

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ
KATEDRA DŘEVĚNÝCH VÝROBKŮ A KONSTRUKCÍ**

**TESTOVÁNÍ POVRCHOVÝCH ÚPRAV TERMICKY
MODIFIKOVANÉHO BUKOVÉHO DŘEVA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: Bc. Markéta Pelzerová

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pánek, Ph.D.

2017



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Autorka práce: Bc. Markéta Pelzerová
Studijní program: Dřevařské inženýrství
Obor: Dřevařské inženýrství

Vedoucí práce: Ing. Miloš Pánek, Ph.D.
Garantující pracoviště: Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí
Jazyk práce: Čeština

Název práce: **Testování povrchových úprav termicky modifikovaného bukového dřeva**

Název anglicky: **Testing of surface treatments on thermally modified beech wood**

Cíle práce: Cílem práce je testováním zjistit vhodnou povrchovou úpravu termicky modifikovaného bukového dřeva pro využití v exteriéru.

Metodika: Termicky modifikované bukové dřevo má lepší přirozenou trvanlivost jako v nativním stavu a je vhodné pro exteriérové použití bez hloubkové impregnace. Vlivem povětrnosti však rychle ztrácí původní barvu a dochází k povrchovým degradacím. Ty je možné zpomalit vhodnou povrchovou úpravou nebo aplikací nátěrového systému. Pro jejich testy lze využít dlouhodobé testy přirozeného stárnutí nebo testy urychleným stárnutím v UV-komorách.

1. Na teplotně upravené vzorky bukového dřeva aplikovat vybrané nátěrové systémy a povrchové úpravy. Souběžně použít i referenční vzorky bez termické modifikace a bez povrchových úprav.
2. Zkušební vzorky vystavit umělému urychlenému stárnutí v xenotestu dle ČSN EN 927-6
3. V průběhu a na konci testu vyhodnotit změny vybraných vlastností povrchů testovaného termicky modifikovaného buku s povrchovými úpravami.
4. Na základě statistické analýzy dosažených výsledků vyhodnotit nejkvalitnější z vybraných testovaných povrchových úprav.

Doporučený rozsah práce: 70 s.

Klíčová slova: buk, termická modifikace, povětrnost, testování, povrchová úprava

Doporučené zdroje informací:

1. Evans, P. D., Haase, J. G., Shakri, A., Seman, B. M., Kiguchi, M. (2015): The search for

2. durable exterior clear coatings for wood. Coatings 5, 830-864. DOI:10.3390/coatings5040830.
2. Hill, C. A. S. (2006): Wood Modification - Chemical, Thermal and Other Processes, John Wiley and Sons Ltd, Chichester, UK. ISBN 0-470-02172-1
 3. Jamsa, S., Ahola, P., Viitaniemi, P. (2000): Long-term natural weathering of coated ThermoWood. Pigment and Resin Technology. 29(2), 68-74 ISSN:03699420
 4. Pánek, M. (2015): Nátěry na dřevo a jejich testování, FLD-CZU v Praze, 1. Vydání, 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7
 5. Reinprecht, L., Vidholdová, Z. (2008): Termodrevo, Monografia, TU- Zvolen, 86 s. ISBN 978-80-228-1920-6
 6. Reinprecht, L., (2008): Ochrana dreva. (Wood Protection), Handbook, Technical University in Zvolen, 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6

Předběžný termín obhajoby: 2016/17 LS - FLD

Elektronicky schváleno: 25. 1. 2017

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 29. 1. 2017

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Testování povrchových úprav termicky modifikovaného bukového dřeva vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miloše Pánka, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

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

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

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu Ing. Miloši Pánkovi, Ph.D. za odborné vedení, rady, trpělivost a pomoc při vypracování této práce.

Abstrakt

Autor: Bc. Pelzerová Markéta

Název práce: Testování povrchových úprav termicky modifikovaného bukového dřeva

Diplomová práce je zaměřena na testování vybraných nátěrových systémů aplikovaných na termicky modifikované a nativní dřevo buku lesního (*Fagus sylvatica*) pro využití v exteriéru.

Na dřevo ve venkovní expozici působí biotičtí a abiotičtí činitelé, dochází k fotodegradaci a ztrátě trvanlivosti. Pomocí termické modifikace je možné docílit nižší hygroskopicity, rozměrové stability a blokáce proti napadením mikroorganismy. Avšak díky UV záření a povětrnostním podmínkám dochází k změnám barvy a zešedivění. Z tohoto důvodu je potřeba vybrat vhodnou povrchovou ochranu.

Povrchová úprava je ovlivněna zejména náročností venkovní expozice. Při výběru vhodné nátěrové hmoty je třeba vzít v potaz klimatické a konstrukční podmínky, které výrazným způsobem působí na dřevo.

K testování nátěrových systémů byly pro tuto diplomovou práci vybrány nátěry s nanočásticemi, na bázi rostlinných olejů a silikonů s přídavkem UV absorbérů.

Zkoušení odolnosti nátěrových systémů probíhalo umělým stárnutím v xenonové komoře za působení UV, IČ záření, viditelného světla a vody. Umělé stárnutí je urychleným testem oproti zkoušení v reálných podmínkách, kde ještě mohou působit emise, kyselá dešť, mráz, mořští činitelé aj. Testy umělého stárnutí a přirozeného stárnutí se nemusí vždy shodovat.

Ze shromážděných výsledků v této práci vyplývá, že Osmo olej měl nejlepší hodnoty ve vztahu k barevné stálosti nátěru.

Nátěry Lukofob a Lukofob s UV stabilizérem měly nejlepší hydrofobní vlastnosti. Na stálost barvy neměly výrazný vliv, jaký se předpokládal zejména u nátěru Lukofob s UV stabilizérem.

Nátěry s nanočásticemi, konopný olej a reference bez nátěru se neprojevíly jako vhodné do venkovní expozice.

Klíčová slova: buk, termická modifikace, povětrnost, testování, povrchová úprava

Abstrakt

Author: Bc. Pelzerová Markéta

Title: Testing of surface treatments on thermally modified beech wood

This diploma thesis focuses on testing the selected overlay systems applied on thermally modified and natural oak wood (*Fagus sylvatica*) for use in exterior environment.

The wood in the exterior environment is influenced by biotic and abiotic factors, which is followed by the loss of durability and photo-degradation. Thermal modification enables reaching a lower hygroscopicity, the extent of stability and blocks of micro-organisms. However, the UV radiation and wind conditions cause colour changes and greying. It is the reason why it is necessary to choose an appropriate surface protection.

The surface is influenced especially by the exposure in the exterior environment. To select the appropriate overlay, it is necessary to consider the climatic and constructional conditions, which significantly influence the wood.

Overlays with nanoparticles, which were based on vegetable oils and silicones with UV absorbers, were selected for the testing of overlays.

Testing the durability of overlay systems was carried out by evoking ageing in a xenon chamber by the UV radiation, IR radiation, visible light and water. Artificial ageing is an accelerated test versus testing in natural conditions, where the wood can be influenced by other factors, such as emissions, acid rains, frost, the sea etc. The tests of artificial and natural ageing need not be in accordance.

The collected results show that the Osmo oil was the best, regarding the overlay colour durability.

The overlays Lukofob and Lukofob with a UV stabilizer had the best hydrophobic function but they did not have as significant an influence on colour durability as it was supposed, especially in overlays Lukofob with a UV stabilizer.

The overlays with nanoparticles, hemp oil and references without an overlay did not result as appropriate for the exposure in the exterior environment.

Klíčová slova: beech, thermally modified, weather, testing, surface finish

Obsah

1. ÚVOD.....	16
2. CÍL PRÁCE.....	17
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	18
3.1. Trvanlivost dřeva.....	18
3.2. Termická modifikace dřeva.....	19
3.2.1. Výroba materiálu ThermoWood.....	20
3.2.2. Faktory ovlivňující termickou úpravu dřeva a jeho chemickou strukturu..	23
3.2.3. Fyzikální a mechanické vlastnosti termodřeva.....	23
3.2.4. Použití.....	26
3.3. Nátěrové systémy.....	27
3.3.1. Adheze nátěrových systémů.....	29
3.3.2. Rozdělení nátěrových systémů.....	30
3.3.2.1. Lazury a filmotvorné nátěry.....	30
3.3.2.2. Přírodní povrchové nátěry.....	31
3.3.2.3. Alkydové a akrylové nátěry.....	32
3.3.2.4. Nátěry na bázi silikonu.....	33
3.3.2.5. Nátěry na bázi nanočástic.....	34
3.3.3. Přidávky do nátěrových systémů.....	35
3.3.3.1. Hydrofobizační a penetrační systémy.....	35
3.3.3.2. UV stabilizátory.....	36
3.3.3.3. Biocidní ochrana dřeva.....	36
3.4. Testování nátěrových systémů v exteriéru.....	37

3.4.1. Zkouška přirozeného stárnutí – ČSN EN 927-3.....	37
3.4.2. Testy urychleného stárnutí v UV komoře ČSN EN 927-6.....	38
3.4.3. Měření barvy povrchu dřeva.....	39
4. METODIKA.....	40
4.1. Příprava zkušebních vzorků.....	40
4.2. Přehled zkušebních těles.....	42
4.3. Nátěrové systémy.....	43
4.4. Postup nanášení nátěrových hmot.....	47
4.5. Měření kontaktního úhlu smáčení vodou.....	48
4.6. Testování.....	49
4.7. Přehled zařízení a materiálů použitých při zkoušení.....	51
4.8. Zkušební tělesa.....	54
4.9. Použité nátěrové hmoty.....	54
5. VÝSLEDKY.....	56
5.1. Kontaktní úhel smáčení vodou.....	56
5.2. Změna barvy.....	60
5.3. Celkové shrnutí.....	66
6. DISKUZE.....	68
6.1. Vyhodnocení kontaktního úhlu smáčení vodou a srovnání s literaturou.....	68
6.2. Vyhodnocení změny barvy a srovnání s literaturou.....	70
6.3. Vizuelní vyhodnocení vzorků.....	72
7. ZÁVĚR.....	77
8. LITERATURA A ZDROJE.....	79

9. PŘÍLOHY.....	91
-----------------	----

Seznam obrázků a tabulek

Tabulky

Tabulka 1: Třídy trvanlivosti dřeva vybraných dřevin v kontaktu se zemí – nebezpečí poškození všemi typy hniloby

Tabulka 2: Klasifikace materiálu ThermoWood.

Tabulka 3: Třídy trvanlivosti dřeva a dřevěných materiálů

Tabulka 4: Rozpětí barevné difference ΔE^*

Tabulka 5: Přehled zkušebních vzorků

Tabulka 6: Množství nátěrové látky na plochu zkušebního vzorku

Tabulka 7: Veličiny s hodnotami působící v xenonové komoře

Tabulka 8: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 9: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 10: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 11: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 12: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 13: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 14: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Tabulka 15: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas.

Obrázky

Obr. 1: Fáze výrobního procesu materiálu ThermoWood

Obr. 2: Terasové a bazénové profily z materiálu ThermoWood

Obr. 3: Exteriérové obklady z materiálu ThermoWood bez provedení povrchové úpravy

Obr. 4: Kontaktní úhel smáčení

Obr. 5: Rozhraní barev

Obr. 6: Zkušební vzorek s označenými místy, kde se měřila barva

Obr. 7: Účinek nátěru WAProtect

Obr. 8: Měření kontaktního úhlu smáčení na přístroji goniometr.

Obr. 9: Xenon Test Chamber, Model Xe – 3, Q – sun, Q – lab

Obr. 10: Xenonová komora

Obr. 11: Spektrofotometr

Obr. 12: Přístroj goniometr

Obr. 13: Laboratorní váhy

Obr. 14: Z leva do prava: ThermoWood – 210°C, 190°C, 170°C; reference – neošetřená; reference – neošetřená, nepravé jádro; ThermoWood – nepravé jádro – 170°C, 190°C, 210°C.

Obr. 15: Konopný penetrační olej značky Hemp

Obr. 16: Konopný lazurovací lak značky Hemp

Obr. 17: Impregnace dřeva značky Osmo

Obr. 18: Osmo olej na ThermoWood

Obr. 19: Lukofob D x L – výrobce Lučebni závody

Obr. 20: Nátěr WAProtect s nanočásticemi

Obr. 21: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 22: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 23: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 24: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 25: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 26: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách.

Obr. 1 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 170°C a termicky upraveného buku při 170°C.

Obr. 2 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 190°C a termicky upraveného buku při 190°C..

Obr. 3 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 210°C a termicky upraveného buku při 210°C.

Obr. 4 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky neupravené bukové reference s nepravým jádrem a termicky neupravené bukové reference..

Obr. 5 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

Obr. 6 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

Obr. 7 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

Obr. 8 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

Seznam symbolů a zkratk

m² metr čtvereční

m hmotnost

ρ hustota

kg kilogram

g gram

ΔE* barevná diference

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

a* uvádí souřadnice s odstínem mezi červenou (+60) a zelenou (-60)

b* uvádí souřadnice s odstínem mezi žlutou (+60) a modrou (-60).

UV ultrafialové záření

IČ infračervené záření

NJ nepravé jádro

B bez nepravého jádra

°C stupeň Celsia

1. Úvod

Dřevo představuje přírodní biopolymer s řadou vynikajících vlastností jako je pevnost, pružnost, lehkost a snadná opracovatelnost. Avšak jako přírodní materiál je nehomogenní a mění vlhkost podle vlhkosti okolního prostředí, čímž dochází k rozměrovým změnám. To může mít za následek snížení trvanlivosti a napadení dřeva biotickými činiteli.

Nedokonalosti dřeva je možné eliminovat pomocí termické modifikace. Procesem termického ošetření se zvyšuje trvanlivost materiálu, snižuje hygroskopicitu dřeva a zvyšuje se odolnost vůči dřevokazným houbám, hmyzu a plísním. Při použití výrobků z termicky upraveného dřeva ve venkovní expozici na materiál působí biotičtí a abiotičtí činitelé. Mezi abiotické činitele patří zejména déšť, ultrafialové záření, mráz, vítr, emise, smog aj. Tímto působením dochází k šedivění materiálu a k získávání tzv. patiny. Z tohoto důvodu je vhodné používat vhodné nátěrové systémy, které ochrání termicky modifikované dřevo proti šedivění. Nejvhodnějšími povrchovými úpravami jsou nátěry s obsahem pigmentů, které povrch chrání před fotodegradací.

Výrobky z termicky modifikovaného dřeva se využívají v exteriéru i v interiéru. Ve venkovní expozici se tento materiál používá na výrobu fasád, obkladů, teras, zahradního nábytku, dětských hřišť atd.

Termickou modifikací je možné zhodnotit méně trvanlivé tuzemské dřeviny jako je buk, olše, bříza, smrk a eliminovat tak používání tropických dřevin. V předložené diplomové práci je použit materiál ThermoWood z bukového dřeva (*Fagus sylvatica*).

2. Cíl práce

Cílem této diplomové práce je, vytvořit ucelený přehled o termicky modifikovaném dřevě a vhodných nátěrových systémech, které budou ve vzájemné interakci chránit povrch materiálu před účinky biotických a abiotických činitelů.

- otestovat vybrané nátěrové systémy termicky modifikovaného bukového dřeva pro použití ve venkovní expozici.
- vyhodnotit nátěry po zkoušce v xenonové komoře
- analyzovat odolnost nátěrové hmoty vůči smáčení vodou
- stanovit změnu barvy nátěrového systému
- posoudit odolnost a kvalitu nátěrů z naměřených hodnot

3. Literární rešerše

3.1. Trvanlivost dřeva

Dřevo představuje přírodní materiál-biopolymer rostlinného původu s všestranným využitím a řadou příznivých fyzikálních a mechanických vlastností. Jedná se o pružný, pevný a zároveň lehký materiál. Avšak dřevo jako heterogenní materiál má i řadu nedostatků jako je změna rozměrů a vlastností v důsledku vlhkosti, nízká odolnost vůči biotickým a abiotickým činitelům (Gandelová, et al., 2004).

Mezi biotické činitele zahrnujeme dřevokazné houby a hmyz, kteří dřevo znehodnocují a rozkládají. Abiotičtí činitelé ovlivňují rozklad a stárnutí dřeva za působení atmosférických, termických a chemických vlivů. Největším všeobecně působícím činitelem je atmosférická degradace, která zahrnuje sluneční záření, vodu, proudění vzduchu, vlhkost a další vlivy prostředí. Všechny tyto faktory vedou k pozvolné, avšak trvalé degradaci dřeva (Reinprecht, Pánek, 2016).

Dřeviny mají na základě anatomické stavby a chemického složení různě přirozenou trvanlivost (Gandelová, et al., 2004). Jedná se o schopnost dřeva zachovat si původní strukturu, fyzikální a mechanické vlastnosti v prostředí, kde je materiál vystaven vlhkosti a působení biologických škůdců (bakterie, plísně, dřevokazný hmyz, houby, mořské organizmy aj.). Avšak i v prostředí, kde působí ultrafialové záření a jiní atmosférickí činitelé. Trvanlivost dřeva proti biotickým škůdcům nezávisí na jeho hustotě. Dřeva s vyšší hustotou jako je buk nebo habr patří k nejméně odolným druhům (Reinprecht, 2008). Nejlepší odolnost mají jádrová dřeva listnatých kruhovitě pórovitých dřevin (DB, AK) a menší jádrové dřeviny jehličnanů, protože obsahují pryskyřičné kanálky. Je to dáno obsahem doprovodných extraktivních látek ve dřevě, jako jsou terpeny, třísloviny, pryskyřice, alkaloidy aj. Vyšší obsah těchto látek se vyskytuje u exotických dřevin, které se vyznačují i vysokou trvanlivostí (Gandelová, et al., 2004).

Extraktivní látky, které zvyšují odolnost a životnost dřevin se mohou postupem času z jeho struktury vymývat a vyprchávat, čímž se trvanlivost snižuje (Reinprecht, 2008).

Tabulka 1: Třídy trvanlivosti dřeva vybraných dřevin v kontaktu se zemí – nebezpečí poškození všemi typy hniloby (Reinprecht, 2008).

Třídy trvanlivosti	Obchodní název	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
	Dub cer	770
	Ořech	670
3-4	Borovice	520
	Smrk	600
4 – málo trvanlivé	Jilm	650
	Jedle	460
5 - netrvanlivé	Bříza	660
	Buk	710
	Habr	800
	Javor	640
	Lípa	540
	Topol	440

Nedostatečnou trvanlivost dřeva lze vhodným zpracováním a úpravou redukovat nebo i vyloučit.

3.2. Termická modifikace dřeva

Lidé se již v historii pokoušeli zlepšit trvanlivost dřeva pomocí různých přírodních olejů, vosků, mořskou solí, ale i opalováním dřeva. I když opálené dřevo odolávalo hnilobě, ostatní metody neměly zvlášť vysoký efekt. V současné době se trvanlivost

dřeva zlepšuje chemickými ochrannými látkami a modifikováním jeho struktury. Příkladem modifikace dřeva je řízená termická degradace, při které vzniká hydrofobní materiál a dochází ke zvýšení přirozené trvanlivosti (Reinprecht, 2008; Reinprecht, Pánek, 2016).

Tepelná úprava dřeva je ze všech různých modifikací komerčně nejrozšířenější (Hill, 2006). Tato termická úprava je vhodnou alternativou proti vysoce trvanlivým tropickým dřevinám, protože lze modifikovat tuzemské dřeviny jako je buk, smrk, douglaska, modřín aj. (Reinprecht, Pánek, 2016). Kolb (2010) tuto problematiku komentuje: “ Tepelná úprava dřeva se provádí různými postupy posledních patnáct let. Roční výrobní kapacity pro tepelně upravené dřevo v Evropě jsou prozatím 200 000 m³. Také ve Švýcarsku, v Rakousku a Německu se dnes vyrábějí a dodávají výrobky určené pro dřevěné konstrukce namáhané povětrností, ale uvádějí se na trh i výrobky pro vnitřní výbavu.“ Termická modifikace se provádí vždy v rozmezí 180-260°C. S teplotou nižší než 140°C proces vede jen k nepatrným změnám struktury. Naopak při teplotách nad 300 °C dochází k těžkým degradacím dřeva (Hill, 2006).

Studie této technologie vedly k vývoji několika komerčních procesů výroby, jako Lignostone a Lignofil v Německu či Staypack a Staybwood v USA. V poslední době bylo zavedeno několik komerčních procesů i v Evropě (Hill, 2006). Militz (2017) z Institutu v Göttingenu uvádí další komerční názvy termicky upravovaného dřeva Menholz (Německo), Stellac (Finsko), Mühlböck (Rakousko), Barkett (Rusko/Německo), Bitus (Švédsko).

