

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta lesnická
a dřevařská**

**Testování komerčního nátěru využívajícího
fotokatalytickou reakci**

Bakalářská práce

Slavík Tomáš

Ing. Ondřej Dvořák, Ph.D.

2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tomáš Slavík

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

Testování komerčního nátěru využívajícího fotokatalytickou reakci

Název anglicky

Testing of a commercial coating using a photocatalytic reaction

Cíle práce

Práce bude zaměřena na testování komerčního nátěru, který na povrchu vytvoří velmi tenkou nanovrstvu. Na povrchu této vrstvy probíhá tzv. fotokatalytická reakce. Cílem práce bude zpracovat literární rešerši a vysvětlit principy těchto nátěrů a potvrdit nebo vyvrátit jejich přínos ve vztahu k ochraně dřeva těmito nátěry.

Metodika

Metodika:

- 1) Červenec až listopad 2022: Analýza a rozbor problematiky ochrany dřeva pomocí nátěrů se zaměřením na speciální druhy, zejména na nátěry využívající tzv. fotokatalytickou reakci
- 2) Prosinec 2022: Vystavení testovaných vzorků do exteriéru na základě ČSN EN 927-3.
- 3) Únor až březen 2023: Analýza změn vybraných povrchových charakteristik ošetřeného dřeva v průběhu a po expozici.

Výsledky práce povedou ke zhodnocení využitelnosti toto nátěru v praxi, zhodnotit schopnost snížit dopad povětrnostních vlivů na pokles jeho estetické hodnoty.

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stránek

Klíčová slova

Nanočástice, nátěr, ochrana dřeva, trvanlivost nátěru

Doporučené zdroje informací

HILL, C A S. *Wood modification : chemical, thermal and other processes*. Chichester: John Wiley & Sons, 2006. ISBN 0-470-02172-1.

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

REINPRECHT, L., PÁNEK, M. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.

REINPRECHT, L. *Rekonštrukcia objektov z dreva*. ZVOLEN: TECHNICKÁ UNIVERZITA DF, 2000. ISBN 80-228-0902-0.

ROWELL, R M. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press, 2013. ISBN 978-1-4398-5380-1.

SANDBERG, D., KITEK KUZMAN, M., GAFF, M. *Engineered wood products : wood as an engineering and architectural = Kompozitní materiály na bázi dřeva : dřevo jako kompozitní a konstrukční materiál*. Prague: Czech University of Life Sciences, Faculty of Forestry and Wood Sciences, 2018. ISBN 978-80-213-2869-3.

ŠTEFKO, J., REINPRECHT, L., KUKLÍK, P., BRAUNŠTEINOVÁ, Z. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-080-9.

1906

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Ondřej Dvořák

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 30. 11. 2022

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 4. 12. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci testování komerčního nátěru využívajícího fotokatalytickou reakci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3.4.2023

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Ondřejovi Dvořákovi Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za velmi aktivní přístup a trpělivost. A hlavně za to, že se mě v neúplně standardní situaci ujal a dal mi možnosti bakalářskou práci napsat. Závěrem bych rád poděkoval i mé přítelkyni a rodině za podporu.

Testování komerčního nátěru využívajícího fotokatalytickou reakci

Souhrn

V mé bakalářské práci naleznete zpracované testování zaměřené na komerční nátěr využívající fotokatalytickou reakci. Díky fotokatalýze, by námi měřené vzorky měly mít schopnost "samočištění", které spočívá v odolnosti materiálu proti různým organismům a měly by si ideálně zachovat barevnou stálost a vzhled. Další z hlavních výhod fotokatalytické reakce, by měla být schopnost čištění okolního prostředí. Testování probíhalo na dvou dřevinách, smrkové a dřevině modřínu. Celková doba, po kterou byl nátěr v exteriéru vystaven různými klimatickými podmínkami, trvala 12 měsíců. Vzorků bylo osm, po čtyřech, od každé dřeviny a na těchto vzorcích se zkoumala účinnost nátěru, při použití 2 a 3 vrstev nátěru. Z proběhlého měření po 12 měsících následovalo vyhodnocení barevných změn a změn lesku od začátku testování.

Veškeré výsledky se nachází v tabulkách a následně vyhodnocené v grafech, v poslední fázi testování byly výsledky porovnány a byl vytvořen závěr. Poslední kapitola je věnována samotnému nátěru od firmy FN NANO a jeho ekonomické srovnání s mým výzkumem.

