukládejte odděleně od potravin, krmiv a léků, mimo dosah ohně a zdrojů vznicení, neponechávat v blízkosti horkých povrchů. Skladujte mimo dosah dětí. Výrobek nesmí zmraznout.

Záruční doba

36 měsíců od data výroby při dodržení podmínek skladování.

Požární technická charakteristika: Výrobek je hořlavá kapalina III. třídy ve smyslu ČSN 650201.

Upozornění: Výrobce neručí za škody způsobené výrobkem při jeho nevhodném použití a aplikaci. **Po užití tohoto přípravku bezpečně. Před použitím si vždy pozorně přečtěte údaje na obalu a případně informace o přípravku. Pokyny pro bezpečné zacházení, první pomoc a nakládání s odpadem: viz etiketa a bezpečnostní list (ke stažení na www.stachema.cz).**

Před použitím se doporučuje vyzkoušet odstín lazury na vzorku dřeva.

Balení

0,6 a 2,2 l.

Datum revize: 1.10.2022

Vydáním tohoto technického listu pozbývají předchozí své platnosti.

Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA

Silnovrstvá vodou ředitelná lazura



Použití

Silnovrstvá vodou ředitelná lazura Lignofix je určena pro všechny dřevěné povrchy v exteriérech a interiérech - obložení balkonů a fasád, pergoly, zahradní nábytek, okna, dveře apod. Lazura Lignofix je určena i pro průmyslové aplikace na všechny dřevěné povrchy. Není samostatně vhodná k nátěrům pochůzkových ploch. Lazura Lignofix chrání dřevo před povětrnostními vlivy a stárnutím. Je také určena pro interiéry s vysokými nároky na hygienu - jídelny, školy, nemocnice apod. Nátěr může přijít do náhodného styku s potravinami, není však pro tento účel určen. **Dřevo napadené biotickými škůdci nebo dřevo určené do exteriéru je nutno nejprve ošetřit vhodným biocidním přípravkem řady Lignofix.**

Schválení

Výrobek splňuje požadavky zákona č. 22/1997 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Na výrobek bylo vydáno prohlášení o shodě. **Výrobek je schválen pro použití na dětské hračky.** Výrobek není hořlavá kapalina ve smyslu ČSN 65 0201.

Ochranné účinky

Lazura je odolná, lehce přetíratelná, s dobrou přilnavostí k podkladu, pružná a bez zápachu. Chrání před povětrnostními vlivy, stříkající vodou a zašpiněním.

Složení

Směs vody a akrylátové disperze s přísadami aditiv, v odstínech směs transparentních pigmentů. Bezbarvá varianta má navíc UV filtr.

Odstíny

Pinie, dub, třešeň, mahagon, meranti, zlatý dub, ořech, wenge, bílý, bílošedý, hnědošedý, šedý antika bezbarvý s UV filtrem. Výsledný odstín závisí na druhu a řezu natíraného dřeva a počtu aplikovaných vrstev! Všechny odstíny jsou vzájemně mísitelné, k zesvětlení barevných odstínů lze použít bezbarvý odstín v přidavku max. 10%.

Vzhled nátěru

Sametový lesk.

Parametry

hustota	1040 kg/m ³
obsah netěkavých složek	cca 30 %
pH	8,5

Příprava podkladu

Podklad musí být po letech zbroušený, suchý, čistý, bez zbytků prachu např. po broušení. Nesmí být znečištěn olejem, silikonovými smělemi a jinými vodou odpuzujícími látkami. Eventuální výrony pryskyřic musí být odstraněny vymytím vhodnými rozpouštědly (např. nitroředidlem). Nesoudržné staré nátěry je nutné odstranit, soudržné zbrusit do matova. Dřevo obsahující větší množství pryskyřic se nehodí pro použití v exteriéru.

Lignofix SILNOVRSTVÁ LAZURA

Silnovrstvá vodou ředitelná lazura



Aplikace

Lazuru před použitím důkladně promíchejte. Vlhkost natíraného dřeva by měla být v rozmezí 10-12 %. Po proschnutí prvního nátěru (cca 12 hodin) se povrch přebrousí jemným smirkovým plátnem. Tím se odstraní drobná vlákna dřeva a získá se dokonalější povrch. Poté se aplikuje druhý nátěr. V případě aplikace v exteriéru se nanese stejným způsobem nátěr třetí. Je nutno dbát na rovnoměrnost aplikace, zejména na případné kapky (cca 2-5 minut po provedení nátěru se doporučuje stáhnout případné kapky polosuchým štětcem).

Nátěr je přetíratelný po 2-4 hodinách při teplotě 20 °C, plně zatělitelný je po 48 hodinách při teplotě +20 °C. Aplikací rozmezí teplot pro nanášení je +5 až +25 °C. Nejlepších výsledků se však dosáhne při teplotě +18 až +22 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 %.

Při aplikaci je nutné chránit natírané plochy před slunečním svitem a do úplného proschnutí před deštěm!

Ředění

Dodává se v aplikační konzistenci, pro první vrstvu ředit 10-15 % vody.

Způsob nanášení

Válečkem, štětcem, stříkáním, máčením.

Výdatnost

10-15 m²/l v jedné vrstvě.

Údržba

Pomůcky po skončení práce omýt vodou.

Skladování a přeprava

Skladovat lze v originálních do kotle uzavřených obalech, odděleně od potravin, nápojů a krmiv, při teplotě od +5 °C do +25 °C. Přepravovat pouze při teplotách od +5 °C do +35 °C. VÝROBEK NESMÍ ZMRZNOUIT.

Záruční doba

36 měsíců od data výroby při dodržení podmínek skladování.

Upozornění

Výrobce neručí za škody způsobené výrobkem při jeho nevhodném použití a aplikaci. **Používejte tento přípravek bezpečně. Před použitím si vždy pozorně přečtěte údaje na obalu a připojené informace o přípravku. Pokyny pro bezpečné zacházení, první pomoc a nakládání s odpadem: viz etiketa a bezpečnostní list (ke stažení na www.stachema.cz).**

Balení

0,75 a 2,5 litru.

Datum revize: 18. 10. 2019

Vydáním tohoto technického listu pozbývají předchozí své platnosti.