Rozdělení „termodřev“ podle Reinprechta (2008):

- Thermo Wood proces (Finsko)
- PLATO proces (Holandsko)
- OHT proces (Holandsko)
- Royal proces
- Retifikační proces (Francie)

3.2.1. Výroba materiálu Thermo Wood

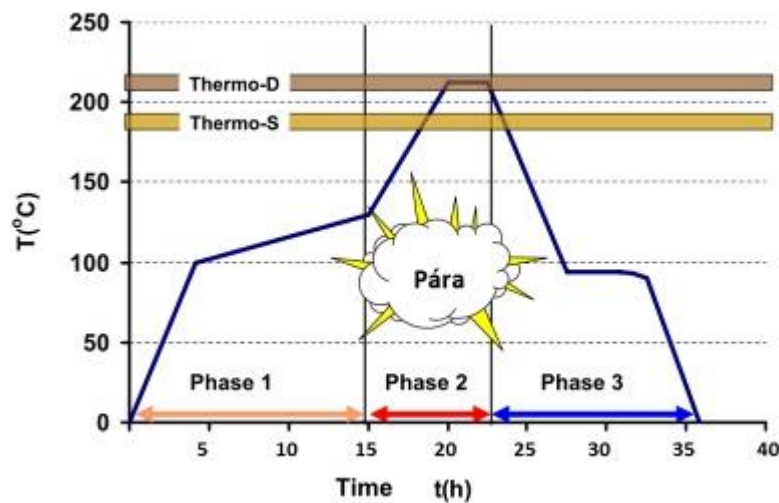
Majoritním záměrem výroby termicky upraveného dřeva je výstupní materiál, který by měl splňovat tyto podmínky:

- nižší hygroskopicita

- vyšší odolnost proti dřevozbarvujícím a dřevokazným plísním a houbám a proti hmyzu a mořským škůdcům
- vyšší odolnost
- zlepšení mechanických a fyzikálních vlastností
- zlepšení estetické stránky – lesk, barva, textura, minimální podíl trhlin (Reinprecht, 2008).

Výrobní zařízení, které tepelně zpracovává dřevo je tvořeno dlouhým tunelem skládajícím se ze šesti oddělených komor. Řezivo přiváděné po kolejištích postupuje tunelem a v jednotlivých komorách probíhají různé fáze termické úpravy (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

Nedílnou součástí procesu je kyslík, který sehraává jednu z podstatných úloh. Formou termooxidačních reakcí kyslík snadno reaguje s termicky aktivovanými složkami dřeva. Za přítomnosti kyslíku dochází k zvýšení stupně termického narušení a rozkladu všech dřevních složek (Reinprecht, 2008).



Obr.1: Fáze výrobního procesu materiálu ThermoWood (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

Tento proces se skládá ze tří výrobních fází.

- Zvýšení teploty a sušení. V první fázi dochází k růstu teploty na 100 °C a dále postupně stoupá na teplotu okolo 130°C. V sušárně je jako medium použit horký vzduch nebo pára. Pára je využívána během sušení a termické úpravě jako

ochrana, před vznícením. Během první fáze se dřevo vysuší téměř na nulovou vlhkost. Doba této fáze závisí na počáteční vlhkosti dřeva, dřevině a průřezu.

- Při druhé fázi roste teplota na 185 – 230 °C po dobu 2-3 hodin. Působení teploty a času závisí na klasifikačním třídění termodřeva Thermo -S, Thermo-D.
- Klimatizace a úprava vlhkosti. V konečné fázi se již tepelně modifikované dřevo začíná ochlazovat a při klesnutí teploty na 80-90°C dochází k zvlhčování. Finální vlhkost by měla být okolo 4-7%. Tato fáze trvá okolo 5-15 hodin.

Dále by mělo dojít ke stabilizaci po termické úpravě, která se uskutečňuje v teplých zastřešených prostorách pod tlakem po 24-48 hodin (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

ThermoWood se ve Finsku vyrábí, jak již bylo zmíněno ve dvou klasifikačních třídách Thermo – D a Thermo-S samostatně pro listnaté a jehličnatá dřeva.

Tabulka 2: Klasifikace materiálu ThermoWood (International ThermoWood Association, 2013).

Jehličnaté dřeviny (BO, SM)	THERMO - S	THERMO - D
Teplota zpracování	190±3°C	212±3°C
Odolnost proti povětrnostním vlivům	+	++
Rozměrová stálost	+	++
Pevnost v ohybu	Beze změn	-
Použití	-interiérové konstrukční prvky, nábytek, obklady, okna, dveře, podlahy, sauny, protihlukové bariéry, aj.	-konstrukce do exteriéru, dlažby, sauny, koupelňový nábytek, podlahy, zahradní nábytek, dětská hřiště, obklady aj.
Listnaté dřeviny (OL, BR)	THERMO - S	THERMO - D
Teplota zpracování	185±3°C	200±3°C
Odolnost proti povětrnosti	Beze změn	+
Rozměrová stálost	+	+
Pevnost v ohybu	Beze změn	-
Použití	-interiérové konstrukční prvky, nábytek, podlahy, sauny, aj.	-interiérové prvky, zahradní nábytek, podlahy, sauny, obklady, aj.

3.2.2. Faktory ovlivňující termickou úpravu dřeva a jeho chemickou strukturu

Průběh termických reakcí ve struktuře dřeva je způsoben zejména:

- intenzitou přiváděného tepla – časový průběh a výška teploty
- podmínky přístupu kyslíku k dřevině
- tlak prostředí
- počáteční vlhkost
- doprovodné složky dřeva (retardéry hoření, biocidy)

Při termické úpravě dřeva dochází ke změně chemické struktury. Blokace hydroxylových – OH funkčních skupin dřeva vede k poklesu hygroskopicity a výraznému zlepšení rozměrové stability termodřeva. V lignino-sacharidické matici dřeva zapříčiňují polykondenzační síťovací reakce pokles hygroskopicity, a tím je termodřevo hůře přístupné pro biologické organizmy. Vytvoření neprchavých degradačních zplodin z lignino-sacharidické matrice dřeva a z extraktivních látek vede k zamezení aktivity hmyzu, plísní, hub a jiných mikroorganismů. Tím vzniká výstupní materiál s biocidním efektem. Nesmí však docházet k větším změnám v polymerech ošetřovaného dřeva zejména v polymerizačním stupni celulózy, od kterého se odvíjí pevnost dřeva (Reinprecht, 2008).

Při vyšších teplotách v rozmezí 150-260°C dochází k částečnému odbourávání hemicelulózy i ligninu a vzniká voda, oxid uhličitý, kyselina mravenčí, kyselina octová a další látky. V termicky upraveném dřevě tímto způsobem vznikají nové hydrofobnější a biologicky odolnější substance. K rozkladu hemicelulózy dochází již při teplotách pod 200°C. Naopak celulóza podléhá depolymerizaci někdy při teplotách až nad 300 °C. Lignin se výrazněji rozkládá při vyšších teplotách nad 300-400 °C (Reinprecht, 2008).

3.2.3. Fyzikální a mechanické vlastnosti termodřeva

U termicky ošetřeného dřeva je důležité, jak se změní jeho hygroskopicita, rozměrová stabilita, barva, hustota, tepelně – izolační vlastnosti a akustické vlastnosti. Mezi pozitivní vlastnosti patří redukce hygroskopicity (až 50%). Hygroskopicita patří mezi důležité vlastnosti dřeva, které ovlivňuje rozměrovou stabilitu a odolnost proti

biotickým činitelům (Reinprecht, 2008). Dochází k výraznému zvýšení rozměrové stability hlavně u dřevin s vyšším sesycháním a bobtnáním. Při změnách relativní vlhkosti vzduchu se rozměry termodřeva mění mnohem méně než u neupraveného dřeva. Při termické úpravě, kdy dosáhne teplota hodnotu 110°, upravované dřevo již vykazuje vyšší rozměrovou stabilitu. Je tím dosaženo díky částečným odbouráním hemicelulóz (Hill, 2006).

Rozměrová stabilita může být však ovlivněna i jinými vlivy jako je tvorba esterových a etherových příčných vazeb v ligninu respektivě mezi ligninem a hemicelulózou. Díky těmto vazbám se struktura buněčných stěn termodřeva stává odolnější proti prostupu molekul vody. Rozměrově méně stabilní dřeva jako buk mohou být termickou úpravou technologicky zhodnoceny.

U některých dřevin je silně zmenšen příjem tekuté vody (Kolb, 2010; Reinprecht, 2008). Buňky dřeva obsahují méně vody, a proto materiál působí téměř jako hydrofobní látka. Dochází tak ke zvýšení odolnosti proti dřevokazným a dřevozbarvujícím houbám a plísním (Himmelhuber, 2012). Tepelná vodivost patří mezi další vlastnosti termicky modifikovaného dřeva, které se úpravou snížila až o 10-30%. Materiál ThermoWood z jehličnatého dřeva třídy Thermo-D má podle VTT – testů hodnotu tepelné vodivosti 0,099 W/m.K. Zatímco neupravené dřevo smrku má tepelnou vodivost okolo 0,22 W/m.K. Nízká tepelná vodivost je výhodou při použití termodřeva u oken, exteriérových dveří, venkovních obkladů, saun a teras (Reinprecht, 2008; Gandelová et al., 2004). Tepelně ošetřené dřevo má pozoruhodné akustické vlastnosti. Je vhodný pro výrobu hudebních nástrojů. Struktura a vlastnosti termodřeva se shodují s dlouhodobě přirozeně sušeným řezivem používaným na výrobu hudebních nástrojů. Má mírný nárůst Yongova modulu pružnosti (Reinprecht, 2008).

Termickým zušlechťením dřeva se mění charakteristické vlastnosti, a je nutné vzít na vědomí, že nejsou vždy kladné. Mechanické vlastnosti termodřeva se ve většině případech zhoršují, (rázová houževnatost, pevnost, tvrdost) avšak některé jako modul pružnosti se i mohou zlepšit. Rázová houževnatost a pevnost se výrazněji zmenšují vzhledem k poklesu hmotnosti či hustoty. U těchto mechanických vlastností záleží na narušení jeho stavebních polymerů (Reinprecht, 2008).

Obecně se dá říci, že pevnost a rázová houževnatost tepelně modifikovaného dřeva se snižuje v závislosti na druhu výrobního procesu (Hill, 2006). Dřevo se stává křehčím v závislosti na zmenšení pevnosti a zvýšení tuhosti. Štípatelnost a pevnost v tahu kolmo na vlákna se zmenšují, a proto se při sbíjení hřebíky musí otvory předvrtávat (Kolb, 2010). Tvrdé listnaté dřeviny vykazují vyšší ztráty pevnosti než jehličnany. Dalším následkem termické úpravy je snížení odolnosti proti oděru a nevratné barevné změny. Ztmavení dřeva nastává v souvislosti s teplotou a dobou ošetření (Hill, 2006). Barva dřeva se pohybuje od teplých až zlatavých tónů hnědé až po téměř černou, což závisí na způsobu termické úpravy (Himmelhuber, 2012).

Další typickou charakteristikou je vůně, která se podobá karamelu. Vůně vzniká při rozkladu hemicelulóz, příčinou jsou prchavé organické produkty. Termicky upravené dřevo, které má vyšší obsah prchavých látek, více zapáchá, což může být na závadu pro využití v interiéru (Reinprecht, 2008).

U termodřeva dochází vlivem srážek, povětrnostních vlivů a UV záření k šednutí stejným způsobem jako u termicky neošetřeného dřeva. A proto je možné tento materiál ošetřit ochrannými nátěry (Kolb, 2010).

Tabulka 3: Třídy trvanlivosti dřeva a dřevěných materiálů (Himmelhuber, 2012).

Třídy trvanlivosti dřeva a dřevěných materiálů				
Třída 1	Třída 2	Třída 3	Třída 4	Třída 5
velmi trvanlivé	trvanlivé	středně trvanlivé	méně trvanlivé	netrvanlivé
> 25 let	15 - 25 let	10 – 15 let	5 – 10 let	< 5 let
ThermoWood JS ThermoWood BK	ThermoWood BO, Borovice tlakově impregnovaná	DG, OR MD, neošetřené	SM, BO neošetřené	BK, JV neošetřené
Bankirai, Garapa, Massaranduba	WPC			

3.2.4. Použití

Thermowood a termicky upravená dřeva mají rozsáhlá využití jak v interiéru tak v exteriéru. Na českém trhu se ThermoWood nabízí spíše k venkovním účelům, jako jsou terasy, obklady fasád, clony proti slunci, zahradní nábytek, okna a dětská hřiště (© JAF HOLZ spol. s r. o., 2016; OY LUNAWOOD LTD, 2017). Dalším využitím v exteriéru se termodřevo aplikuje v konstrukcích, jako jsou altány, pergoly, přístřešky pro auta aj. Avšak zde je tento materiál limitován poklesem pevnostních vlastností. A proto je vhodnější pro nosnou konstrukci používat přírodní dřevo bez termické úpravy a na ní potom připevňovat prvky z termodřeva, jako jsou venkovní fasádní palubky apod. (Holeček, et al., 2015).



Obr. 2: Terasové a bazénové profily z materiálu ThermoWood (PROKOM R&S s.r.o, 2013).

Naopak Reinprecht (2008) k tomu dodává: “ Termodřevo je ideální používat pro interiérové prvky – parkety, obklady, vnitřní panely, kuchyňský nábytek nebo stěny a podlahy v saunách, ale i speciální výrobky, jako jsou hudební nástroje. Je třeba však zdůraznit, že do této doby vyráběné druhy termodřeva nejsou vždy nejvhodnějším materiálem do velmi náročných expozic, kde existuje jejich trvalý kontakt s terémem nebo vodou.“

3.3. Nátěrové systémy

Pro povrchovou úpravu výrobků ze dřeva se používají materiály, které jsou tuhé, polotuhé i kapalně látky nebo jejich směsi, roztoky atd. Jsou rozděleny na netěkavé složky (filmotvorné látky, pigmenty, organická barviva a plnidla) a těkavé složky (rozpuštědla, ředidla) (Drápela, 1980). Požadavky na kvalitu povrchové úpravy jsou ovlivněny :

- vlastnostmi dřeva
- vlastnostmi nátěrové látky
- interakce mezi dřevem a nátěrovou hmotou
- aplikace nátěru na podklad (Pánek, 2015).

Povrchová úprava je ovlivněna také podmínkami expozice. A proto při výběru vhodné nátěrové látky se musí brát v úvahu konstrukční a klimatické vlivy, působící na životnost dřeva a nátěru. Dalšími subjekty ovlivňující trvanlivost a kvalitu nátěrů a materiálu jsou sluneční záření, mráz, vlhkost, znečištění životního prostředí, kyselé deště, emise a odpadní plyny, které poškozují dřevní hmotu (Tesařová, 2014).

Rozhodující činitelé, kteří ovlivňují zvětrávání, jsou biotické a abiotické vlivy. Intenzita slunečního záření a účinky klimatu-deště a kondenzátu páry se na dlouhodobě zvětrávajících plochách projeví žřetelným zešednutím (Gabriel, 2011). Toto stříbřitě šedé zbarvení může být pro mnoho architektů a designerů vyhledávaným prvkem, avšak aplikací povrchové úpravy zajistíme určitou barevnou stálost. Termicky upravené dřevo lze ve venkovních podmínkách aplikovat i bez povrchové úpravy a to bez výrazného snížení trvanlivosti materiálu. Termodřevo však také stárne a vytváří se na něm patina, trhliny a mírné průhyby materiálu, a proto se provádí povrchová úprava (PROKOM R&S s.r.o, 2013). Při aplikaci nátěrové hmoty na termodřevo musíme zohlednit změnu povrchové energie a zvýšení hydrofobnosti povrchu z důvodu částečného odbourání OH funkčních skupin a přesun pryskyřic, tuků a extraktivních látek na vnější povrch (Humhal, 2012). Dobrá rozměrová stálost snižuje náchylnost nátěrových systémů na odlupování a na jejich praskání (Reinprecht, 2008).

Naopak v interiéru na materiál působí mechanické vlivy-působení člověka, jako jsou oděr, nečistoty, zvýšené teplo, působení chemikálií atd. Na trhu existuje velké

množství nátěrových systémů a je třeba rozlišovat jejich vlastnosti a použití do interiéru či exteriéru (Pánek,2015).



Obr. 3: Exteriérové obklady z materiálu ThermoWood bez provedení povrchové úpravy (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

Nátěrové systémy chrání materiál a zajišťují vytvoření souvislé povrchové vrstvy. Může docházet k penetraci do povrchových vrstev materiálu (oleje aj.) nebo dochází k vytvoření vrstvy na povrchu, která do dřeva vniká minimálně (lazury, laky). Tímto se redukuje průnik vody, napadení biologických škůdců a zmírnění atmosférických vlivů. Nátěrové systémy často obsahují složku snižující účinek ultrafialového záření (UV stabilizátory, pigmenty), hydrofobní a biocidní složku, díky nimž se zvyšuje účinnost vůči výše uvedeným činitelům (Pánek, 2016). Termicky modifikované dřevo se proto doporučuje v exteriérové expozici ošetřit vhodnými proti povětrnostními nátěry nejlépe na bázi oleje s podílem UV absorbentů či pigmentů popřípadě s fungicidní složkou. Běžně se povrchová úprava aplikuje polotransparentními nátěry s pigmenty, které jsou v hnědém odstínu, a to tak, aby se zachoval původní odstín termicky upraveného dřeva. Při použití krycích pigmentovaných nátěrů se originální barva a struktura termodřeva zcela zakryje (Reinprecht, 2008).

Nejdůležitější druhy povrchového ošetření podle Kolba (2010) jsou:

- impregnační základní nátěry (bezbarvé, slabě pigmentované)
- tenkovrstvé lazury (málo až silně pigmentované)
- silnovrstvé lazury (středně až silně pigmentované)
- krycí nátěry (nátěrové pigmentové hmoty, disperzní barvy)

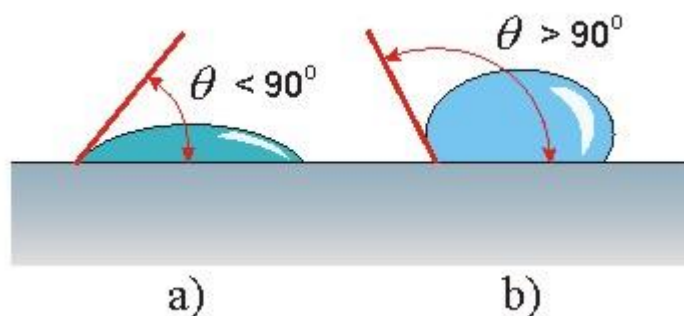
3.3.1. Adheze nátěrových systémů

Přilnavost nátěrové látky k povrchu dřeva lze vysvětlit více teoriemi. Existuje celá řada druhů nátěrových hmot různých vlastností, chemického složení. Na tom závisí i adheze nátěrové látky k materiálu. Nátěry lze rozdělit na druhy, které pronikají do porézní stavby dřeva a na povrchu tvoří tenkou ochrannou vrstvu. To představují nátěry na olejové bázi. Nebo další typ, který vytváří vrstvu v podobě filmu bez výrazného průniku do jeho struktury, jako jsou krycí laky a silnovrstvé lazury.

Teorie adheze lze vysvětlit vznikem velmi pevných chemických vazeb. Interakce probíhá mezi složkami nátěrové látky a dřevem. Ke vzniku chemických vazeb však dochází jen výjimečně. Mechanická teorie je dalším možným způsobem soudržnosti nátěrové hmoty k materiálu. Nátěr po částečném průniku do struktury dřeva vytvrde a vytváří množství mini kolíkových spojů mezi povrchovou vrstvou a vrstvou vytvrzenou uvnitř stavby dřeva. Teorie přitažlivosti různých elektrických nábojů v molekulách je složitější způsob, ale zjednodušeně se jedná o kohezi různých molekul dřeva a nátěru. Obsahují každý jiný elektrostatický náboj, čímž vzniká přitažlivost. Dalším způsobem je difuze, která však při běžné aplikaci nátěrových hmot je nevyužitelná.

Adsorpce je klasická teorie, která objasňuje přilnavosti nátěrové hmoty k povrchu dřeva. Na rozhraní různých fází pevné a kapalné existuje množství tzv. volné energie. Tato energie působí rovnoběžně s povrchem a také proti sobě. V kapalné fázi což je případ nátěrových látek se vyskytuje volná energie, která způsobuje úkaz, že kapalina zkouší mít v daném objemu co nejmenší povrch. Volná energie povrchu dřeva je zodpovědná za roztečení nátěrové hmoty, tento jev je označován jako tzv. smáčení vodou (Pánek, 2015; Reinprecht, Pánek, 2016).

Kontaktní úhel smáčení vodou je charakterizován tvarem kapky kapaliny umístěné na povrchu tuhé látky (Bartovská, Šišková, 2005). Podle hodnoty tohoto úhlu se může smáčení vodou klasifikovat jako dobré, pokud úhel kapky je menší než 90° a špatné – povrch tělesa se nesmáčí, kdy úhel kapky je vyšší než 90° (Labík, 2015).



Obr. 4: Kontaktní úhel smáčení (Labík, 2015).