Klíčová slova: dřevina smrku, dřevina modřínu, lesk, barva, fotokatalytická reakce

Testing a commercial coating using a photocatalytic reaction

Summary

In my bachelor thesis you will find a developed testing focused on a chamber coating using photocatalytic reaction. Thanks to photocatalysis, the samples measured by us should have the ability of "self-cleaning", which consists in the resistance of the material against various organisms and should ideally retain color stability and appearance. Another major advantage of the photocatalytic reaction should be the ability to purify the surrounding environment. Testing was carried out on two wood species, spruce and larch. The total time the coating was exposed to different climatic conditions outdoors was 12 months. There were eight samples, four from each tree species and the effectiveness of the coating was examined on these samples, using 2 and 3 coats of coating. The measurements taken after 12 months were followed by an evaluation of the colour and gloss changes since the start of the testing.

All the results were tabulated and then evaluated in graphs, and in the last phase of testing the results were compared and a conclusion was drawn. The last chapter is devoted to the coating itself from FN NANO and its economic comparison with my research.

Keywords: spruce wood, larch wood, gloss, colour, photocatalytic reaction

Obsah

Seznam obrázků	10
2 Úvod	13
3 Cíl práce.....	14
4 Literární rešerše.....	15
4.1 Smrk ztepilý	15
4.1.1 Charakteristika dřeviny smrku ztepilého	15
4.1.2 Vlastnosti smrku	16
4.1.3 Výskyt v České republice	16
4.1.4 Makroskopický popis dřeva.....	16
4.1.5 Mikroskopický popis dřeva	17
4.1.6 Využití smrku ztepilého.....	18
4.2 Modřín opadavý	18
4.2.1 Charakteristika dřeviny	19
4.2.2 Vlastnosti dřeviny	20
4.2.3 Makroskopický popis dřeva.....	20
4.2.4 Mikroskopický popis dřeva	21
4.2.5 Využití modřínu opadavého.....	22
4.3 Chemické složení dřeva	22
4.3.1 Celulóza	22
4.3.2 Hemicelulózy	22
4.3.3 Lignin.....	23
4.4 Atmosférická degradace dřeva	23
4.5 Nátěry na dřevo	25
4.5.1 Alkydové pryskyřice.....	25
4.5.2 Akrylátové polymery	25
4.5.3 Olejové nátěry	26
4.5.4 Nanočástice	26
4.5.5 Fotokatalytická reakce	27
5 Metodika.....	28
5.1 Příprava zkušebních těles.....	28
5.1.1 Použitý nátěr	29
5.1.2 Značení vzorků	29
5.2 Stanovení vybraných vlastností	30
5.2.1 Měření změny barvy	30
5.2.2 Měření změny lesku.....	32
5.3 Klimatické podmínky.....	33
5.4 Makroskopické a mikroskopické hodnocení	33
5.5 Statické vyhodnocení	34

6	Výsledky a diskuse	34
6.1	Vzorek smrk PW 08	35
6.2	Vzorek smrk PW 02 FN Wood	36
6.3	Vzorek smrk FN Wood PW 01	37
6.4	Vzorek smrk FN Wood	38
6.5	Vzorek modřín PW 09/2	39
6.6	Vzorek modřín PW 08	40
6.7	Vzorek modřín PW 02 FN Wood.....	41
6.8	Vzorek modřín FN1	42
6.9	Shrnutí vzorků pro dřevo smrku.....	43
6.10	Shrnutí vzorků pro dřevo modřínu	43
7	Závěr	47