3.3.2. Rozdělení nátěrových systémů

Povrchové úpravy lze klasifikovat podle různých způsobů, avšak tato práce se zaměřuje na způsoby povrchové úpravy v exteriéru. Vlastnosti nátěrových systémů významně ovlivňuje jejich složení. Nátěrové látky jsou tvořeny základními složkami – pojiva (přírodní pryskyřice, syntetické pryskyřice nebo na bázi upravených polymerů), barviva (pigmenty), rozpouštědla a ředidla, tužidla, tvrdidla, urychlovače, povrchově aktivní látky, UV iniciátory, fotoiniciátory, UV absorbéry, plniva a matovadla (Tesařová, 2014).

3.3.2.1. Lazury a filmotvorné nátěry

Lazury a filmotvorné nátěry brání vyluhování extraktivních látek z dřeva, zvyšují hydrofobnost a také vyšší odolnost proti vlivům venkovního prostředí. Transparentní nátěry se aplikují zejména na ošetření tmavších druhů dřevin, aby nedošlo k zešedivění. U lazur a filmotvorných nátěrů nedochází tolik k tvorbě trhlin z důvodu potlačení vzniku vlhkostních napětí ve dřevě. Tyto nátěry mají dobré odrážecí a pohlcovací schopnosti proti ultrafialovému záření, což je způsobené vlivem aditiv v podobě absorbentů záření, antioxidantů a odrážeců záření. Nátěry by měly být odolné nejen

vůči vodě, ale i proti organickým rozpouštědlům a ředidlům jako je ethanol, aceton, slabým zásadám a kyselinám (Reinprecht, 2008).

Lazury s přídavkem pigmentu chrání materiál ThermoWood mnohem účinněji než transparentní povrchová úprava. Filmotvorné nátěry se naopak nedoporučují používat na terasy, podlahy a dětské hračky z ThermoWoodu, film má tendenci se loupat v důsledku změn vlhkosti (International ThermoWood Association, 2013). V této práci byl použit jako jeden z nátěrů na materiál ThermoWood konopný lazurovací lak s minerálními pojivy, které zabráňují zešednutí dřeva před působením UV záření (HEMP PRODUCTION CZ s.r.o., 2017).

3.3.2.2. Přírodní povrchové nátěry

Přírodní nátěry se využívaly v historii a využívají se i v současnosti. Tvoří alternativu k běžným syntetickým výrobkům a jsou ekologicky nezávadné. Nevýhodou je menší trvanlivost nátěrů, protože rychleji podléhají degradaci díky abiotickým činitelům. Jedná se zejména o éterické a rostlinné oleje (lněný, slunečnicový, konopný), přírodní pryskyřice, vosky (kalafuna, jantar, šelak aj.), přírodní kaučuk, dřevný dehet, dřevný ocet, boraxové roztoky aj. (Pánek, 2016). Některé výzkumy uvádí, že použití vosku s přídavkem pigmentů má na termicky ošetřené dřevo pozitivní účinky, zejména co se týče barevné stálosti (Ugovšek, et. al., 2016).

Před více než 2000 lety se v historických pramenech uvádí používání olejových nátěrů v Číně, v Evropě se tento typ nátěrových látek rozšířil až v 8. století n.l. Od 14. století se začaly využívat fermeže z konopného a lněného oleje a používání sušidel. Olejové nátěrové látky jsou tvořeny rostlinnými vysychavými oleji. Základem těchto přírodních olejů je směs triglyceridů vyšších mastných (nenasycených) kyselin. Vytváření filmu z rostlinného oleje je chemický děj, během něhož olej vysychá a podléhá autooxidační polymerizaci za působení vzdušného kyslíku. Tím se vytváří trojrozměrná síť. Kyslík reaguje s molekulami oleje za vzniku hydroperoxidů, které se dále rozkládají na radikály iniciující polymerizaci oleje. Spodní oblast filmu zůstává delší dobu měkká, protože kyslík proniká velmi pomalu do olejového filmu. Tloušťka naneseného filmu by měla být okolo 25-30 μm na vertikální ploše a 40-50 μm na horizontální ploše. Při nanesení příliš silné vrstvy, nebo více vrstev v krátkém časovém

rozmezí, může dojít k nechtěnému zvrásnění povrchu. Sikativa a řada pigmentů svou přítomností zrychlují průběh polymerizace oleje.

Nátěrové systémy na bázi olejů nejsou příliš tvrdé a mají omezenou trvanlivost zejména v exteriéru (Kučerová, 2017). Žádná povrchová úprava nepůsobí trvale a musí se zvlášť u olejových nátěrů minimálně každý rok obnovovat (Gabriel, 2011). Poměrně rychle dochází ke ztrátě lesku a žloutnutí materiálu více než u ostatních systémů.

Olejové barvy jsou tvořeny suspenzí pigmentů a plniv v oleji modifikovaném složkou pryskyřice (kalafuna, kopál) a mohou obsahovat i UV absorbery. Používají se jako podkladové a vrchní nátěry u stavebně truhlářských výrobků (Kučerová, 2017). Podle finského výrobce materiálu ThermoWood (OY LUNAWOOD LTD, 2017) oleje na přírodní bázi nejsou vhodné k aplikaci na tento materiál. Syntetické oleje se mohou aplikovat na ThermoWood, ale je třeba několik vrstev, protože olej se vsakuje pomalu. Transparentní syntetické oleje nezabraňují materiálu ThermoWood proti šedivění a změně barvy. Pokud je výrobek např. zahradní nábytek krytý pergolou, altánem či krytem proti přímému slunečnímu záření a dešti jsou transparentní oleje velmi dobrou ochranou (International ThermoWood Association, 2013). U transparentních nátěrů se doporučuje použít UV stabilizátor, který může částečně zabránit změně barvy ve venkovní expozici. Pro venkovní expozici vykazuje dobré výsledky konkrétně OSMO olej s organickými pigmenty, UV ochranou a hydrofobizačními přísadami (Pánek, Reinprecht, 2014; Osmo.cz., 2016). Tento nátěr je neškodný pro lidi, zvířata a rostliny (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

3.3.2.3. Alkydové a akrylátové nátěry

Alkydové pryskyřice se objevily na trhu počátkem 30. let 20. století (Kučerová, 2017). Alkydové nátěrové hmoty se řadí mezi syntetické pryskyřice. Jsou tvořeny z alkydů, které jsou modifikované oleji nebo pryskyřicemi (kalafunou) (Pánek, 2015). Obsah modifikujících složek stanovuje finální vlastnosti nátěru. Vysychají chemickou reakcí za přítomnosti sikativ, při které vzniká nátěrový film (Kučerová, 2017). Tento film je nerozpustný v původních rozpouštědlech (Pánek, 2015). V závislosti na teplotě celkové vysychání a vytvrdnutí trvá v rozmezí 48-72 hodin. Nátěrový film je pružný, tvrdý, tenký, odolný proti mechanickému poškození a je dobře přilnavý k podkladu.

Do exteriéru je vhodné aplikovat pigmentové alkydové nátěry. Do expozic s vyšší náročností je možné použít alkydové nátěry s fungicidní a insekticidní složkou nebo pigmenty, které zlepšují světlostálost materiálu a ochranu proti UV záření (Reinprecht, 2008; Pánek, 2015). Alkydové nátěrové systémy nahradily olejové nátěry, protože k zasychání dochází rychleji a vzniklý film je více odolnější (Kučerová, 2017). Pro termicky upravené dřevo jsou pigmentové oleje na bázi alkydových a akrylových pryskyřic s UV ochranou velmi vhodné. Tyto nátěrové hmoty dokážou povrch termodřeva velmi lehce nasytit a materiál je tak dlouhodobě chráněn před ultrafialovým zářením a povětrností. Do struktury materiálu ThermoWood dokáže po určitém čase proniknout malá molekula oleje, který tvoří základ těchto barev. Po vstřebání do dřeva zpomaluje vstřebávání do hloubky molekula vody, která je ředidlem. Složka pryskyřice, která je součástí těchto nátěrových hmot, zpříčiní vytvrzení nátěru pod povrchem. Povrch tak po nánosu dvou doporučených vrstev filmu je nasycen (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

Akrylátové nátěrové systémy se připravují polymerací esterů kyseliny akrylové a methakrylové. Jejich vlastnosti závisí na kombinaci esterů těchto kyselin, obsahu pigmentů a vodní složky. Připravují se jako roztokové (rozpuštějí se v organických rozpouštědlech) nebo vodou ředitelné-disperzní. Vodou ředitelné akryláty jsou po zaschnutí voděodolné. Pro venkovní použití jsou vhodnější 100% akrylátové pryskyřice, protože mají lepší pružnost a přilnavost. Vyznačují se dobrou chemickou odolností, světlostálostí a mohou se do nich přidávat různé druhy pigmentů. Z ekologického hlediska se v současné době tyto nátěrové systémy používají především jako vodou ředitelné (Pánek, 2016; Kučerová, 2017).

3.3.2.4. Nátěry na bázi silikonu

Silikonová chemie započala svou historii na našem území již na počátku 60. let 20. století. Silikony jsou tvořeny organickými sloučeninami křemíku, který jim dodává dobré vlastnosti, jako je hydrofobnost, odolnost vůči nízkým a vysokým teplotám, UV záření aj. Silikonové nátěrové hmoty se vyrábějí jako oleje, laky, hydrofobizační prostředky a silikonové emulze. K hydrofobizaci materiálů se ze všech průmyslově produkováných silikonových výrobků využívají zejména metylderiváty, protože výroba probíhá běžnými technologickými postupy. Metylsiloxanové filmy se vyznačují velmi dobrou hydrofobní odolností a při zvýšených teplotách nejméně oxidují.

Hydrofobní úpravou je možné u dřeva významně zvýšit trvanlivost a dlouhodobě zachovat jejich vzhled.

Současné hydrofobizační systémy jsou vyvinuty na bázi organokřemičitých sloučenin – silikonů. Dochází k rovnoměrnému vytvoření siloxanového mikrofilmu na povrchu a na stěnách pórů materiálu. Mikrofilm mění povrchové napětí materiálu a voda v podobě kuliček snadno odtéká. Propustnost pro vodní páru, vzhled a barva ošetřeného materiálu se nemění (Jarešová, Rojčíková, 2003). Použití nátěrových hmot na bázi silanů vede k zvýšení adheze za vzniku kovalentní vazby mezi pojivem a substrátem. Vznikem této chemické vazby je nátěrový systém přílnavý k nejrůznějším materiálům: kovy, dřevo, sklo, beton aj. Kombinace adheze a hydrofobnosti zvyšuje odolnost vůči korozi (u kovů), odolnost vůči kyselinám a rozpouštědlům.

Tyto nátěrové hmoty jsou aplikovatelné do náročnějších až agresivnějších expozic, jako jsou průmyslové odvětví, korozivní prostředí, atmosferické vlivy a slaná voda (Jakeš, 2003). Podle Kolba (2010) jsou silany a siloxany hodnoceny takto:

- hydrofobizované dřevo se jeví jako neošetřené a s otevřenými póry
- již zešednuté dřevo lze ještě ošetřit a při působení deště plochy nezčernají
- hydrofobní účinek odpuzující vodu zůstane zachován při namáhání povětrností několik roků, dřevo však lze jednoduše dodatečně ošetřit stejným výrobkem
- zbarvení dřeva podmíněné povětrností, zejména zešednutí, se touto impregnací odpuzující vodu nezamezí, ale poněkud zpomalí, také se redukuje tvoření trhlin

3.3.2.5. Nátěrové látky na bázi nanočástic

Nanotechnologie je tvořena nepatrnými částicemi, které mohou být velké jako atomy. Tato moderní technologie má velký rozsah použití. Nanotechnologie je velmi zajímavá v oblasti ochrany dřeva proti povětrnostním vlivům, UV záření a mikroorganismům (Kolb, 2010). Z pohledu dřevěných konstrukcí a dřevěných prvků je ochrana nanotechnologií relativně novou oblastí využití. Výhodou nanočástic je jejich trvanlivost a nízká toxicita. Produkty na bázi nanočástic jsou vytvořeny z elementů, jejichž rozměry se pohybují okolo 1 nanometru, což je velikost cca 5 – 10 atomů. Nanočástice se využívají k ochraně povrchů stavebních konstrukcí a jsou tvořeny zejména nanočásticemi oxidu křemíku, stříbra, titanu a jiných základních prvků, které

pomáhají k zneškodnění různých organismů (hub, plísní, hmyzu). Nosičem pro aplikaci nanočástic na podklad je voda, alkohol nebo jiná rozpouštědla, která vytváří ochranný hydrofobní povrch.

Na povrchu termodřeva je hydrofobní povrch vytvořen pomocí termické úpravy a po nanesení nátěrové hmoty s nanotechnologií se tento efekt ještě umocní. Molekuly nanočástic nenesou žádný náboj a mezi atomy převažují nepolární vazby. Jelikož s vodou netvoří žádné, anebo jen velmi málo vodíkových můstků, tak jsou vodou nerozpustné. Řadí se tam uhlovodíky (Hlaváč, Souček, 2014). Anorganické pigmenty jako je oxid zinečnatý, oxid železitý nebo oxid titaničitý jsou tvořeny tak malou velikostí částic, že světlo již nerozptyluje a ztrácí své vlastnosti. V jemném selektivním uspořádání pohlcují v potahovém filmu UV podíl slunečního světla a podmiňují dobrou ochranu proti světlu pro dřevo. Je možné je kombinovat s dalšími ochrannými prostředky proti světlu (organické absorbéry UV, prostorově omezené aminy). Je však nutná větší tloušťka vrstvy. Nános na dřevě může působit až mléčně, což je zapříčiněno vyšším podílem anorganických pigmentů v nanoměřítku.

Nanočástice stříbra uvolňují za přítomnosti vlhkosti a kyslíku ionty stříbra, které jak je známo zabraňují rozšíření a růstu bakterií a hub. Ionty stříbra nejsou nebezpečné pro člověka, tím pádem se otevírají různé možnosti využití. Avšak jedná se o moderní technologii, která není zcela dokonale prozkoumána a stále dochází k jejímu dalšímu vývoji (Kolb, 2010). Výzkum z univerzity v Maďarsku prokázal, že nanočástice TiO_2 přidané do polyakrylátové vodou ředitelné nátěrové hmoty, zvýšily barevnou stabilitu „termobuku“. Nanočástice TiO_2 a ZnO vykazují dobrou kompatibilitu s akrylovými pryskyřicemi (Miklečić, et al., 2013).

3.3.3. Přidávky do nátěrových systémů

3.3.3.1. Hydrofobizační penetrační systémy

U dřevin s termickým ošetřením hydrofobnost vzniká přirozeně následkem kondenzačních a jiných reakcí, snižuje se při tom sorpční kapacita dřeva a tím i jeho vlhkost nutná pro biologické škůdce. Hydrofobizační efekt zvyšuje přirozenou trvanlivost dřeva a odolnost vůči různým organismům. Hydrofobnost je hlavní úloha, která se klade na penetrační systémy. Jsou tvořeny vodouodpudivými vosky,

rostlinnými oleji, stabilizátory povětrnostní povrchové degradace dřeva, pigmenty a menší část pryskyřic a rozpouštědel (Reinprecht, 2008).

3.3.3.2. UV stabilizátory

Jedná se o anorganické sloučeniny zinku, chromu cínu nebo železa. Pomocí těchto látek dochází ke stabilizaci lignino-sacharidické matrice v povrchových vrstvách dřeva proti slunečnímu záření. Stabilizační účinek u sloučenin 6-mocného chromu je založený na vzniku chróm-ligninu a chróm-polysacharidických interakcí. Pomocí těchto interakcí se v dřevních stavebních polymerech potlačuje fotooxidace, a tak nedochází k jejich přeměně na látky rozpuštěné ve vodě. Konečným efektem je vyšší světlostálost, snížené utváření trhlin a snížené zvětrávání dřevní substance z povrchu výrobku (Reinprecht, 2008). Účinek slunečního záření nepříznivě ovlivňuje všechny nechráněné polymerní materiály. Tento proces je urychlen působením dalších již zmíněných atmosférických činitelů, jako jsou vzdušný kyslík, teplo a vlhko. Fotodegradace se projevuje ve změně barvy materiálu a ve změně jeho fyzikálních a mechanických vlastností. UV stabilizátory pracují v polymerním systému 4 mechanismy:

- Absorbenty- stíniče UV záření
- Desaktivátory excitovaných stavů
- Rozkladače hydroperoxidů
- Lapače volných radikálů (Závada, 2011).

3.3.3.3. Biocidní ochrana dřeva

Biocidy mají často komplexní účinek jak insekticidní tak fungicidní. V současné době se kladou zvýšené požadavky nejen na jejich efektivitu, stabilitu, ale i na jejich zdravotní nezávadnost a ekologický dopad. Dříve se na ochranu dřeva používaly chlorované biocidy (HCH, endosulfán) a biocidy na bázi mědi a šestimocného chromu v kombinaci s arzenem či borem. Tyto biocidy byly velmi účinné a stabilní. Zatěžovaly však svou toxicitou životní prostředí, a proto se v současnosti od těchto látek více upustilo. Avšak měď se i v dnešní době používá k ochraně dřeva. Biocidy se mohou používat v organických rozpouštědlech, ve vodních emulzích a ve vodních roztocích (Reinprecht, 2008).

3.4. Testování nátěrových systémů v exteriéru

Testovat nátěrové hmoty určené pro venkovní expozice můžeme provádět dvěma způsoby – zkouška přirozeným stárnutím a testy urychleného stárnutí v UV komoře (Tesařová, 2014).

Zkoušení nátěrových hmot na stavebně truhlářské výrobky vystavené působením vlivů v exteriéru posuzuje norma ČSN EN 927 – Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí.

Norma ČSN EN 927 je složena z těchto částí:

- Část 1 Klasifikace a výběr,
- Část 2 Technické specifikace,
- Část 3 Zkouška přirozeným stárnutím,
- Část 4 Hodnocení propustnosti pro vodní páru,
- Část 5 Hodnocení propustnosti pro vodu,
- Část 6 Urychlené stárnutí nátěrů na dřevě s použitím fluorescenčního UV záření a vody.

3.4.1. Zkouška přirozeným stárnutím – ČSN EN 927-3

Jedná se o důležitou zkoušku odolnosti povrchových úprav vůči vnějším povětrnostním vlivům, stanovení životnosti nátěrových filmů, podmínek a poměrů, kdy nátěrový film mění své vlastnosti bez ztráty ochranné funkce. Před a po zkoušce vystavení působením atmosferických vlivů, jsou stanoveny a změřeny povrchové vlastnosti nátěrů jako je barva, lesk, tloušťka nátěrové vrstvy. Před vystavením se měří hmotnost nánosu nátěrové hmoty.

Doba vystavení materiálu ve venkovní expozici je jeden rok ve zkušebních stojanech dle normy (Tesařová, 2014). V praxi se vzorky nechávají ve venkovní expozici od 2 do 5 let, protože po roce zvětrávání nedochází ještě k takovému narušení nátěrů. K výraznějšímu zvětrávání dochází po 24 měsících a déle, tato doba je pro přirozené testování zlomová. Klasickou dřevinou pro test přirozeného stárnutí je borovice lesní (*Pinus silvestris*), využívají se však i jiné druhy dřevin, exotické a

různými způsoby modifikované dřeviny (Malinský, 2016; Reinprecht, Pánek, 2016; Pánek, 2015).

3.4.2. Testy urychleného stárnutí v UV komoře ČSN EN 927-6

Jedná se o zkoušku s pomocí urychleného stárnutí s použitím fluorescenčního UV záření a vody ve speciální zkušební komoře (Malinský, 2016). Tato zkouška se využívá k napodobení stárnutí nátěrů v atmosféře působením ultrafialové složky slunečního záření. Xenonová výbojka za určitých podmínek napodobuje UV záření. Tímto testem dojde ke zrychlení změny vlastností nátěrů ve srovnání se stárnutím v reálně expoziční. Zrychlení je při testu dosahováno zejména větší průměrnou intenzitou záření xenonové výbojky, než je intenzita reálného slunečního záření. Dochází k nepřerušovanému působení radiace po celou dobu zkoušky a zvýšené teploty zkušební komory.

Výsledky umělého stárnutí v komoře nemusí vždy souhlasit s výsledky stárnutí v reálných podmínkách expozice (Polášek, 2003). Tyto testy jsou rychlé, spolehlivé a poskytují představu o chování interakce nátěr-dřevo. Zatímco venkovní testy jsou mnohem více časově náročné (Žlahtič, Humar, 2017). Zkouška spočívá v umístění vzorků s povrchovým ošetřením do zkušebních stojanů fluorescenčních komor. Zde jsou vystaveny střídajícímu zátěžovému cyklu, kdy dochází k postřiku zkušebních vzorků destilovanou vodou a vystavení fluorescenčnímu záření výbojky. Výkon tohoto testu byl předem stanoven. Dle normy se stanoví kvalita nátěru, která se určí podle poměru změny vzhledu a změny ochranných vlastností nátěru. Zkušební vzorky jsou v komoře vystaveny po dobu 12 týdnů, dle podmínek ČSN EN 927 -6 (Malinský, 2016).

Hodnocení degradace nátěrové hmoty po uvedeném testu se hodnotí pomocí norem :

ČSN EN ISO 4628 - Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu.

Části na určení degradace nátěrů:

Část 1- celkové vyhodnocení napadení plísněmi

Část 2 – Stanovení stupně tvoření puchýřků

Část 4 – Stanovení praskání

Část 5 – Stanovení odlupování

Část 6 – Stanovení křídování nátěrů páskovou zkouškou

ČSN EN 927-5 – Hodnocení propustnosti nátěrů vůči vodě

ČSN EN 927-6 – Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody

ČSN EN ISO 2813 – Stanovení lesku nekovových nátěrových filmů v 20°, 60° a 85°

ISO 7724-2 – Kolorimetrie

3.4.3. Měření změny barvy povrchu dřeva

Cílem tohoto měření je stanovit barevnou stálost nátěrových látek vystavených atmosférickým vlivům. Měření se provádí pomocí spektrofotometru, který pracuje se souřadnicovým systémem CIE Lab. Barevný rozdíl ΔE^* mezi barvou před stárnutím a po stárnutí se určuje podle metody CIE 1976 a stanovuje se podle rovnice:

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

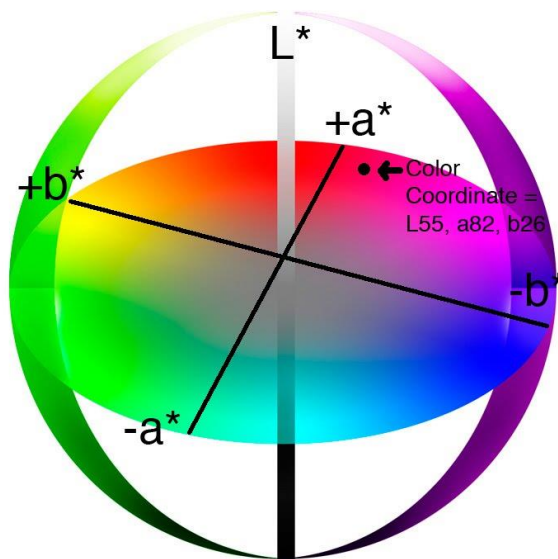
L^* uvádí jas, nebo světlost barvy od 0 (černá) do 100 (bílá),

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

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

Tabulka 4: Rozpětí barevné difference ΔE^* (Pánek, 2015).

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



Obr. 5: Rozhraní barev (Pritchard, 2010).

4. Metodika

Tato část práce je zaměřena na popis postupů, podle kterých byly provedeny a vyhodnoceny testy nátěrových systémů na zkušebních tělesech. U laboratorních zkoušek se postupovalo dle požadavků, které předepisuje norma ČSN EN 927 a jejich částí, dále podle podmínek níže uvedených norem:

ČSN EN 927-6 – Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody

ISO 7724 – Kolorimetrie

ČSN EN ISO 4628 - Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu.

Všechny laboratorní zkoušky byly provedeny a vyhodnoceny na ČZU v Dřevařském pavilonu v Praze.

4.1. Příprava zkušebních vzorku

- výběr materiálu
- vhodné opracování na požadované rozměry

- označení zkušebních těles
- změření barvy pomocí spektrofotometru před nanesením nátěrové hmoty
- nános nátěrové hmoty
- změření barvy pomocí spektrofotometru
- změření kontaktního úhlu smáčení vodou na goniometru
- uložení zkušebních vzorků do xenonové komory po 150 hodinách
- opětovné změření vzorků spektrofotometrem a změření kontaktního úhlu smáčení vodou pomocí goniometru
- uložení zkušebních vzorků do xenonové komory po 500 hodinách
- opětovné změření vzorků spektrofotometrem a změření kontaktního úhlu smáčení vodou pomocí goniometru
- uložení zkušebních vzorků do xenonové komory po 1000 hodinách
- opětovné změření vzorků spektrofotometrem a změření kontaktního úhlu smáčení vodou pomocí goniometru
- vyhodnocení zkušebních vzorků

Pro testování byl zvolen materiál s názvem ThermoWood z bukového dřeva (*Fagus sylvatica*) a k porovnání s tímto materiálem referenční vzorky z neošetřeného bukového dřeva. Řezivo bylo vysušeno na rovnovážnou vlhkost $15 \pm 2\%$ u referenčních vzorků a materiál ThermoWood na vlhkost $5 \pm 2\%$. Řezivo a materiál ThermoWood byly strojně opracovány, aby výsledné vzorky neobsahovaly vady v podobě prasklin apod. Zkušební tělesa však záměrně obsahují vadu v podobě nepravého jádra, které je také předmětem zkoumání. Rozdělení vzorků s nepravým jádrem a bez jádra je v tabulce č. 5.

Zkušební vzorky byly vyrobeny v rozměrech (délka x šířka x výška): 180 ± 2 mm x 40 ± 2 mm x 20 ± 2 mm. Později musely být některé vzorky zkráceny na menší rozměry, aby se vešly do xenonové komory.

ThermoWood má nižší hustotu než neošetřené bukové dřevo. Je to dáno především díky poklesu hmotnosti při termickém procesu. Hustota klesá v závislosti na vyšší teplotě termické úpravy. Průměrná hustota rostlého buku je $\rho = 720$ Kg /m³ a „termobuku“ se pohybuje okolo $\rho = 675$ Kg/m³.

Po strojním opracování a vymanipulování vad byla zkušební tělesa obroušena. Požadovaná kvalita povrchu byla docílena pomocí brusného papíru se zrnitostí číslo 180. Dalším krokem bylo vytvoření vhodného označení vzorků pomocí tužky. Vzorků bylo vyrobeno 40 kusů.

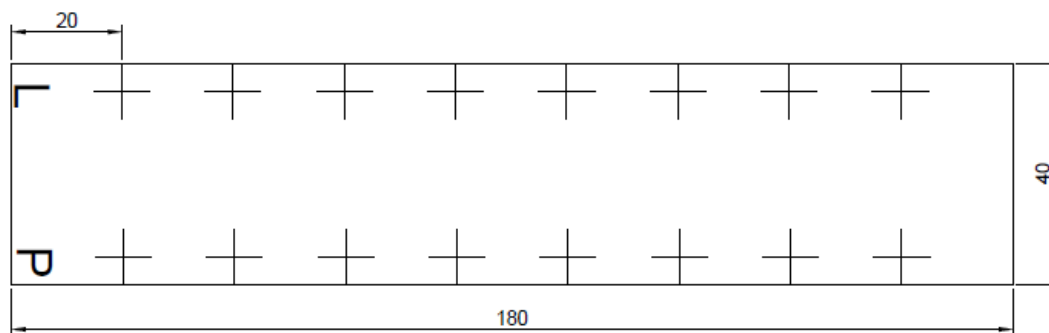
4.2. Přehled zkušebních těles

Tabulka 5: Přehled zkušebních vzorků (Pelzerová, 2017).

Nátěrový systém	ThermoWood 210°C	ThermoWood 190 °C	ThermoWood 170 °C	Reference (neošetřený BK)
Osmo olej*	1ks (NJ/B)	1ks (NJ/B)	1 ks (NJ/B)	1 ks (NJ/B)
Konopný olej*	1 ks (NJ/B)	1 ks (NJ/B)	1 ks (NJ/B)	1 ks (NJ/B)
Lukofob	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)
Lukofob s UV stabilizérem	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)
Nanočástice	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)
Reference (bez nátěru)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)	1ks – bez jádra (B) 1ks - nepravé jádro (Nj)

*Osmo olej a konopný olej jsou po 1 kusu pro každou termickou úpravu a referenci.
Část vzorku je (B) – bez jádra a část je s (Nj) – nepravým jádrem

Po vytvoření výše uvedeného označení těles se u každého zkušební vzorku změří barva pomocí spektrofotometru. Na každém vzorku se po 20 mm vytvořil křížek na obou stranách. Takto se označila levá a pravá strana viz obrázek.



Obr. 6: Zkušební vzorek s označenými místy, kde se měřila barva (Pelzerová, 2017).

Na křížkem označených místech se změří barva pomocí spektrofotometru, který pracuje v souřadnicovém systému CIE Lab. Spektrofotometr se musí držet nehybně a kolmo k testovanému tělesu. Po cca 7 sekundách spektrofotometr změří barvu na označeném místě. Na displeji se ukážou tři hodnoty: L, a, b.

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

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

b* uvádí souřadnice s odstínem mezi žlutou (+60) a modrou (-60).

Na každém vzorku se barva měřila na 8 místech na pravé a na 8 místech na levé straně. Takto se postupovalo u všech 40 zkušebních těles. Všechny hodnoty byly zapsány do předem připravených tabulek.

4.3. Nátěrové systémy

Dalším krokem byl výběr a aplikace nátěrových hmot. Byly použity nátěrové hmoty na bázi rostlinných a syntetických olejů, dále nátěrové hmoty na bázi silikonů s použitím UV stabilizátorů a poměrně moderní typ nátěrů jako jsou nanočástice. Byly použity tyto přípravky a nátěry na dřevo:

1. Konopný penetrační olej o 0200
2. Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025

3. Impregnace dřeva WR 4001 OSMO
4. OSMO 010 ThermoWood
5. Lukofob DxL
6. UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151
7. WAProtect NANOBALA

1. Konopný penetrační olej o 0200

Chemické složení: lakový benzín, kobaltnatá sůl kyseliny neodekanové (2 – ethyl – 2,5 – dimethyl hexanoát kobaltnatý), 2 – butanon oxim

Výhodou konopného oleje jsou až 50 x menší molekuly, které lépe pronikají do hloubky podkladu a pokrývají povlakem stěny pórů. Díky tomu dochází k dobrému přilnutí podkladu s finální povrchovou úpravou. Výrobce uvádí, že má velmi dobré difuzní vlastnosti, odpuzuje vodu a nečistoty. Lehce se nátěr obnovuje. Konopný penetrační olej se nanáší nezředěný (Ekostavivo, 2014).

2. Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025

Chemické složení: ropná benzinová frakce, 2 – ethylhexanoát kobaltnatý, 2 – butanon oxim

Výrobce udává, že nátěr z konopného oleje se neodlupuje, nepraská, zůstává elastický a je jednoduše obnovitelný. Dále uvádí, že odpuzuje vodu a nečistoty. Nedochází k „chlupatění“ dřeva, má dobré difuzní schopnosti a je biologicky odbouratelný. Tento lazurovací lak se používá k ochraně dřeva v exteriéru a v interiéru. Ve venkovní expozici je vhodný k aplikaci obzvláště u oken, dřevěných fasád, stavebně truhlářských výrobků, plotů, zahradního nábytku aj. Aby ve venkovní expozici nedocházelo k přirozenému zešednutí dřeva za působení ultrafialového záření, jsou konopné lazurovací laky opatřeny minerálními pigmenty. Naopak konopný lazurovací lak by se neměl používat na aplikaci podlah a dětských hraček. (HEMP PRODUCTION CZ s.r.o., 2017).

3. Impregnace dřeva WR 4001 OSMO

Chemické složení: uhlovodíky C 10 – C 13, 3 – jod – 2 – propinylbutylkarbamát, tebukonazol, permethrin

Jedná se o bezbarvý penetrační nátěr na dřevo pro použití ve venkovní expozici. Působí preventivně vůči působení biotických organismů, hnilobě a napadení dřevokazným hmyzem. Osmo penetrační nátěr je určen pro ochranu stavebně

truhlářských výrobků, okna, dveře, pergoly, venkovní obklady, zahradní nábytek aj. Dřevo ošetřené tímto nátěrem, by nemělo být v přímém kontaktu se zemí. Osmo penetrační nátěr se neředí, jen promíchá (Osmo.cz, 2016).

4. OSMO 010 ThermoWood

Chemické složení: dearomatizovaný lakový benzín, přírodní rostlinné oleje (slunečnicový, sojový), oxidy železa, organické pigmenty, sikativa, hydrofobizační látky.

Osmo olej na ThermoWood je dle výrobce vysoce kvalitní nátěr na bázi přírodních olejů. Polomatné, nechávají dřevo dýchat, odpuzují vodu, jsou odolné vůči povětrnostním vlivům a ultrafialovému záření. Nepraskají a neodlupují se. Používají se na výrobky z ThermoWoodu na zahradní nábytek, terasy, stavebně truhlářské výrobky aj. Na základě pigmentace chrání materiál před UV zářením. Doba schnutí za běžných klimatických podmínek je cca 8-10 hodin. Po zaschnutí je tento nátěr ekologicky neškodný pro lidi, zvířata i rostliny. Vykazuje odolnost proti potu, slinám, je vhodný i pro dětské hračky (AU-MEX s.r.o., 2017).

5. Lukofob DxL

Chemické složení: Etoxylovaný alkohol mastné kyseliny, oktyltrietoxysilan

Jedná se o vodní emulzi na bázi polysiloxanů a alkyloxysilanu. Lukofob D x L je silikonový hydrofobizační přípravek určený ke konečné povrchové ochraně stavebních materiálů nebo jako vnitřní hydrofobizační přísada disperzních systémů. Přípravek je dodáván jako koncentrát a ředí se vodou. Obsah účinné látky je 50%. Látka je mléčná, po zaschnutí je transparentní. Výrobce uvádí, že nátěr zachovává propustnost materiálu pro vodní páry, snížené vnikání vodou rozpustitelných nečistot, ochrana před mrazovým poškozením, snížení pro výskyt biotických škůdců a dlouhodobá životnost hydrofobní úpravy. Životnost nátěru činí 5-10 let, záleží však na kvalitě aplikace, druhu podkladu a agresivitě venkovní expozice (Lučební závody a.s.Kolín, 2016).

6. UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151

Chemické složení: 2 – (2 – hydroxyfenyl) – benzotriazol

Jedná se o látku obsahující absorbéry UV záření a UV stabilizátory na bázi aminů. Tato látka byla vytvořena z důvodu, aby splňovala vysoké požadavky na trvanlivost nátěrů v exteriéru. Tento UV absorbér je vhodný pro širokou škálu nátěrů. V kombinaci s nátěrem vzniká lepší ochranná vrstva proti praskání, tvorbě puchýřků a stabilizace barvy. Poskytuje plnou ochranu substrátu. Tinuvin 5151 je univerzální stabilizátor

světla, který může být použit s vodouředitelnými nátěry. Doporučenou koncentraci k dosažení správné stabilizace výrobce udává kolem 3% (Ciba Inc., 2009).

7. WAProtect NANOBALA

Chemické složení: Isopropanol, butanolát zirkonu, butanol

Jedná se o hydrofobní impregnaci na dřevo na bázi rozpouštědla s nanočásticemi. Využívá se k dlouhodobému hydrofobnímu ošetření dřeva, korku a papíru. Vrstva s nanočásticemi vytváří na povrchu vrstvu, která zamezí vsakování vody a nečistot. Používá se na stavebně truhlářské výrobky, pergoly, altány, ploty, terasy, zahradní nábytek atd.



Obr. 7: Účinek nátěru WAProtect (Nanobala s r.o., 2017).

Produkt WAProtect není vhodný používat na již ošetřený povrch jinou látkou. Je účinnou hydrofobní látkou, která dostatečně chrání povrch dřeva. Trvanlivost hydrofobizace povrchu je až 5 let v exteriéru, ale záleží na náročnosti expozice (Nanobala s r.o., 2017).

Každý výrobce udává jinou požadovanou vrstvu nátěrové hmoty. Většinou se uvádí v ml/m² nebo v g/m². Pro nanášení nátěru je potřeba přepočítat na gramy. Nejdříve se vypočítá plocha zkušebního vzorku. Plocha se dále násobí každou hodnotou uvedenou výrobcem.

Plocha = délka x šířka

Plocha = 0,18 x 0,04

Plocha = 0,0072 m²

Tabulka 6: Množství nátěrové látky na plochu zkušební vzorku (Pelzerová, 2017).

Nátěrová hmota	Množství požadované vrstvy	Nanesené množství (g)
Impregnace dřeva WR 4001 OSMO	166 g/m ²	1,19
OSMO 010 ThermoWood	35 ml/m ²	0,25
Konopný penetrační olej o 0200	140 g/m ²	1,00
Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025	130 g/m ²	0,936
WAProtect NANOBALA	100 ml/m ²	0,72
Lukofob DxL *	300 g/m ²	2,16
Lukofob DxL + UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151**	300 g/m ²	2,16

*Lukofob DxL se ředil s vodou 1:10.

**Doporučená koncentrace je 3%.

4.4. Postup nanášení nátěrových hmot

Nejprve byla zkontrolována zkušební tělesa, jestli nejsou zaprášená. Stlačeným vzduchem se přefoukla, aby byly dokonale čisté bez prachu a smítek. Vzorky byly dále rozříděny podle výše uvedené tabulky č. 5 s popisky nátěrových látek a teploty ThermoWoodu. Nátěrové hmoty se protřepaly, naředily v potřebné koncentraci a přelily do připravených nádob.

Nejdříve byly vzorky odváženy na laboratorní váze, kde se hodnota vynulovala. Z důvodu aby se zobrazovala čistě váha nátěru, který se nanášel. Napřed byly naneseny

na vzorky určené pro nátěry konopným a osmo olejem potřebnou penetraci v nánosu viz tabulka č. 6.

Po aplikaci byly impregnované vzorky nechány patřičnou dobu schnout, před finálním ošetřením. Ostatní nátěrové látky jsou bez penetrace. A tak se štětcem postupně nanášely ostatní nátěry na plochu určenou ke zkoumání.

Pokračovalo se v natírání a vážení vzorků dokud váha neukazovala v gramech danou hodnotu určenou výrobcem (viz tabulka č. 6). Takto byly aplikovány nátěrové látky na 32 vzorků. 8 vzorků s termickou úpravou 2 x 210 °C, 2 x 190°C, 2 x 170°C a 2x reference záměrně nebyly ošetřeny žádným nátěrem. Z důvodu porovnání vzorků mezi sebou. Po zaschnutí nátěru na ploše určené k testování se natřely i ostatní plochy vzorku, kromě dvou čel. Takto ošetřené vzorky byly uloženy do místnosti určené k sušení dílců s nátěrovými hmotami, kde relativní vlhkost vzduchu nepřesáhne 65 ± 5 % a teplotu 20 ± 2 °C.

Vzorky pozvolna schly 36 hodin, aby nátěr byl dobře vytvrzený a nelepil. Po zaschnutí penetračních nátěrů byl aplikován konopný lak a osmo olej na ošetřená tělesa a dále se nechal schnout. Když byly všechny zkušební vzorky perfektně zaschnuté, došlo ještě ke zkrácení některých těles, aby se vešly do xenonové komory.

Na zkušební tělesa byla aplikována na nejmenší plochy 40 x 20 mm sanitární silikon od společnosti Den Braven, Zwaluw. Jedná se o transparentní silikon odolný vůči vlhkosti, vodě a UV záření. Silikon se nanášel pomocí jedno pístové aplikační pistole a nános byl rozetírán štětcem. Toto opatření je nutné, aby do bočních ploch při umělém stárnutí v xenonové komoře se nedostala voda a nenarušila vzorky. Takto ošetřená zkušební tělesa se nechala opět zaschnout v „sušárně“, kde se vzorky klimatizovaly při 65 ± 5 % a teplotě 20 ± 2 °C. Když byla zkušební tělesa dokonale zaschlá, opět se na označených místech změřily hodnoty L, a, b pomocí spektrofotometru.

4.5. Měření kontaktního úhlu smáčení vodou

Další měření spočívalo na přístroji goniometr, který se skládá z mikroskopu, kamery a PC. Goniometr je robustní nástroj, který se využívá k přesnému měření kontaktního úhlu smáčení vodou a volné povrchové energie. Toto zařízení se vyznačuje rychlým měřením a jednoduchou obsluhou. Goniometr je vybaven LED osvětlovací jednotkou, vysoce kvalitními optickými komponenty a kamerou s vysokým rozlišením. Další částí je polohovatelný stolek, na kterém je zkoumané těleso.

Charakteristika povrchových procesů:

- zkoumání stability nátěrů a adheze
- kontrola smáčivosti vodou
- kontrola čistoty povrchu



Obr. 8: Měření kontaktního úhlu smáčení na přístroji goniometr (Pelzerová, 2017).

Jak už bylo uvedeno s tímto zařízením se měřil kontaktní úhel smáčení vodou. U každého zkušební tělesa se postupně na 10 místech vytvořily kapky, které buď ulpěly na povrchu, nebo se vsákly do dřeva. U těles s konopným a Osmo olejem, kde byla půlka vzorku s nepravým jádrem, se měřila na 5 bodech na nepravém jádru a na 5 bodech na místech bez nepravého jádra. Po těchto měřeních byly vzorky vloženy na 150 hodin do xenonové komory (KRÜSS GmbH., 2017).

4.6. Testování

ČSN EN 927-6: Urychlené stárnutí nátěrů na dřevě s použitím fluorescenčního UV záření a vody.