Seznam obrázků

Obrázek 1 - smrk ztepilý (https://www.semena.cz/smrk)	15
Obrázek 2 - příčný, tangenciální, radiální řez smrkem (https://fraxinus.mendelu.cz/)	17
Obrázek 3 - mikroskopické stavba smrku z leva rozložení teček – přechod jarního a letního dřeva (https://fraxinus.mendelu.cz/)	18
Obrázek 4 - modřín opadavý (https://www.nelenprozelen.cz)	20
Obrázek 5 - příčný, tangenciální, radiální řez modřínem (https://fraxinus.mendelu.cz)	21
Obrázek 6 - z leva přechod jarního a letního dřeva – pohled na pryskyřičné kanálky (https://fraxinus.mendelu.cz)	21
Obrázek 8 - přirozené stárnutí dřeva v exteriéru a testovaný vzorek (vlastní zdroj).....	28
Obrázek 9 - testovací lahvička pro FN NANO Wood	29
Obrázek 10 - vzorky a místa na kterých probíhalo měření (vlastní zdroj)	30
Obrázek 11 - spektrofotometr Konica Minolta CM 600 d (vlastní zdroj)	31
Obrázek 12- barevné spektrum a rovnice (Pánek a kol. 2019).....	31
Obrázek 13 - měřič lesku MG268-F2 (vlastní zdroj)	32
Obrázek 14 - z leva laserový skenovací mikroskop Lext Ols 4100, vpravo snímek poškození dřeva u smrku 10x přiblížený (vlastní zdroj).....	34
Obrázek 15 - vzorky po 12 měsících v exteriéru, vlevo modřín, vpravo smrk (vlastní zdroj).....	44
Obrázek 16 - z leva vzorek smrku pod elektronovým mikroskopem 5x a 10x přiblíženo (vlastní zdroj).....	44
Obrázek 17 - z leva vzorek modřínu pod elektronovým mikroskopem 5x a 10x přiblíženo (vlastní zdroj).....	45

Seznam grafů

Graf 1- porovnání změny barvy na vzorku smrku PW08	35
Graf 2 - vývoj lesku na vzorku smrku PW08	35
Graf 3- porovnání změny barvy na vzorku smrku PW 02 FN Wood	36
Graf 4 - vývoj lesku na vzorku smrku PW 02 FN Wood	36
Graf 5 - porovnání změny barvy na vzorku smrku FN Wood PW 01	37
Graf 6 - vývoj lesku na vzorku smrk FN Wood PW 01	37
Graf 7 - porovnání změny barvy na vzorku smrku FN Wood	38
Graf 8 - vývoj lesku na vzorku smrk FN Wood	38
Graf 9 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 09/2	39
Graf 10 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 09/2.....	39
Graf 11 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 08	40
Graf 12 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 08.....	40
Graf 13 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 02 FN Wood	41
Graf 14 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 02 FN Wood.....	41
Graf 15 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu FN1	42
Graf 16 - vývoj lesku na vzorku modřínu FN1.....	42

Seznam tabulek

Tabulka 1 - označení vzorků – smrkové a modřínové dřevo.....	29
Tabulka 2 - tabulka barevných změn.....	32
Tabulka 3 - třídy lesku.....	32
Tabulka 4 - klimatické podmínky během testování nátěru v exteriéru.....	33
Tabulka 5 - srovnání cen za m ² /l.....	45
Tabulka 6 - porovnání cen nátěrového systému v rámci internetu.....	46

1 Úvod

Dřevo jako takové je jedna z nejrozšířenějších obnovitelných surovin, s nímž se prakticky setkáváme dnes a denně, a to v podobě například stavebních konstrukcí, nábytku či jako palivo (zdroj energie), do různých kotlů, pro výrobu tepla, nebo kamen pro přípravu pokrmů. Už v dávných dobách si naši předci byli dobře vědomi, že dřevo pro ně představuje důležitou surovinu. Nicméně v celé historii jsou i období, kde dřeva byl relativní nedostatek, kupříkladu při nástupu zemědělství, se ve větší míře spousta lesů vykácela, aby na jejich místě mohla vznikat nová pole. Nebo v době objevování nových území po vodě, kdy třeba v Anglii padla spousta lesů pro výrobu řeziva na výrobu lodí. Problémem v těchto dobách bylo, že lidstvo prakticky vůbec neuvažovalo o nutnosti obnovování lesních porostů. V průběhu historie jsou doby, kdy se dřevo upouštělo. Například s nástupem využití uhlí, oceli, betonu. V posledních letech však roste zájem o dřevostavby a dřevo, jakožto obnovitelný zdroj, který je snadno zpracovatelný nabírá nový dech. Dřevostavby jsou ideální volbou při stavbě rodinných domů, jak rychlostí výstavby samotného objektu, tak i následně co se zdravotního hlediska týče má dřevěná konstrukce dobrý vliv na astmatiky a alergiky.

Dřevo vykazuje i dobré mechanické vlastnosti, hlavně pevnost, ale je dobré zmínit i tvrdost a pružnost, ohýbatelnost a jiné. Na druhé straně je hořlavost, avšak pakliže je dřevo správně opracováno, tak i tady je dřevo velmi vyhovující, jelikož dokážeme velmi dobře odhadnout dobu, za kterou se například daný nosník zborší.