Podstatou mé diplomové práce je testování nátěrů urychlenou zkouškou stárnutím v xenonové komoře na zkušebních tělesech materiálu ThermoWood a neošetřených bukových referencích s nepravým jádrem i bez jádra. V „xenotestové“ komoře na zkušební vzorky cyklicky působí UV záření, viditelné záření, IČ záření a voda.

Zkouška slouží k urychlení stárnutí, ale její výsledky nemusejí zcela odpovídat zvětrávání v reálné expozici, kde přibývají ještě další činitelé ovlivňující destrukci (kyselé deště, mraz, mořští činitelé, emise). Podstatou této zkoušky je kvalitativní sledování a změny nátěrových hmot vystavených záření xenonových výbojek, postřiku destilovanou vodou a střídání zátěžových cyklů dle normy.

Na zkoušku se používají xenonové komory s xenonovými výbojkami. Na postřik se používá demineralizovaná voda s pH 5 – 7,5.



Obr. 9: Xenon Test Chamber, Model Xe – 3, Q – Sun, Q – Lab (Pelzerová, 2017).

Vzorky byly v průběhu testu (po týdnu) na testovací ploše přemístěny ze středu na okraj, horizontálně a vertikálně.

Test trval 6 týdnů tedy 1000 h. Po 150 hodinách byly vzorky vyjmuty z komory a opět došlo k změření barevných změn pomocí spektrofotometru a dále byl měřen kontaktní úhel smáčení vodou pomocí goniometru. Poté byla zkušební tělesa znovu vyskládána tak, aby vedle sebe nebyly vzorky se stejným nátěrem.

Po uplynutí 500 a 1000 hodin od prvního vložení do testu byla vždy měření provedena stejně, jak již bylo uvedeno. „Xenotest“ byl dokončen, jak je již zmíněno po 1000 hodinách. Dále se začaly vyhodnocovat výsledky pomocí statistických hodnot a jejich výpočtů, jak v programu MS Excel, tak v programu Statistica.

Tabulka 7: Veličiny s hodnotami působící v xenonové komoře (Pelzerová, 2017).

Hodnocená veličina	Hodnota
Výkon (P)	64 W/m ² TUV
Teplota na Black panelu	55°C
Teplota vzduchu	40°C
RVD	30°C
Teplota postřiku	20°C
Doba působení UV	2,5 h
Doba působení postřiku	0,5 h
Kondenzace/ doba trvání	45 °C/ 2,5 h
Celková energie dopadená na plochu	179 304 kJ/m ²

4.7. Přehled zařízení a materiálů používaných při zkoušení

- Xenonová komora - Xenon Test Chamber, Model Xe – 3, Q – Sun, Q – Lab

Test probíhal v laboratořích Dřevařského pavilonu na Fakultě lesnické a dřevařské, ČZU v Praze.



Obr. 10: Xenonová komora (Q-LAB, 2017).

- Spektrofotometr – Konica Minolta CM – 700d



Obr. 11: Spektrofotometr (infocube s.r.o., 2017).

- Goniometr - Drop Shape Analyzer – DSA30E



Obr. 12: Přístroj goniometr (KRÜSS GmbH, 2017).

- Laboratorní váhy



Obr. 13: Laboratorní váhy (Selva, 2017).

- Štětce, dřevěné dláto k míchání
- Brusný papír se zrnitostí č. 180

4.8. Zkušební tělesa

Pro mou diplomovou práci byl vybrán materiál ThermoWood z bukového dřeva (*Fagus sylvatica*) a termicky neošetřené bukové reference. Některé vzorky viz tabulka č. 5 obsahovaly nepravé jádro, které bylo také předmětem zkoumání.



Obr. 14: Z leva do prava: ThermoWood – 210°C, 190°C, 170°C; reference – neošetřená; reference – neošetřená, nepravé jádro; ThermoWood – nepravé jádro – 170°C, 190°C, 210°C (Pelzerová, 2017).

4.9. Použité nátěrové hmoty

Konopný penetrační olej o 0200



Obr. 15: Konopný penetrační olej značky Hemp (Pelzerová, 2017).

Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025



Obr. 16: Konopný lazurovací lak značky Hemp (Pelzerová, 2017).

Impregnace dřeva WR 4001 OSMO



Obr. 17: Impregnace dřeva značky Osmo (Osmo.cz, 2016).

OSMO 010 ThermoWood



Obr. 18: Osmo olej na ThermoWood (CarboClass Ltd, 2016).

Lukofob DxL



Obr. 19: Lukofob D x L (Lučební závody a. s. Kolín, 2016).

UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151

WAProtect NANOBALA



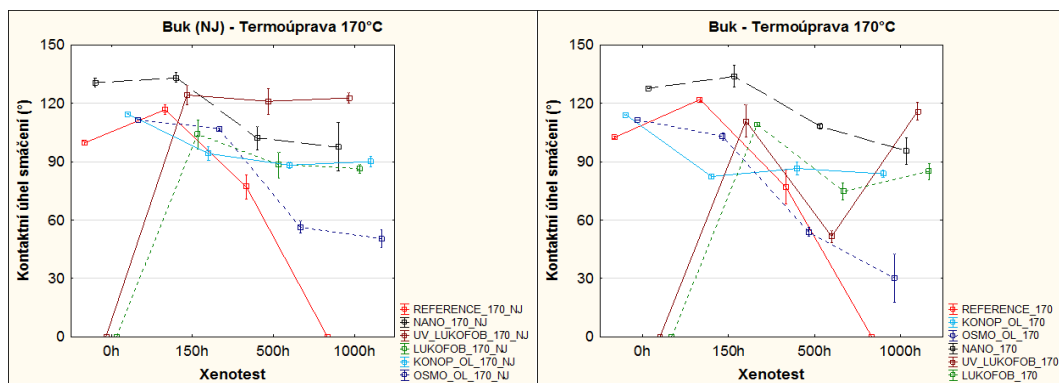
Obr. 20: Nátěr WAProtect s nanočásticemi (Pelzerová, 2017).

V nadcházející kapitole se má práce zabývat vyhodnocením předešlého měření a testování pomocí programu Statistica a programu MS Excel. Výsledky testů v této části budou hodnoceny formou statistických ukazatelů – Tukey HSD test, průměru, směrodatné odchylky a statistické významnosti na základě 95% oboustranného intervalu spolehlivosti z průměru.

5. Výsledky

5.1. Kontaktní úhel smáčení vodou

Obrázky 1 – 4 představují naměřené hodnoty kontaktního úhlu smáčení.



A)

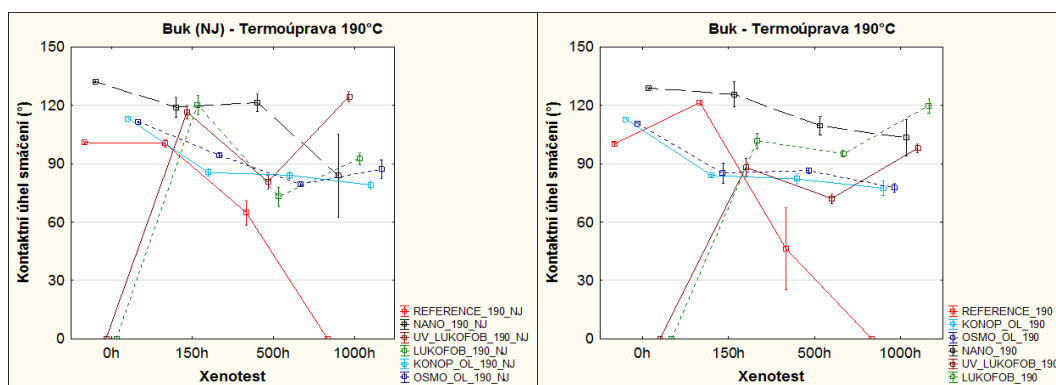
B)

Obr.1 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení vodou na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 170°C a termicky upraveného buku při 170°C .

Z obrázku č. 1(A) je viditelné, že zkušební vzorek s nátěrem Lukofob s UV stabilizérem v první části testu strmě stoupal až nad hodnotu 120°. Toto je možné vysvětlit určitou tepelnou a UV iniciací, kdy po 150 hodinách v testu byla hydrofobnost

vyšší. Tento nátěr na konci testu vykazuje nejvyšší hodnoty, tím i dobrou hydrofobní funkci. U obrázku č. 1(B) zpočátku zkušební vzorek s nátěrem Lukofob s UV stabilizátorem také strmě stoupal, ale zastavil se pod hranicí 120°.

Avšak po 150 hodinách v testu hydrofobnost tohoto vzorku začala rapidně klesat. Po dalších 500 hodinách však opět stoupala až k hodnotě 120°. Dalším nátěrem, který od 0° strmě stoupal u obrázků č. 1(A, B) je Lukofob. Po 150 hodinách však začal klesat. Na konci testu je patrné, že Lukofob u obrázků 1 (A, B) skončil pod hranicí 90°. Ostatní nátěry v první fázi testu měly dobrou hydrofobnost, která se pohybovala nad hranicí 90°. Postupně došlo ke klesání hodnot a snižování hydrofobnosti. Z nátěrů vykazuje nejnižší hodnoty na konci testu Osmo olej u obrázků 1 (A, B). Reference bez nátěru u obou případů klesala vždy k 0°.



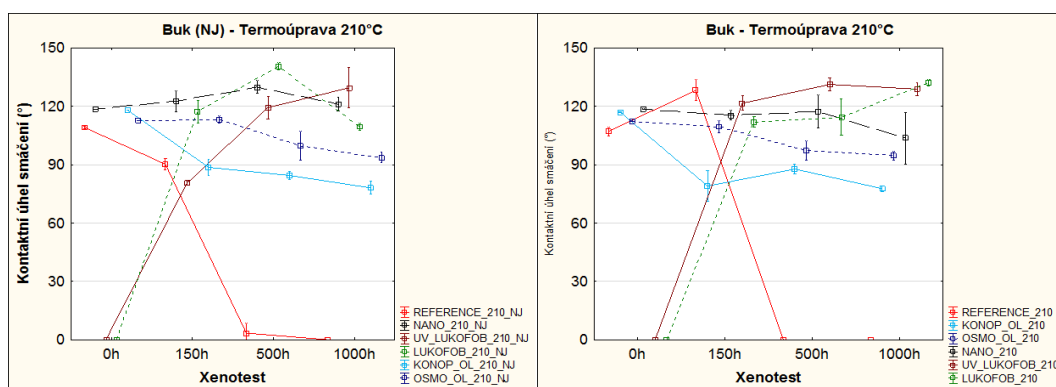
A)

B)

Obr. 2 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení vodou na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 190°C a u termicky upraveného buku při 190°C.

Z obrázku č.2 (A) je patrné, že hodnoty zkušebních těles s nátěry Lukofob a Lukofob s UV stabilizérem strmě rostly od 0° až k hodnotě 120°. Po 150 hodinách došlo u obou nátěrů k poklesu hodnot pod 90°. Zatímco Lukofob s UV stabilizérem vykazuje ze všech nátěrů na konci testu nejvyšší hydrofobnost, hodnoty Lukofobu rostly jen těsně nad hranicí 90°. U obrázku č. 2 (B) na začátku testu hodnoty u obou nátěrů vykazují růst hodnot. Lukofob s UV stabilizérem se zastavil pod 90° zatímco hodnoty zkušebního tělesa s nátěrem Lukofob rostly až k 100°. Na konci testu se u obrázku č. 2 (B) jeví, že zkušební vzorek s nátěrem Lukofob má nejvyšší hodnoty a tím i nejlepší hydrofobnost. Ostatní nátěry u obrázků č. 2 (A, B) na začátku testu vykazovaly hodnoty

přes 100° a během testu začaly klesat a postupně se zvyšovala smáčivost vodou. Nejmenší hydrofobnost vykazují na konci testu u obrázků č. 2 (A, B) zkušební tělesa s nátěry Osmo a konopný olej. Reference strmě klesá u obrázků č. 2 (A, B) až k hodnotě 0°. Avšak u „termobuku“ při 190°C bez nepravého jádra v polovině testu vykazuje vyšší rozptyl hodnot. Může to být dáno nerovnoměrnou destrukcí dřeva (trhlinky) po termické úpravě.

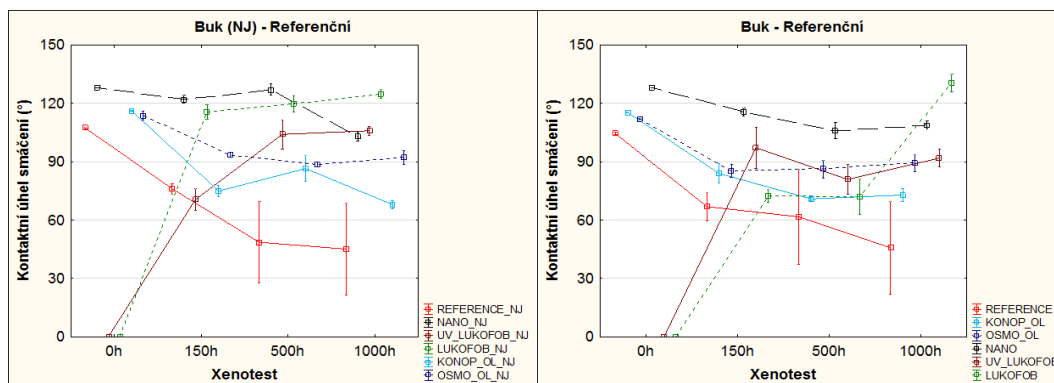


A)

B)

Obr. 3 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení vodou na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 210°C u termicky upraveného buku při 210°C.

U obrázku č. 3 (A) je zřejmé, že zkušební vzorek s nátěrem Lukofob vykazoval na začátku hodnotu 0° a nadále strmě rostl až k hodnotě přes 120°. Po 500 hodinách v xenotestu hydrofobnost tohoto vzorku začala postupně klesat. V tomto obrázku se po 1000 hodinách nejlépe jeví nátěr Lukofob s UV stabilizérem, avšak je tam viditelný větší rozptyl hodnot. U obrázku č. 3 (B) nátěry Lukofob a Lukofob s UV stabilizérem vykazují na začátku strmý růst hodnot a postupně se hodnoty dostávají až přes 120°. Na konci testu vykazují tedy tyto dva nátěry nejlepší hydrofobnost. Nátěr s nanočásticemi a Osmo olej vykazují hodnoty nad 90° po celou dobu testu a proto se dají hodnotit, že mají slušné hydrofobní vlastnosti. Nejhůře se z nátěrů u obrázků č. 3 (A, B) projevil konopný olej, který poklesl pod 90°. Nativní dřevo u obrázků č. 3 (A, B) kleslo opět až k hodnotě 0°.



A)

B)

Obr. 4 (A, B): Závislost kontaktního úhlu smáčení vodou na umělém stárnutí v xenonové komoře u termicky neupravené bukové reference s nepravým jádrem a u termicky neupravené bukové reference.

Zkušební vzorek s nátěrem Lukofob v obrázku č. 4 (A) na začátku sledování prudce rostl až k hodnotě 120° a po 150 hodinách v xenonové komoře dále postupně rostl nad mez 120°. V tomto obrázku Lukofob vykazuje nejlepší hydrofobní povrch na konci testu. Oproti tomu Nátěr Lukofob s UV stabilizérem nerostl tak prudce a nabýval hodnot okolo 100°. V obrázku č. 4 (B) nejdříve strmě rostly hodnoty u zkušebnímu vzorku s nátěrem Lukofob s UV stabilizérem. Avšak po 150 hodinách testu došlo k postupnému poklesu. Až po 500 hodinách Lukofob s UV stabilizérem vykazoval hodnoty k hranici 90°. Reference bez nepravého jádra s nátěrem Lukofob s UV stabilizérem má větší smáčivost vodou a tím menší hydrofobnost povrchu oproti referenci s nepravým jádrem s totožným nátěrem. Reference s nátěrem Lukofob u obrázku č. 4 (B) nabývá postupně hodnot až nad hranici 120° na konci testu. Tím v obrázku č. 4 (B) zaujímá na konci testu nejlepší hydrofobnost, stejně jako u obrázku č. 4 (A).

Reference s nátěrem s nanočásticemi u obou grafů vykazuje postupné klesání hodnot, ale i tak si drží dobré hydrofobní vlastnosti. Osmo olej v průběhu testu u obrázku č. 4 (A) se drží nad horní hranicí 90° a u obrázku č. 4 (B) se drží zase pod linií 90°. U obrázků 4 (A, B) má z nátěrů nejhorší hydrofobní vlastnosti vzorky s konopným olejem. Reference s nepravým jádrem i bez nepravého jádra vykazují podobné hodnoty. V druhé polovině testu se u referencí objevuje vyšší rozptyl hodnot. Pokles nativních vzorků se u obrázků č. 4 (A, B) zastavil okolo 45°.

5.2. Změna barvy

V následujících tabulkách a obrázcích se hodnotila změna barvy pomocí souřadnicového systému CIE Lab. Barevný rozdíl ΔE^* mezi barvou před stárnutím a po stárnutí se určuje podle metody CIE 1976 a stanovuje se podle rovnice:

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

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

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

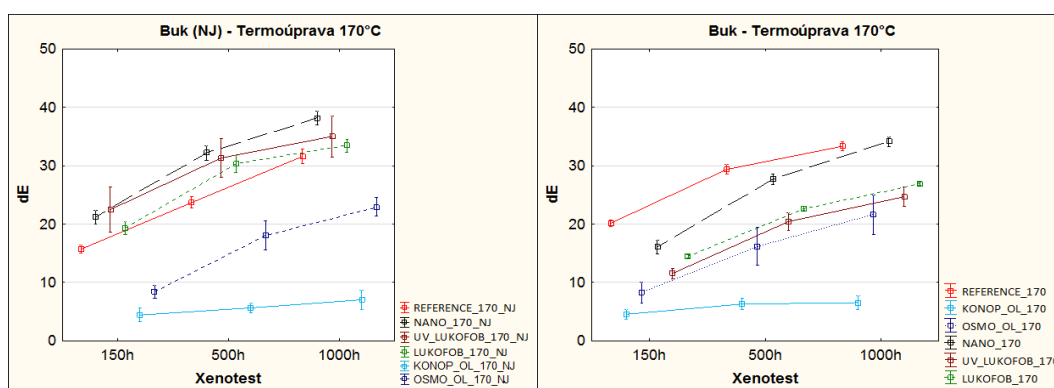
b^* uvádí souřadnice s odstínem mezi žlutou (+60) a modrou (-60) (Pánek, 2015).

Tabulka 8: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK/ NJ 170°C	0h			150h			500h			1000h		
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	55,23	9,16	18,63	15,34	-2,03	2,39	22,28	-5,46	-5,65	29,16	-6,95	-9,92
NANOČÁSTICE	51,2	11,67	24,28	20,22	-5,15	-3,48	28,83	-8,02	-11,75	33,75	-9,61	-15,06
LUKOFOB+UV	50,64	9,23	17,92	21,97	-3,86	2,228	30,14	-5,71	-5,91	32,94	-6,38	-9,62
LUKOFOB	53,68	10,39	21,98	18,29	-4,71	-3,89	26,97	-7,24	-11,61	29,26	-7,74	-14,07
OSMO OLEJ	36,58	16,71	24,17	7,92	-0,47	1,6	16,22	-0,15	7,67	21,63	-1,44	6,65
KONOPNÝ OLEJ	33,54	15,96	30,79	3,72	-0,81	0,73	4,47	-0,06	2,66	5,63	0,86	3,52

Tabulka 9: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK 170 °C	0h			150h			500h			1000h		
Hodnoty CIELab	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	50,78	9	18,6	19,91	-2,61	1,16	28,36	-5,13	-5,55	31,49	-6,87	-8,4
NANOČÁSTICE	52,91	8,83	19,67	15,84	-2,06	-0,91	25,93	-5,32	-8,12	31,29	-6,88	-11,64
LUKOFOB+UV	57,53	6,59	16,77	10,56	-0,02	4,32	19,86	-2,72	-3,73	23,37	-3,62	-7,02
LUKOFOB	56,65	7,11	17,15	14,34	-0,81	1,52	21,74	-3,5	-5,18	25,19	-4,1	-8,47
OSMO OLEJ	37,89	16,46	24,93	7,79	-0,27	1,88	14,44	0,27	6,78	20,76	-1,34	5,18
KONOPNÝ OLEJ	35,11	16,18	32,1	4,246	-0,84	-0,08	5,29	0,22	2,93	5,09	0,95	2,89



A)

B)

Obr. 5 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře

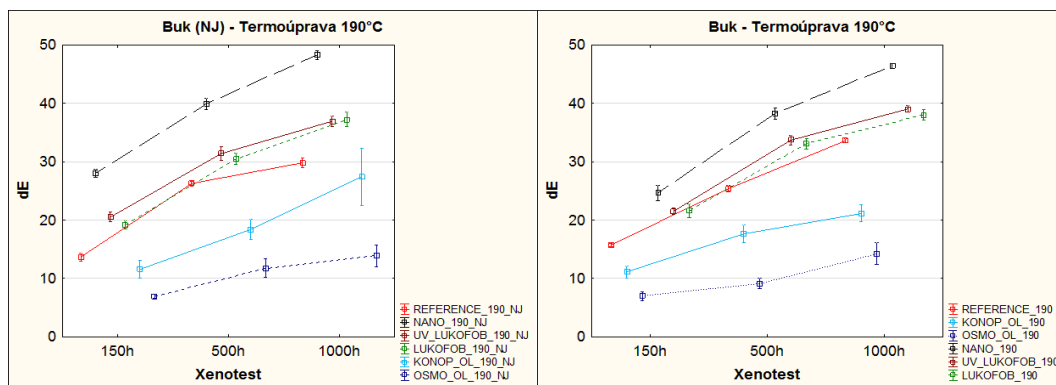
Z obrázků č. 5 (A, B) je patrné, že k nejmenším změnám barvy došlo u zkušebních těles s konopným olejem. Na obrázcích č. 5 (A, B) je viditelné, že Osmo olej s obsahem pigmentů během testu ztrácel barvu. U ostatních nátěrů v obrázcích č. 5 (A, B) během testu postupně docházelo k zvyšování hodnot ΔE a tím světlání nátěru. Největší změna barvy u termicky upraveného buku s nepravým jádrem při 170°C viz tabulka č. 8 a obrázek č. 5 (A) byla u nátěru s nanočásticemi a u nátěru Lukofob s UV stabilizérem. Z obrázku č. 5 (B) tabulky č. 9 je patrné, že k největší změně došlo u referenčního vzorku a u vzorku s nátěrem s nanočásticemi.

Tabulka 10: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK/NJ 190 °C	0h			150h			500h			1000h		
Hodnoty CIELab	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	50,53	10,90	21,12	12,24	-4,82	-3,20	23,59	-7,41	-8,80	27,36	-8,52	-8,09
NANOČÁSTICE	35,32	11,36	18,34	27,45	-5,31	-0,75	38,34	-7,83	-7,69	45,99	-9,60	-11,04
LUKOFOB+UV	40,90	8,23	16,85	20,31	-2,41	1,14	30,56	-4,47	-5,44	35,81	-5,04	-7,35
LUKOFOB	44,36	9,26	20,24	18,58	-3,26	-3,29	28,91	-5,29	-8,10	34,71	-6,70	-11,66
OSMO OLEJ	34,75	15,58	21,45	6,06	0,85	2,02	9,71	1,97	5,40	11,76	2,41	6,56
KONOPNÝ OLEJ	17,54	14,49	19,83	10,95	-1,90	1,68	17,63	-1,35	4,58	27,00	-1,75	3,52

Tabulka 11: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK 190°C	0h			150h			500h			1000h		
Hodnoty CIELab	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	48,91	9,39	20,2	15,12	-3,23	-2,8	23,84	-5,77	-6,39	30,94	-7,55	-10,63
NANOČÁSTICE	41,13	11,79	22,92	23,92	-4,85	-2,42	35,5	-8,44	-11,37	42,41	-10,27	-15,68
LUKOFOB+UV	45,19	8,5	18,78	21,24	-3	-0,41	32,12	-5,66	-8,32	36,97	-6,54	-10,62
LUKOFOB	44,79	9,08	20,29	20,75	-3,83	-4,32	30,64	-6,1	-10,63	35,13	-6,82	-12,8
OSMO OLEJ	34,2	15,88	22,24	6,36	0,37	0,8	8,14	1,61	2,62	12,64	1,96	5,75
KONOPNÝ OLEJ	17,64	14,34	19,46	10,78	-1,67	1,47	16,9	-0,96	4,49	20,29	0,17	5,37



A)

B)

Obr. 6 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

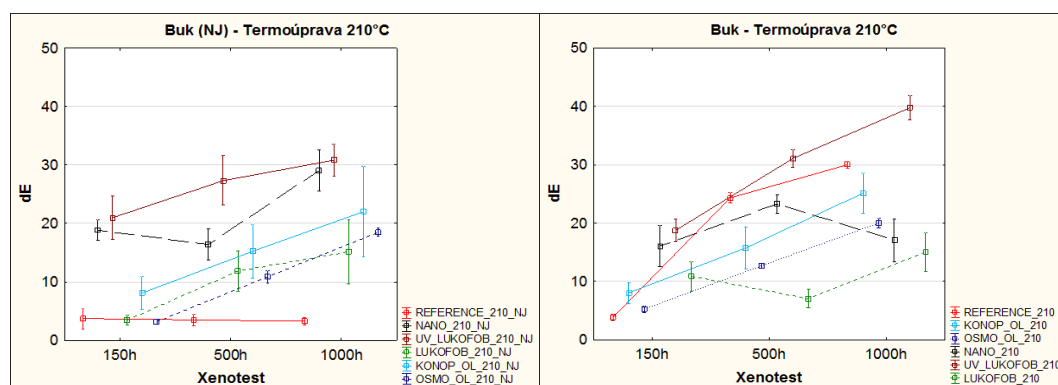
V obrázcích č. 6 (A, B) je viditelné, že nejlepší barevnou stálost měl Osmo olej, který obsahuje organické pigmenty. Největší barevná změna nastala u nátěru s nanočásticemi, což je patrné jak z obrázků č. 6 (A, B) tak i z tabulek č. 10 a 11. UV stabilizér obsažen v nátěru Lukofob nikterak pozitivně neovlivnil stálost barvy, ale spíše naopak nezabránil světlání v průběhu testu.

Tabulka 12: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK/NJ 210°C	0h			150h			500h			1000h		
Hodnoty CIELab	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	26,44	5,82	8,42	0,49	0,79	1,61	-1,01	0,92	1,04	-0,6	2,13	1,5
NANOČÁSTICE	20,29	3,15	3,03	15,29	3,68	10,31	14,74	3,01	6,21	27,69	2,62	7,84
LUKOFOB+UV	24,8	4,86	6,83	19,18	1,32	8,17	26,52	0,51	4,53	30,22	0,69	5,18
LUKOFOB	25,82	4,35	6,16	-1,66	1,54	1,98	8,77	2,53	5,3	12,56	2,27	5,15
OSMO OLEJ	28,51	2,85	5,19	1,26	1,92	2,16	6,54	4,99	7,11	10,98	7,91	12,63
KONOPNÝ OLEJ	12,8	0,57	0,25	6,23	0,88	0,96	14,05	2,37	3,51	19,84	2,77	5,64

Tabulka 13: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK 210°C	0h			150h			500h			1000h		
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	25,5	5,41	7,73	0,63	1,29	2,12	23,04	0,72	7,51	28,03	0,36	10,34
NANOČÁSTICE	20,41	2,6	2,65	11,98	4,27	9,41	20,46	3,86	9,9	15,26	3,57	6,33
LUKOFOB+UV	20,73	3,09	3,16	15,3	3,41	9,95	29,45	2,67	9,2	38,88	1,58	7,77
LUKOFOB	21,43	3,78	4,77	8,42	2,69	5,64	3,08	3,4	5,02	12,16	3,66	6,95
OSMO OLEJ	27,39	2,46	4,35	2,91	2,55	3,44	7,95	5,58	8,19	12,61	8,04	13,28
KONOPNÝ OLEJ	9,2	0,84	0,42	7,91	0,58	0,82	15,46	1,48	2,15	24,18	2,49	5,87



A)

B)

Obr. 7 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

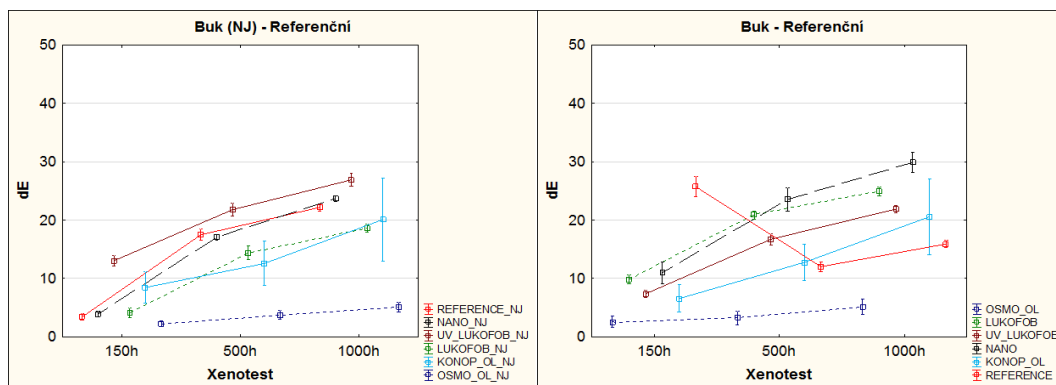
U obrázku č. 7 (A) je viditelné, že referenční vzorek vykazuje největší barevnou stálost. Může to být způsobeno určitou degradací vzorku, která vedla k dalšímu ztmavení. V obrázku č. 7 (B) referenční vzorek vykazuje naopak velkou barevnou změnu oproti vzorku s nepravým jádrem. Největší barevnou změnu v obrázcích č. 7 (A, B) vykazuje nátěr Lukofob s UV stabilizérem, což je patrné i z tabulek č. 12 a 13. Opět je viditelné, že UV stabilizér neprojevil pozitivní účinek. U vzorků s konopným olejem, je vysoký rozptyl hodnot. Je to dáno tvorbou skvrn během testu, a proto tento nátěr není vhodnou úpravou.

Tabulka 14: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK/NJ REFERENCE	0h			150h			500h			1000h		
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	67,59	8,36	18,91	0,87	-1,42	2,54	14,93	-5,22	-7,32	18,59	-6,43	-10,14
NANOČÁSTICE	67,37	8,77	21,97	3,41	-1,49	-0,64	12,8	-5,04	-10,01	17,96	-6,64	-13,92
LUKOFOB+UV	66,33	7,77	16,89	6,29	-1,77	3,02	14,89	-4,63	-5,82	19,07	-5,66	-9
LUKOFOB	63,82	10,38	22,1	8,04	-3,76	-4,13	15,81	-6,91	-11,66	18,99	-7,63	-14,1
OSMO OLEJ	46,79	17,14	26,94	-1,28	0,21	-0,24	2,44	0,33	2,42	3,87	-0,42	1,95
KONOPNÝ OLEJ	49,63	16,21	30,88	0,44	0,39	0,3	10,12	-3,46	-2,55	17,45	-6,35	-8,1

Tabulka 15: Průměrnou změnu barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas (Pelzerová, 2017).

BK REFERENCE	0h			150h			500h			1000h		
	L*	a*	b*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔL^*	Δa^*	Δb^*
REFERENCE	65,35	7,3	18,39	-25,4	-0,23	-3,83	11,21	-3,08	-2,81	14,71	-4,3	-3,83
NANOČÁSTICE	63,02	10,55	23,06	8,63	-4	-4,85	17,71	-7,44	-13,35	23,06	-8,82	-16,6
LUKOFOB+UV	66,33	7,77	16,89	6,29	-1,77	3,02	14,89	-4,63	-5,82	19,07	-5,66	-9
LUKOFOB	63,82	10,38	22,1	8,04	-3,76	-4,13	15,81	-6,91	-11,66	18,99	-7,63	-14,1
OSMO OLEJ	48,91	17,44	28,85	-1,92	0,15	-0,76	-2,38	-0,24	-1,07	3,51	-0,86	0,45
KONOPNÝ OLEJ	51,07	15,83	29,97	-0,44	0,46	0,27	5,24	-1,73	-1,29	13,96	-5,45	-6,79



A)

B)

Obr. 8 (A, B): Závislost barevné odchylky ΔE na umělém stárnutí v xenonové komoře.

V obrázcích č. 8 (A, B) vykazuje Osmo olej nejlepší barevnou stálost, je to dáno vlivem přidaného pigmentu. Lukofob s UV stabilizátorem u referenčního vzorku s nepravým jádrem má největší změnu barvy. U obrázku č. 8 (B) k největším změnám barvy docházelo u vzorku s nátěrem s nanočásticemi a u Lukofobu. Naopak poměrně zajímavé hodnoty vykazuje u tohoto obrázku (B) reference, kde po 150 hodinách dochází k poklesu hodnot, avšak po 500 hodinách testu již hodnoty postupně stoupají. Konopný olej u obrázků č. 8 (A, B) má opět vysoký rozptyl hodnot.

5.3. Celkové shrnutí

Na konci testu v xenonové komoře vykazoval nátěr Lukofob s UV stabilizérem nejvyšší hodnoty kontaktního úhlu smáčení vodou u termické úpravy bez nepravého jádra při 210°C viz obr. č. 3 (B). Vyšší termická úprava způsobuje vyšší hydrofobnost povrchu i u vzorku bez nepravého jádra. Z obrázků je viditelné, že zkušební vzorek s tímto nátěrem v první části testu strmě stoupal až nad hodnotu 120°. Toto je možné vysvětlit určitou tepelnou a UV iniciací, kdy po 150 hodinách v testu byla hydrofobnost vyšší. Obecně nátěr Lukofob s UV stabilizérem u všech vzorků má na konci testu hodnoty nad hranici 90° a výš, a tak i dobrou hydrofobnost povrchu. Lukofob s UV stabilizérem vykazuje na tělesech s nepravým jádrem vyšší hodnoty kontaktního úhlu smáčení vodou, kromě již zmíněné termické úpravy při 210°C.

Zkušební vzorek s nátěrem Lukofob vykazuje po 1000 hodinách nejvyšší hodnoty u vzorků s termickou úpravou při 210°C bez nepravého jádra a u reference s nepravým jádrem i bez. Hodnota nátěru Lukofob s termickou úpravou při 210°C bez nepravého jádra po 1000 hodinách byla statisticky významně lepší než hodnoty naměřené na

zkušebních tělesech s nátěrem Lukofob s termickou úpravou při 210°C bez NJ, při 190°C s NJ, při 170°C s NJ a při 170°C bez NJ viz tabulka v přílohách č. 4.

Nátěr s nanočásticemi měl nejlepší vlastnosti na začátku, potom hodnoty klesly někdy až pod úroveň 90° viz obr. č. 2 (A). Nejlepší vlastnosti si nátěr s nanočásticemi zachoval u termické úpravy s nepravým jádrem při 210°C viz obr. č. 3 (A). Hodnota nátěru s nanočásticemi s termickou úpravou při 210°C s nepravým jádrem po 1000 hodinách byla statisticky významně vyšší než hodnoty zjištěné u zkušebních těles s nátěrem s nanočásticemi s termickou modifikací při 170°C bez NJ, 170°C s NJ, 190°C s NJ, 190°C bez NJ, 210°C bez NJ a u reference s NJ viz tabulka č. 5 v přílohách.

Osmo olej na začátku vykazoval dobré vlastnosti, ale v průběhu testu se hydrofobní funkce ztrácela pod hodnoty 90°. Pouze u termicky upravených vzorků s nepravým jádrem i bez při 210°C se hodnoty držely mírně nad 90°C viz obr. č. 3 (A, B). Konopný olej u všech vzorků na začátku dosahoval vysokých hodnot nad 100° a měl dobrou hydrofobnost povrchu. Avšak během testu došlo k výraznému poklesu hodnot pod 90° a tím i k výrazné ztrátě hydrofobní funkce.

Reference obsahující nepravé jádro i reference bez nepravého jádra na začátku dosahovaly hodnoty nad 90°, ale většinou záhy došlo ke strmému poklesu až k 0°. Vyjímkou byly reference bez nátěru s nepravým jádrem a bez nepravého jádra, kdy se pokles hodnot zastavil na hranici 45°.

Ze všech zkušebních vzorků byla nejmenší barevná změna u Osmo oleje a zejména to bylo patrné u referenčních vzorků s nepravým jádrem i bez něj viz obr. 8 (A, B). Hodnota Osmo oleje referenčního vzorku bez termického ošetření s NJ po 1000 hodinách byla statisticky významně nižší než hodnoty naměřené na zkušebních vzorcích s Osmo olejem při termické úpravě při 210°C s NJ, 210°C bez NJ, 190°C s NJ, 190°C bez NJ, 170°C s NJ i bez NJ viz. tabulka v přílohách č. 8. Jak již bylo uvedeno, potvrdilo se, že lepší účinek má na barevnou stálost vždy nátěr obsahující pigmenty.

Konopný olej se ukázal jako vhodný při termické úpravě s nepravým jádrem i bez při 170°C viz obr. 5 (A, B). K největším barevným změnám docházelo u vzorků s nátěrem s nanočásticemi a to zejména u termicky upraveného buku s nepravým jádrem i bez při 190°C viz obr. č 6 (A, B).

Lukofob s UV stabilizérem u žádného zkušební tělesa neměl pozitivní účinek na barevnou stálost nátěrů. Avšak u referenčního vzorku bez termického ošetření bez nepravého jádra hodnota po 1000 hodinách byla statisticky významně nižší než hodnoty ostatních vzorků po 1000 hodinách kromě zkušební tělesa s termickou úpravou při 170°C bez nepravého jádra viz tabulka v přílohách č. 9. Nátěr Lukofob vykazoval vyšší změnu barvy.

Reference vykazovala největší změny barvy u obr. č. 5 (B) při termické úpravě při 170°C bez nepravého jádra. V obr. č. 7 (A) je patrné, že referenční vzorek při termické úpravě při 210°C s nepravým jádrem vykazuje největší barevnou stálost, což se jeví jako velmi překvapující. Může to však být způsobeno určitou degradací vzorku, která vedla k dalšímu ztmavnutí. Obecně reference nevykazovala pozitivní vlastnosti a změna barvy byla zejména u termicky ošetřených těles vyšší. Vliv nepravého jádra zde nebyl patrný.

6. Diskuze

V této kapitole budou shrnuty všechny poznatky, ke kterým se došlo během výzkumu. Jaké bylo chování jednotlivých nátěrových hmot na termicky upraveném dřevě, které bylo vystavené umělému stárnutí v xenonové komoře. Cílem bylo vyhodnotit takovou nátěrovou hmotu, která by nejen korespondovala s termicky ošetřeným dřevem, ale byla i vhodným ochranným prvkem v náročné exteriérové expozici. Bylo zde zkoumáno 5 nátěrových hmot na termicky ošetřených (při 170°C, 190°C, 210°C) zkušebních tělesech. Dále byly hodnoceny i referenční vzorky bez termického ošetření s nátěry i bez nátěrů. Každý druhý vzorek obsahoval záměrně vadu v podobě nepravého jádra, která byla také předmětem studia. Celkové poznatky v této části práce budou srovnány s odbornou literaturou.

6.1. Vyhodnocení kontaktního úhlu smáčení vodou a srovnání s literaturou

Termická úprava i méně trvanlivému dřevu jako je buk dodává lepší vlastnosti jako je např. hydrofobnost povrchu. Otázkou je, zda aplikací nátěrových systémů dojde k vyšší ochraně proti vlhkosti a kapalné vodě či nikoliv. V této části mé práce se hodnotila odolnost nátěrových systémů vůči smáčení vodou.

Nátěr Lukofob a Lukofob s přídavkem UV stabilizéru (Lukofob DxL +UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151) jsou silikonové hydrofobizační nátěry. Společně

s UV filtrem by měly podle výrobce chránit povrch materiálu před působením abiotických činitelů. Po zjištění hodnot tyto nátěry vykazovaly obecně nejlepší hydrofobní vlastnosti. Na začátku Lukofob s UV stabilizérem začínal vždy na hodnotě 0° a během testu začaly hodnoty strmě stoupat až k hodnotě okolo 120°. Tento jev je možný vysvětlit určitou tepelnou a UV iniciací působící v xenonové komoře. Reinprecht a Grznárik (2015) se o tomto problému zmiňují ve svém článku.

Chemická reakce mezi reaktivní organickou skupinou organo-silanu a hydroxylové skupiny (-OH) ve dřevě může začít v přítomnosti vhodného iniciátoru nebo katalyzátoru. Organické silany jsou schopny reagovat s hydroxylovými skupinami ve dřevě a vytvářet tak můstky mezi těmito skupinami a tím snížit hygroskopičnost dřeva. Podobné vlastnosti se projevily i u zkušebních vzorků s nátěrem Lukofob bez UV absorbéru. Na konci testování v xenonové komoře se vyskytovaly nejvyšší hodnoty u termické úpravy při 210°C s nepravým jádrem i bez nepravého jádra viz obr. č. 3(A, B). Vyšší termická úprava způsobuje vyšší hydrofobnost povrchu i u vzorku bez nepravého jádra.

U nátěru Lukofob s UV stabilizérem byly hodnoty kontaktního úhlu smáčení vodou u nepravého jádra vyšší. Naopak u nátěru Lukofob kontaktní úhel smáčení vodou byl vyšší u vzorků bez nepravého jádra. Daňková, et al. (2014) uvádějí, že 100% koncentrace účinné látky zvyšuje efektivitu ochrany povrchu až na 70%. Zde byl použit Lukofob s koncentrací 50%. Pro náročnější expozice, by bylo vhodné zvolit nátěr s vysokou koncentrací účinné látky. Vliv UV stabilizéru je viditelný v obr. č. 1 (A, B), 2 (A), 3 (A).

Nátěr s nanočásticemi (WAPROTECT NANOBALA) je hydrofobní impregnace na dřevo na bázi rozpouštědla s nanočásticemi. Výrobce uvádí, že vrstva nanočástic tvoří na povrchu vrstvu, která blokuje vsakování vody a nečistot. Bylo zjištěno, že nátěr s nanočásticemi měl nejlepší hydrofobní vlastnosti na začátku. Během testu v xenokomoře hodnoty klesly až pod hranici 90° viz obr. č. 2 (A). Nejlepší hydrofobní vlastnosti si nátěr zachoval u zkušebního vzorku s termickou úpravou při 210°C s nepravým jádrem viz obr. č. 3 (A). Po prozkoumání obrázků je evidentní, že vliv nepravého jádra u této nátěrové látky nebyl patrný. Liu et al. (2013) zkoumali odolnost proti vodě a rozměrové stabilitě nátěru s nanočásticemi oxidu titaničitého na dřevě. Došlo k výraznému zlepšení hydrofobnosti povrchu. Nátěr s obsahem nanočástic oxidu křemičitého, který byl také předmětem zkoumání těchto vědců aplikovaném na dřevo vedl k vysoké odpudivosti vůči vodě i olejům. Dále uvádí, že účinky nanočástic oxidu

křemičitého jsou do budoucna slibnou povrchovou ochrannou před vodou i UV zářením, ale je třeba dále zkoumat a prokázat využitelnost tohoto typu látek. U tvrdých dřev s většími póry je třeba ještě dalšího testování těchto nátěrů (Wang, et al., 2013).

Osmo olej (OSMO 010 ThermoWood + Impregnace dřeva WR 4001 OSMO) díky obsahu organických pigmentů chrání materiál ThermoWood před UV zářením. Výrobce uvádí, že nátěr odpuzuje vodu a je odolný vůči povětrnostním vlivům. Je pravda, že Osmo olej na začátku zkoušky vykazoval dobré hydrofobní vlastnosti, kdy se hodnoty pohybovaly okolo 100°. V průběhu testu došlo k postupnému poklesu hydrofobní funkce k hodnotám pod 90°. Vyjímkou byly vzorky s termickou úpravou při 210 °C s nepravým jádrem i bez, kde se hodnoty držely na konci testu mírně nad 90 ° viz obr. č. 3 (A, B). Tento jev je dán vyššími teplotami termického ošetření.

Konopný olej (Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025 + Konopný penetrační olej o 0200) obsahuje až 50 x menší molekuly, které lépe pronikají do hloubky podkladu a pokrývají povlakem stěny pórů. Výrobce uvádí, že konopný lazurovací lak odpuzuje vodu a nečistoty. Nedochozí k „chlupatění“ dřeva, má dobré difuzní schopnosti a je biologicky odbouratelný. S tímto tvrzením výrobce, se nedá až tak souhlasit. Konopný nátěrový systém vykazoval u všech vzorků na začátku sledování poměrně vysoké hodnoty nad 100°. Dosahoval tím tak dobré hydrofobní funkce, avšak v průběhu testu začaly hodnoty klesat pod 90° a tím došlo k výrazné ztrátě hydrofobnosti povrchu.

Na finské univerzitě Aalto byly zkoumány nátěry na bázi rostlinných vosků a olejů, jako je Carnaubský vosk a lněný olej a lak. Bylo zjištěno, že voskový nátěr má dobré hydrofobní vlastnosti, zatímco lněný olej a lak nebyly dostatečně voděodolné (Lozhechnikova, et al, 2015).

Referenční vzorky s nepravým jádrem i bez nepravého jádra nebyly ošetřeny žádným nátěrem. Na začátku sledování dosahovaly poměrně dobrou hydrofobnost nad 90°. Většinou záhy došlo k strmému poklesu hodnot až k 0°. Vyjímkou byly referenční vzorky u obr. č. 4 (A, B), kde se pokles hodnot zastavil u obou těles okolo 45°. Není zde patrný rozdíl mezi vzorky s nepravým jádrem a bez nepravého jádra. Ani termická úprava se u referenčních vzorků neprojevila nijak pozitivně.

6.2. Vyhodnocení změny barvy a srovnání s literaturou

Dřevo získává termickou úpravou nejen lepší hydrofobnost, trvanlivost proti biotickým a abiotickým činitelům, ale mění se i barva. Záleží na teplotě termické úpravy. Barva se pohybuje od medové přes karamelovou až k černé. Ve stále venkovní expozici na termodřevo působí voda, UV záření, emise, mráz aj. Dochází k tvorbě patiny a šedivění, a proto je vhodné aplikovat nátěrové hmoty.

V této podkapitole dojde k vyhodnocení a shrnutí, u kterých nátěrů došlo k nejmenší barevné změně a k největší barevné změně a následné srovnání s údaji v odborné literatuře.

Osmo olej obsahuje organické pigmenty, díky kterým podle výrobce chrání povrch nátěru proti UV záření a povětrnostním vlivům. Také Osmo olej vyšel ze všech testovaných nátěrů s nejmenší změnou barvy. Nejvýznamnější stálost barvy byla patrná u referenčních vzorků s nepravým jádrem i bez viz obr. č. 8 (A, B). Reinprecht a Vidholdová se o této problematice zmiňují ve své publikaci (2008): “V exteriéru se doporučuje upravit termodřevo vhodným protipovětrnostními nátěry, nejlepší na olejové bázi s podílem UV-absorbérů nebo pigmentů. Ve většině případů se povrchová úprava vykonává polotransparentní nátěry, které obsahují pigmenty hnědých odstínů, a to tak, aby se co možná nejvíc zachoval originální odstín termodřeva.“ Reinprecht a Pánek (2015) publikovali článek o nátěrech na exotická dřeva. Došli k závěru, že pomocí olejového nátěru, může změna barvy ošetřeného dřeva být zmenšena pomocí pigmentace. K dosažení stálé barvy olejovaného povrchu dojde pokud bude nátěr obnovován nejlépe během 6-12 měsíců. Z toho vyplývá, že obecně nátěry s obsahem pigmentů mají lepší barevnou stálost. Vliv nepravého jádra byl irelevantní.

Konopný olej (Konopný penetrační olej o 0200 + Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025) vykazoval dobré vlastnosti zejména při termické úpravě s nepravým jádrem i bez nepravého jádra při 170°C viz obr. č. 5 (A, B). Na konci testu měl tento nátěr velký rozptyl hodnot, protože docházelo k tvorbě nerovnoměrně rozmístěných skvrn, a proto tato úprava není vhodná do exteriéru. Bylo by zapotřebí aplikovat více vrstev lazurovacího konopného laku, aby byl nátěr odolnější. Zde však bylo myšleno vytvořit a porovnat stejné vrstvení pro Osmo olej i pro olej konopný.

Nátěr s nanočásticemi u většiny vzorků vykazoval velké barevné změny. Nejrapidněji se tato celková změna barvy prokázala u termické úpravy při 190°C s nepravým jádrem i bez viz obr. č. 6 (A, B).

Na Zahřebské univerzitě v Chorvatsku byl proveden výzkum, který se zabýval porovnáváním polyakrylátových nátěrů s nátěry s nanočásticemi ZnO na termicky upraveném buku. Zjistilo se, že nebyl pozorován takový rozdíl mezi termicky modifikovanými vzorky s polyakrylátovým nátěrem a s nátěrem s nanočásticemi ZnO a TiO₂. Nejvyšší barevné změny byly u termicky ošetřeného vzorku při teplotě 190°C s nátěrem s nanočásticemi ZnO. Nejmenší barevné změny byly u vzorku s termickým ošetřením při 212°C s nátěrem s nanočásticemi TiO₂.

Experiment ze Zahřebské univerzity má shodující se výsledky s hodnotami uvedenými i v této práci viz obr. č. 6 (A, B) (Miklečič, 2013).

Lukofob (Lukofob DxL) jak už bylo zmíněno je hydrofobizační přípravek, který v tomto výzkumu se prokázal, že má dobré hydrofobní vlastnosti. UV stabilizér (UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151) byl záměrně použit, aby se zjistilo zda má opravdu takové účinky, jaké uvádí výrobce. Tato látka byla vytvořena, aby splňovala vysoké požadavky na trvanlivost nátěrů v exteriéru. UV absorbér je vhodný pro širokou škálu nátěrů dle výrobce. Z testovaných hodnot vyplývá že, nátěr neměl u termicky upravených zkušebních vzorků žádný pozitivní účinek na barevnou stálost. Nejvýrazněji se to projevilo u termické úpravy při 210 °C s nepravým jádrem i bez něj, kde oba vzorky vykazovaly největší změny barvy. Dále byl patrný i vysoký rozptyl hodnot viz obr. č. 7 (A), který udává, že tento nátěr není vhodný.

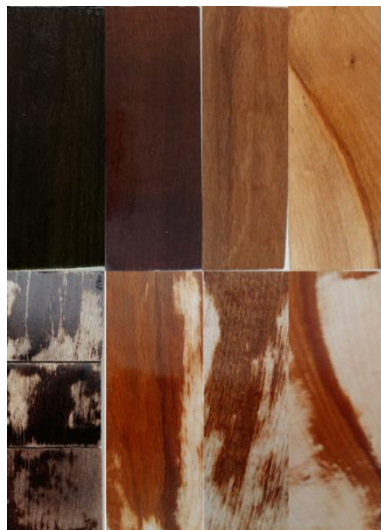
U referenčního vzorku bez jádra viz obr. č. 8 (B) měl nátěr nejmenší změny barvy. Světové studie uvádí, že použití UV absorbérů může výrazně zlepšit stálobarevnost dřeva (Evans, et.al 2015). Tento poznatek se neprokázal. Lukofob (Lukofob DxL) prioritně působil jako nátěr, který má dobré hydrofobizační vlastnosti. Na stálost barvy neměl nikterak kladný vliv.

U referenčních vzorků bez nátěrů byly největší změny viditelné u obr. č. 5 (B) při termické úpravě při 170 ° bez nepravého jádra. Vyjímkou byl vzorek při termické úpravě při 210 ° s nepravým jádrem, kdy reference vykazovala nejmenší změny barvy. Tento jev byl zřejmě způsoben určitou degradací vzorku a těleso dál tmavlo. Obecně změna barvy byla u termicky ošetřených těles vyšší.

6.3. Vizuální vyhodnocení vzorků

- Konopný penetrační olej o 0200 + Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025

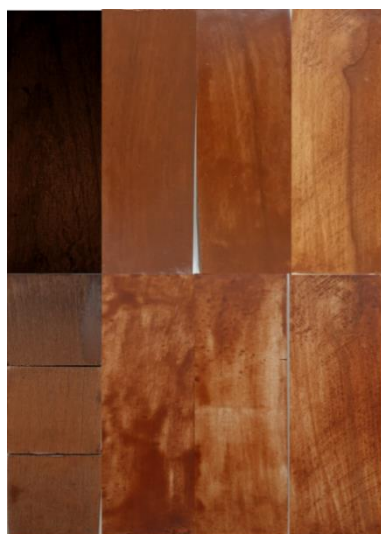
Po vytvrzení měl konopný lazurovací lak lesklý transparentní povrch. Během testu se na zkušebních tělesech začaly tvořit skvrny a lak postupně ubýval.



Obr. 21: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

- Impregnace dřeva WR 4001 OSMO + OSMO 010 ThermoWood

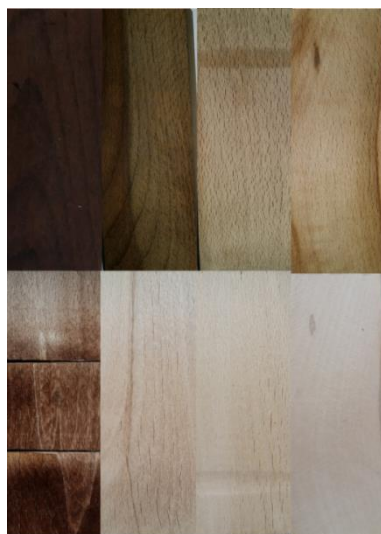
Tento nátěr obsahoval hnědé pigmenty, které se během testu postupně vymývaly. Na konci testu však tento nátěr vyšel vizuálně jako nejlepší. Po 1000 hodinách v xenotestu se dá hodnotit jako využitelný pro venkovní expozici. Je doporučeno ho však každých 6-12 měsíců obnovovat, aby se na něm netvořili skvrny.



Obr. 22: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

- Lukofob DxL + UV stabilizér - Ciba TINUVIN 5151

Na začátku sledování tento nátěr s UV stabilizérem byl transparentní bez pigmentace. UV stabilizér měl zabránit fotodegradaci zkušebních těles, avšak všechny vzorky na konci testu velice zesvětlaly až do běla. Rapidní zesvětlení je viditelné u termické úpravy při 210°C. Na zkušebních tělesech se tvořily i trhlinky.



Obr. 23: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

- Lukofob DxL

Po vytvrdnutí tento nátěr byl transparentní a měl hydrofobizační účinky. Postupem testování došlo k výraznému zesvětlení až zbledání a tvorbě trhlin. U termicky ošetřených těles při 210°C se střídají světlá a tmavá místa.



Obr. 24: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

- WAProtect NANOBALA

Transparentní nátěr, který během testu začal výrazně světlat, což bylo viditelné hlavně u termických úprav. Docházelo k tvorbě trhlin. U termicky ošetřených vzorků při 210°C byly místy světlá místy tmavá místa, povrch nebyl barevně homogenní.



Obr. 25: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

- Reference bez nátěru

Reference bez termické úpravy na konci testu velmi zesvětlaly, avšak nedocházelo k tvorbě trhlin. U referencí s termickým ošetřením se tvořily delší trhliny a povrch rapidně zesvětlal. U termické úpravy při 210°C jsou viditelná tmavá a světlá místa.



Obr. 26: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách (Pelzerová, 2017).

7. Závěr

Tato diplomová práce se zabývá analýzou nátěrových systémů, aplikovaných na termicky modifikované dřevo buku lesního (*Fagus sylvatica*). Byly zde hodnoceny termické úpravy při 170°C, 190°C, 210°C a referenční vzorky bez termického ošetření. Dalším prvkem, který zde byl zkoumán je vliv nepravého jádra. Smyslem diplomové práce bylo vyhodnotit vlastnosti nátěrových hmot v interakci s termicky ošetřeným bukem a zjistit, které systémy jsou vhodné pro použití do venkovní expozice.

Venkovní podmínky byly nahrazeny testováním zkušebních těles v xenonové komoře podle normy ČSN EN 927-6 - Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody. Test trval 1000 hodin s přestávkami na měření po 150 a 500 hodinách. Výsledky zkoušky v xenonové komoře byly hodnoceny pomocí měření změny barvy na přístroji spektrofotometr dle normy ISO 7724 –

Kolorimetrie dále pomocí přístroje goniometr, kterým se měří kontaktní úhel smáčení vodou a vizuálně.

Výsledky z uvedených měření ukázaly, že nejlepší hydrofobní vlastnosti mají nátěry Lukofob a Lukofob s UV stabilizérem. Na začátku sledované zkušební tělesa vykazovala hodnoty kontaktního úhlu 0° , během testu však začaly hodnoty strmě stoupat až k hodnotě 120° . Tento jev je možný vysvětlit působením vhodného katalyzátoru nebo iniciátoru (teplo, UV).

Obecně lze tvrdit, že vyšší hydrofobní funkce byla u zkušebních vzorků s vyšší teplotou (210°C) termického ošetření viz obr. č. 3(A, B). Nátěr Lukofob s UV stabilizérem neměl u termicky modifikovaných těles nikterak patrný vliv na stálost barvy. Ani nátěr Lukofob neměl kladné vlastnosti na barevnou stabilitu. Po vizuální stránce tyto nátěry nezabránily zesvětlení barvy zejména u termicky upravených těles. Dále docházelo ve většině případů k tvorbě trhlinek.

Zkušební vzorky s povrchovou úpravou s nanočásticemi měly nejlepší hydrofobní vlastnosti na začátku procesu umělého stárnutí a během testu hodnoty kontaktního úhlu smáčení vodou klesaly až pod 90° . Nevykazoval pozitivní vliv ani na stálost barvy. Povrch vzorků výrazně zesvětlal a docházelo k tvorbě trhlin. Tento nátěr se neprokázal jako vhodný pro použití do exteriéru.

Osmo olej na začátku zkoušení tvořil kvalitní ochranu proti vodě, kontaktní úhel smáčení vodou se pohyboval okolo 100° . V průběhu testování došlo však k postupnému poklesu hydrofobní funkce k hodnotám pod 90° . Lepší hydrofobní vlastnosti se projeví u vzorku s termickou úpravou při 210°C . Při hodnocení stálosti barvy se Osmo olej klasifikoval jako nejlepší. Je to dáno obsahem organických pigmentů v nátěru. Vliv pigmentů na stálost barvy potvrzuje i odborná literatura. Soudím, že Osmo olej je vhodný nátěr pro výrobky z termicky upraveného dřeva pro exteriérové využití za předpokladu, že se nátěr bude častěji obnovovat (6 -12 měsíců).

Konopný lazurovací lak se neprokázal jako dostatečně odolný vůči vodě. V průběhu testu docházelo k tvorbě skvrn, kdy se lak místy ztrácel. Po estetické i funkční stránce zcela zklamal. Aby si lak zachoval vyšší odolnost, bylo by potřeba vytvořit více vrstev.

Avšak v této práci bylo cílem porovnat Osmo olej a konopný olej s jednotným vrstvením.

Referenční vzorky na začátku sledování měly poměrně dobré hydrofobní vlastnosti, ale záhy došlo k strmému poklesu hodnot až k 0°. Termická úprava ani nepravé jádro zde nemělo pozitivní vliv. Změna barvy u termicky modifikovaných referencí byla znatelně vyšší. Vyjímkou byl vzorek s termickou úpravou při 210°C, kdy došlo k ztmavení vzorku. Což lze vysvětlit určitou degradací referenčního vzorku. U termicky modifikovaných referencí docházelo k tvorbě podlouhlých trhlin. Vliv nepravého jádra se ve většině případů neprojevil.

8. Literatura a zdroje

Literatura:

- DAŇKOVÁ J., MURÍNOVÁ T., REINPRECHT L., MAMOŇOVÁ M. *Modifikace dřeva silikony jako potenciální perspektivní technologie ochrany dřevěnýchstavebních konstrukcí proti korozi*. VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, TU Zvolen, Dřevařská fakulta. 2014
- DRÁPELA, Jindřich, et. al. *Výroba nábytku: Technologie*. 1. vyd. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury. 1980. 485 s. ISBN 04-827-80.
- EVANS, P.; HAASE, J., G.; SEMAN, A., S., B., M.; KIGUCHI, M. *The Search for Durable Exterior Clear Coatings for Wood*. Coating 2015. ISSN 2079-6412.
- GABRIEL, Ingo. *Dřevěné fasády: materiály, návrhy, realizace*. 1. vyd. Grada Publishing a.s., 2011. ISBN 8024738198.
- GANDELOVÁ, Libuše; HORÁČEK, Petr; ŠLEZINGEROVÁ, Jarmila. *Nauka o dřevě*. 2. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 2004. 184 s. ISBN 80-7157-577-1.
- HILL, Callum A.S. *Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes*. John Wiley and Sons LTD. Chichester. UK. 2006. ISBN 0-470-02172-1.
- HIMMELHUBER, Peter. *Dřevěné terasy*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2012. 104 s. ISBN 978-80-247-4003-4.
- HLAVÁČ, Richard; SOUČEK Jiří. *Povrchové úpravy dřevěných konstrukcí nanotextiliemi s ohledem na propustnost dřeva pro vodní páry*. Dřevostavby: Profi speciál. 2014, vol. 5, s.43-45. ISBN 978-80-905322-6-7.
- HOLEČEK, Tomáš; BORŮVKA, Vlastmil; ZEIDLER, Aleš. *Únosnost vrutových spojů u thermowoodu*. Dřevařský magazín. 2015, vol.16, no 5, s. 6-7. ISSN 1338-371X.
- HUMHAL, Josef. *Povrchové úpravy dřeva a jejich vazby na konstrukční systémy*.
- JAKEŠ, Petr. *Výhody použití silanů jako aditiv v nátěrových hmotách*. 34- th International Conference on Coatings Technology. University of Pardubice

Institute of Polymeric Materials Department of Paints and Organic Coatings.
2003.

- KOLB, Josef. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2.vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2011. 320 s. ISBN 978-80-247-4071-3.
- MALINSKÝ, Josef. *Vliv atmosférických činitelů a druhu nátěrových hmot na jejich trvanlivost v exteriérové expozici*. Praha: Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. 2016.
- MIKLEČIČ, Jodip; RAJKOVIC, Jirouš; ŠPANIĆ, Nikola. *Usage of Stains with Incorporated TiO₂ and ZnO Nanoparticles in Finishing of Thermally Modified Wood*. Science for Sustainability University of West Hungary International Scientific Conference for PhD Students. Győr, 2013.
- PÁNEK, Miloš. *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.
- POLÁŠEK, Josef. *Zkoušení nátěrových hmot a povrchových úprav: Část I. stavebně truhlářské výrobky*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 149 s. ISBN 80-7157-659-x
Praha: Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. 2012.
- REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.
- REINPRECHT, Ladislav; GRZNARIK, Tomáš. *Biological durability of scots pine (pinus Sylvestris l.) Sapwood modified with selected Organo-silanes*. Technical University of Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology Zvolen, Slovak Republic. 2015.
- REINPRECHT, Ladislav; PÁNEK, Miloš. *Effect of vegetable oils on the colour*
- REINPRECHT, Ladislav; PÁNEK, Miloš. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. 1.vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016.133 s. ISBN 978-80-213-2660-6.
- REINPRECHT, Ladislav; VIDHOLDOVÁ Zuzana. *Termodrevo: Příprava, vlastnosti a aplikácie*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2008. 89 s. ISBN 978-80-228-1920-6.

- ROJČÍKOVÁ, Jana; JAREŠOVÁ, Miroslava. *Použití silikonů v průmyslu nátěrových hmot*. 34th International Conference on Coatings Technology. University of Pardubice Institute of Polymeric Materials Department of Paints and Organic Coatings. 2003.
stability of four tropical woods during natural and artificial weathering. Journal of Wood Science Official Journal of the Japan Wood Research Society. 2015. ISSN 1435-0211.
- TESAŘOVÁ Daniela, HLAVATÝ Josef, ČECH Petr. *Povrchová úprava dřeva: Lakování, moření, lazurování a lepení*. 1. vyd. Praha. Grada Publishing, a.s. 2014. ISBN 978-80-247-4715-6.
- UGOVŠEK, Aleš; et. al. *Performance of windows and façade elements made of Thermally modified norway spruce (picea abies) in Different climatic conditions*. Vídeň. World Conference on Timber Engineering. 2016.
- ZÁVADA, Vratislav. *Vliv UV stabilizátorů v nátěrovém systému na vlastnosti povrchové úpravy dřeva*. Brno: Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Ústav nábytku, designu a bydlení. 2011.
- ŽLAHTIČ, Mojca; HUMAR, Miha. *Influence of Artificial and Natural Weathering on the Moisture Dynamic of Wood*. University of Ljubljana. Biotechnical Faculty. Department of Wood Science and Technology. Ljubljana. Slovenia. 2017.

Elektronické zdroje:

- © JAF HOLZ spol. s r. o. Thermowood. © *JAF HOLZ spol. s r. o.* [online].2016 [cit. 2017-03-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.jafholz.cz/produkty/terasy/thermoborovice>>.
- AU-MEX s.r.o. Informace o výrobku: OSMO terasové speciální oleje na dřevo: Technický list. *AU-MEX s.r.o.* [online].2017[cit. 2017-04-06]. Dostupné z WWW: <<https://www.supellex.cz/osmo-terasove-specialni-oleje-na-drevo.pdf>>
- BARTOVSKÁ, Lída; ŠIŠKOVÁ, Marie. „Co je co v povrchové a koloidní chemii“ – kontaktní úhel smáčení. *Transformačních rozvojových programů*

- mšmt* čr: *VŠCHT Praha*. [online].2005 [cit. 2017-08-04]. Dostupné z WWW:<
http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/uhel_smaceni.html>
- Ciba Inc. Ciba®TINUVIN® 5151 Light Stabilizer Blend.
Ciba®.[online].2009[cit. 2017-03-10]. Dostupné z WWW:<
http://www.conquimica.com/w-content/uploads/2015/06/ft_tinuvin_5151.pdf>
 - Ekostavivo. Popis produktu Penetrační olej NATUROL 0,9 kg: Technický list – penetrační olej. © 2014, *Ekostavivo*. [online]. 2014 [cit. 2017-04-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.ekostavivo.cz/penetracni-olej-naturol-09-kg-4201-01/#tab-soubory-ke-stazeni>>
 - HEMP PRODUCTION CZ s.r.o. Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025: Technický list. © 2017 *Hemp production s.r.o.* [online].2017[cit. 2017-03-04].Dostupné z WWW: <<http://www.ekonopi.cz/index.php>>
 - HEMP PRODUCTION CZ s.r.o. Konopný lazurovací lak NATUROL 0 1025: Technický list. © 2017 *Hemp production s.r.o.* [online].2017[cit. 2017-03-04].Dostupné z WWW:
 <http://www.ekonopi.cz/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=2:letaky-plakaty>
 - International ThermoWood Association. Finish ThermoWood Association. © 2013 *International ThermoWood Association*. [online].2013[cit. 2017-04-02].Dostupné z WWW:
 <https://asiakas.kotisivukone.com/files/en.thermowood.kotisivukone.com/tiedos_tot/thermo_eng.pdf>
 - KRÜSS GmbH. Drop Shape Analyzer – DSA30E. *KRÜSS GmbH*. [online].2017[cit. 2017-03-05]. Dostupné z WWW:
 <<https://www.kruss.de/products/contact-angle/dsa30/drop-shape-analyzer-dsa30e/>>
 - KUČEROVÁ, Irena. Nátěry oken - historie a současnost. *STUDIO AXIS, spol. s r.o.* [online].2017[cit. 2017-03-04]. Dostupné z WWW:
 <<https://www.studioaxis.cz/images/pamatky2005/kucerova.pdf>>
 - LABÍK, Stanislav et. al. Fázová rozhraní. *VŠCHT, Praha*. [online].2015[cit. 2017-01-03].Dostupné z WWW:<
<https://old.vscht.cz/fch/prikladnik/prikladnik/p.12.1.html>>.

- LOZHECHNIKOVA, Alina; VAHTIKARI, Katja; HUGHES, Mark; ÖSTERBERG, Monika. Toward energy efficiency through an optimized use of wood: The development of natural hydrophobic coatings that retain moisture-buffering ability. *ScienceDirect*. [online].2015[cit. 2017-04-01].Dostupné z WWW: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815301699?>>
- Lučební závody a.s.Kolín. Bezpečnostní list – Lukofob DxL. *Lučební závody a.s.Kolín.* . [online].2016[cit. 2017-03-16].Dostupné z WWW:<<http://www.lucebni.cz/data/File/lukofob-napostedlo/Bezpecnostni%20listy/Lukofob%20DxL.pdf>>
- MILITZ, Holger. Wood Research and Education in Germany. *Faculty of Forest Sciences and Forest Ecology: Wood Technology and Wood-based Composites : Georg-August University of Göttingen*. [online]. 2017 [cit. 2017-04-04].Dostupné z WWW: <<http://www.uni-goettingen.de/en/131929.html>>
- Nanobala s r.o. Impregnace dřeva – WAProtect. © 2010-2017,Nanobala s r.o. ®.[online].2017[cit. 2017-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.nanobala.cz/WAProtect.htm>>
- Osmo.cz. Informace o produktu: Terasové oleje na dřevo. *Copyright (C) 2016 Osmo.cz* [online].2016 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.osmo.cz/files/barvy-na-drevo-venku/technicke-listy/terasove-oleje57aeb67518279.pdf>>
- OY LUNAWOOD LTD. Lunawood Product Portfolio 2017/Eng. © 2017 *Lunawood* [online].2017 [cit.2017-03-02]. Dostupné z WWW: <[http://www.lunawood.com/downloads/.](http://www.lunawood.com/downloads/)>
- PROKOM R&S s.r.o.Výrobní proces ThermoWood® – tepelně upravené profily. *PROKOM R&S s.r.o* [online]. 2013 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/128-drevene-profily-tepelne-upravene-specialni-technologie-thermowood>>.
- WAN,X.; CHAI, Y.; LIU, J. Formation of highly hydrophobic wood surfaces using silica nanoparticles modified with long-chain alkylsilane *.ResearchGate*. [online].2013[cit. 2017-03-25].Dostupné z WWW: <https://www.researchgate.net/publication/271382914_Formation_of_highly_hy

drophobic wood surfaces using silica nanoparticles modified with long-chain alkylsilane>

Normy:

- ČSN EN 927- Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Specifikace funkčních vlastností. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 927-1 Nátěrové hmoty – Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 1: Klasifikace a volba. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 927-3 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí – Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 927-4 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy vnější na dřevo - Část 4: Hodnocení propustnosti pro vodní páru. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 927-5
Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 927-6 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro
- ČSN EN ISO 2813 Nátěrové hmoty - Stanovení lesku nátěru při úhlu 20°, 60° a 85°. Český normalizační institut, 2015
- ČSN EN ISO 4628-1 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 1: Obecný úvod a systém označování. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- ČSN EN ISO 4628-2 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 2: Hodnocení stupně puchýřkování. Praha: Český normalizační institut, 2016.

- ČSN EN ISO 4628-4 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 4: Hodnocení stupně praskání. Praha: Český normalizační institut, 2016.
- ČSN EN ISO 4628-5 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 5: Hodnocení stupně odlupování Praha: Český normalizační institut, 2016.
- ČSN EN ISO 4628-6 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu – Část 6: Hodnocení stupně křídování metodou samolepicí pásky: Český normalizační institut, 2016.
dřevo ve vnějším prostředí – Část 6: Zkouška urychleným stárnutím. Praha: Český normalizační institut, 2013.
- ISO 7724/2:1985 Paints and varnishes. Colorimetry. Part 2: Colour measurement (Nátěrové hmoty. Kolorimetrie. Část 2: Měření barvy). Praha: Český normalizační institut, 1993.

Zdroje tabulek:

- Tabulka 1: Třídy trvanlivosti dřeva vybraných dřevin v kontaktu se zemí – nebezpečí poškození všemi typy hniloby. REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dřeva*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 2008. 453 s. ISBN 978-80-228-1863-6.
- Tabulka 2: Klasifikace materiálu ThermoWood. International ThermoWood Association. Finish ThermoWood Association. © 2013 *International ThermoWood Association*[online].2013[cit.2017-04-02].Dostupnéz WWW:<
<http://www.thermowood.fi/classification>>
- Tabulka 3: Třídy trvanlivosti dřeva a dřevěných materiálů. HIMMELHUBER, Peter. *Dřevěné terasy*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2012. 104 s. ISBN 978-80-247-4003-4.
- Tabulka 4: Rozpětí barevné difference ΔE^* . PÁNEK, Miloš. *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.

- Tabulka 5: Přehled zkušebních vzorků. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování 2017.
- Tabulka 6: Množství nátěrové látky na plochu zkušebního vzorku. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 7: Veličiny s hodnotami působící v xenonové komoře. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 8: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 9: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 10: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 11: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 12: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 13: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 14: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Tabulka 15: Průměrná změna barvy v závislosti na umělém stárnutí v xenonové komoře za daný čas. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.

Zdroje obrázků:

- Obr. 1: Fáze výrobního procesu materiálu ThermoWood. PROKOM R&S s.r.o. Výrobní proces ThermoWood® – tepelně upravené profily. *PROKOM R&S s.r.o* [online]. 2013 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/128-drevne-profily-tepelne-upravene-specialni-technologie-thermowood>>
- Obr. 2: Terasové a bazénové profily z materiálu ThermoWood. PROKOM R&S s.r.o. Výrobní proces ThermoWood® – tepelně upravené profily. *PROKOM R&S s.r.o* [online]. 2013 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/135-thermowood-tepelne-upravene-drevo-fotogalerie>>
- Obr. 3: Exteriérové obklady z materiálu ThermoWood bez provedení povrchové úpravy. PROKOM R&S s.r.o. Výrobní proces ThermoWood® – tepelně upravené profily. *PROKOM R&S s.r.o* [online]. 2013 [cit. 2017-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.prokom.cz/tepelne-upravene-drevo-thermowood/131-thermowood-tepelne-upravene-drevo-barevne-zmeny-thermowoodu-sednuti>>
- Obr. 4: Kontaktní úhel smáčení. LABÍK, Stanislav et. al. Fázová rozhraní. *VŠCHT, Praha*. [online]. 2015 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z WWW: <<https://old.vscht.cz/fch/prikladnik/prikladnik/p.12.1.html>>
- Obr. 5: Rozhraní barev. PRITCHARD, Gordon. Tolerancing color in presswork - CIE L*a*b* and DeltaE. *The Print Guide*. . [online]. 2010 [cit. 2017-01-04]. Dostupné z WWW: <<http://the-print-guide.blogspot.cz/2010/04/tolerancing-color-in-presswork-cie-lab.html>>
- Obr. 6: Zkušební vzorek s označenými místy, kde se měřila barva. PELZEROVÁ, Markéta. *Vlastní zpracování*. 2017.
- Obr. 7: Účinek nátěru WAProtect. Nanobala s r.o. Impregnace dřeva – WAProtect. © 2010-2017, *Nanobala s r.o.* ®. [online]. 2017 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.nanobala.cz/WAProtect.htm>>
- Obr. 8: Měření kontaktního úhlu smáčení na přístroji goniometr. PELZEROVÁ, Markéta. *Vlastní zpracování*. 2017.

- Obr. 9: Xenon Test Chamber, Model Xe – 3, Q – sun, Q – lab. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Obr. 10: Xenonová komora. Q-LAB. Q-SUN Xe-3 Xenon Test Chamber. © 2017 Q-LAB. ®.[online].2017[cit. 2017-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://www.q-lab.com/products/q-sun-xenon-arc-test-chambers/q-sun-xe-3>>
- Obr. 11: Spektrofotometr. infocube s.r.o. Spektrofotometr Konica Minolta CM-700d. © 2017 infocube s.r.o. [online].2017[cit. 2017-03-08]. Dostupné z WWW: <<http://infocube.cz/cs/spektrofotometr-konica-minolta-cm-700d/>>
- Obr. 12: Přístroj goniometr. KRÜSS GmbH. Drop Shape Analyzer – DSA30E. KRÜSS GmbH. [online].2017[cit. 2017-03-05]. Dostupné z WWW: <<https://www.kruss.de/products/contact-angle/dsa30/drop-shape-analyzer-dsa30e/>>
- Obr. 13: Laboratorní váhy. Selva. Kern ABT. www.eshop-rychle.cz. [online].2017[cit. 2017-03-05]. Dostupné z WWW:<
<<http://www.selva.cz/selva/eshop/1-1-Vahy-obchodni-presne-poc/124-2-Analyticke-vahy/5/246-KERN-ABT>>
- Obr. 14: Z leva do prava: ThermoWood – 210°C, 190°C, 170°C; reference – neošetřená; reference – neošetřená, nepravé jádro; ThermoWood – nepravé jádro – 170°C, 190°C, 210°C. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Obr. 15: Konopný penetrační olej značky Hemp. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Obr. 16: Konopný lazurovací lak značky Hemp. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Obr. 17: Impregnace dřeva značky Osmo. Osmo.cz. Informace o produktu: Terasové oleje na dřevo. Copyright (C) 2016 Osmo.cz [online].2016 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z WWW: <<http://www.osmo.cz/files/barvy-na-drevo-venku/technicke-listy/terasove-oleje57aeb67518279.pdf>>

- Obr. 18: Osmo olej na ThermoWood. CarboClass Ltd. Osmo 010 Wood - Oils Thermo Wood - Oil Natural Shade. Model No: Osmo-010 . © *CarboClass Ltd 2015. cz* [online].2016 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z WWW:<
<https://lordsathome.com/osmo-010-wood-oils-thermo-wood-oil-natural-shade.html>>
- Obr. 19: Lukofob D x L . Lučební závody a.s.Kolín. Bezpečnostní list – Lukofob DxL. *Lučební závody a.s.Kolín. .* [online].2016[cit. 2017-03-16].Dostupné z WWW:
<<http://www.lucebni.cz/data/Image/produkty/lukofob/Lukofob%20DXL.jpg>>
- Obr. 20: Nátěr WAProtect s nanočásticemi. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017.
- Obr. 21: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017
- Obr. 22: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017
- Obr. 23: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017
- Obr. 24: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017
- Obr. 25: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017
- Obr. 26: Změny povrchu během umělého stárnutí. Horní zkušební vzorky (termická úprava 210°C, 190°C, 170°C, reference) na začátku testu ve srovnání po 1000 hodinách. PELZEROVÁ, Markéta. Vlastní zpracování. 2017

Seznam příloh:

Tabulka 1: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test – Reference

Tabulka 2: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test – Osmo olej

Tabulka 3: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test – Lukofob s UV stabilizérem

Tabulka 4: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test - Lukofob

Tabulka 5: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test – Nanočástice

Tabulka 6: Kontaktní úhel smáčení - Tukey HSD Test – Konopný olej

Tabulka 7: Změna barvy - Tukey HSD Test – Reference

Tabulka 8: Změna barvy - Tukey HSD Test – Osmo olej

Tabulka 9: Změna barvy - Tukey HSD Test – Lukofob s UV stabilizérem

Tabulka 10: Změna barvy - Tukey HSD Test – Lukofob

Tabulka 11: Změna barvy - Tukey HSD Test – Nanočástice

Tabulka 12: Změna barvy - Tukey HSD Test – Konopný olej

Tabulka 9: Změna barvy - Tukey HSD Test – Lukofob s UV stabilizérem

Tukey HSD test: variable dE

Cell No.	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}	{14}	{15}	{16}	{17}	{18}	{19}	{20}	{21}	{22}	{23}	{24}																															
1	UV_LUKOFB	UV_LUKOFB_170_150h	0,0000 0,0000	2	0,0000 0,0000	3	0,2210 0,9985 0,0000	4	0,9961 0,0004 0,0000 0,8074 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,2614 0,0003 0,0000 0,0008 0,0000 0,5089 0,9641 0,0016 0,0000 0,0000 0,0000 0,9314 0,0000 0,9044 0,9963	5	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9993 0,0000 0,0000 0,4898 0,0000 0,0000 0,0684 0,0000 0,0000 0,0000 0,0655 1,0000 0,0000 0,1729	6	0,5162 0,0000 0,0004 0,0000 0,0000 0,5162 0,0000 0,0000 0,9894 0,0000 0,0000 0,0000 0,0088 0,0000 1,0000 0,0000 0,3453 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,1630	7	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,3676 0,0801 0,0000 0,2659 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000	8	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9929 0,7706 0,0000 0,9635 0,0021 0,0000 0,0008 0,9208 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0002	9	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,3274 0,0000 0,0000 0,0190 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9980 0,0000 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000	10	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9999 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,4493 1,0000 0,0000 0,0008	11	0,0000 0,0000 0,0003 0,0000 1,0000 0,5587 0,0000 0,9829 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0109 0,0000 1,0000 0,0000 0,3095 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,1414	12	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0088 0,0000 0,9995 0,0000 0,7706 0,9990 0,0000 0,0109 0,0000 0,0040 0,9214 0,0000 0,0021 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000	13	0,0000 1,0000 0,0033 0,4898 0,0000 0,0000 0,0000 0,3274 0,0000 0,0000 0,0000 0,9999 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9953 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,9988 0,8200 0,0064 0,8609 0,0000	14	0,0000 0,0000 0,0008 0,0000 1,0000 0,3676 0,0000 0,9635 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0040 0,0000 0,0000 0,0000 0,4911 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,2624	15	0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0801 0,0000 0,0000 0,0021 1,0000 0,0000 0,0000 0,9214 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000	16	0,0000 1,0000 0,5089 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 1,0000 0,0000 0,0000 1,0000 0,0000 0,9953 0,0000 0,0000 0,0009 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,2189 1,0000 0,0000 1,0000 0,0037	17	0,0000 0,0001 0,9641 0,0684 0,3453 0,0000 0,0051 0,0008 0,0000 0,0000 0,0002 0,3095 0,0000 0,0000 0,4911 0,0000 0,0009 0,6142 0,0000 0,0000 0,0000 0,0146 0,0000 0,0000 0,0110 1,0000	18	0,0000 0,0000 0,0016 0,0000 1,0000 0,2659 0,0000 0,9208 0,0000 0,0000 1,0000 0,0000 0,0021 0,0000 1,0000 0,0000 0,6142 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,3633	19	UV_LUKOFB_150h	0,2620 0,0000	20	UV_LUKOFB_500h	0,0297 0,5058 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0724 0,0000 0,0000 0,4463 0,0000 0,0000 0,9988 0,0000 0,0000 0,2189 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0302 0,5189 0,0390 0,0000	21	UV_LUKOFB_1000h	0,0000 1,0000 0,9314 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,8200 0,0000 0,0000 0,0000 0,0146 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0302 0,0000 1,0000 0,0462	22	UV_LUKOFB_NJ_150h	1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0064 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0077 0,5189 0,0000 0,0000 0,0000	23	UV_LUKOFB_NJ_500h	0,0000 1,0000 0,9044 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 1,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,8609 0,0000 0,0000 1,0000 0,0110 0,0000 0,0000 0,0000 0,0000 0,0390 1,0000 0,0000 0,0360	24	UV_LUKOFB_NJ_1000h	0,0000 0,0006 0,9963 0,1729 0,1630 0,0000 0,0182 0,0002 0,0000 0,0008 0,1414 0,0000 0,0000 0,2624 0,0000 0,0037 1,0000 0,3633 0,0000 0,0000 0,0000 0,0462 0,0000 0,0000 0,0360 0,0000