Fyzikální vlastnosti dřeva, patří sem vnější vlastnosti jako je vůně, barva, textura, lesk a vnitřní vlastnosti, hustota a fyzikální jevy (vodivost zvuku a tepla, elektromagnetických vln, elektřiny a vlhkost). A právě u fyzikálních vlastností se dostáváme k podstatě této bakalářské práce.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na testování komerčního nátěru využívajícího fotokatalytickou reakci, který má zajistit stálost barvy, vzhledu a má ochránit dřevo proti organickým činitelům.

2 Cíl práce

Začátek této práce se věnuje dřevinám smrku a modřínu, jejich charakteristikám, vlastnostem, využití, a hlavně otázce atmosférické degradace dřeva v exteriéru. Dále zde jsou popsány přístroje na měření barvy a lesku.

Cílem práce je otestovat na osmi vzorcích konkrétní výrobek na trhu využívající fotokatalytickou reakci po 12 měsících v exteriéru, výstupem bude porovnání změny barvy a lesku jednotlivých vzorků, při použití dvou a tří vrstev nátěru. V rámci práce bude i ekonomické srovnání nátěru FN NANO Wood od firmy FN NANO, porovnání jednotlivých vzorků pro 3 vrstvy nátěru a pro 2 vrstvy nátěru.

3 Literární rešerše

3.1 Smrk ztepilý

Smrk ztepilý je jedna z mnoha jehličnatých dřevin rostoucí u nás, zároveň je bezesporu nejtěžnější dřevinou (ČSÚ, 2021). Latinsky *Picea abies* dorůstá do průměrné 37metrové výšky a co se průměru kmene týče, tak tam v průměrných hodnotách strom dosahuje 0,8 -1,2 metru. Smrk ztepilý však může dosahovat i mnohem větších velikostí, avšak v klimatických podmínkách České republiky bychom takový strom hledali opravdu těžce. V rámci řeči čísel může smrk růst až do výšky až 60 metrů (Walker, 2009).

V některé literatuře je smrk označován jako bílé dřevo, anglicky whitewood, tento název samozřejmě vychází z jeho přirozené barvy, která je bělavá s lehkým odstínem do žluté až hnědé s prostým leskem (Walker, 2009).

Plocha, kde se se smrkem v přírodě můžeme běžně setkávat, je opravdu velká, narazit na tyto stromy můžeme prakticky po celé Evropě. Snad jen v Dánsku a Holandsku není rozšíření smrku nikterak hojné (Walker, 2009).



Obrázek 1 - smrk ztepilý (<https://www.semena.cz/smrk>)

3.1.1 Charakteristika dřeviny smrku ztepilého

Vrchol smrku bývá, až do vysokého věku, štíhlý a kuželovitého tvaru. Větve vyrůstají pravidelně v přeslenech. Větve jsou srpovitě zahnuté směrem vzhůru, tvar, velikost i četnost větví záleží na konkrétním místě, kde strom roste, rozdíl mezi chladnějším a teplejším

podnebím. U smrku nalezneme čtyřhranné jehlice, kdy konec jehlice jde do špičky. Délka je 1-3 cm a na stromě zůstávají po dobu 6-9 let (Úředníček, 2003).

Schopnost regenerace je u smrku velmi malá, proto jsou smrkové stromy velmi náchylné na vnější poškození od zvěře, jako je například okus, loupání a vytloukání. Kvůli narušení vnější struktury kmene, je smrk často vystaven hnilobě (Úředníček, 2003).

Hustota smrku je v průměru 460 kg/m^3 a uvedená hodnota je až po vysušení dřevní hmoty (Walker, 2009).

3.1.2 Vlastnosti smrku

Smrkové dřevo se vyznačuje svou pružností a pevností, další vlastností je štípatelnost, která je za sucha velmi dobrá. Při použití dřeva v interiéru je velmi trvanlivé, užitím dřeva v exteriéru se odolnost snižuje a velkou roli v odolnosti zde hraje správná ochrana a údržba daného dřevěného prvku. V případě, správného opečovávání je životnost smrkového dřeva vysoká (Musil, 2007). Kolmačka a kol. (2016) zmiňuje i dobrou dostupnost smrkového dřeva, jednoduchou opracovatelnost i cenu, která je velmi příznivá. Dále uvádí i dobrou mořitelnost. A u nevýhod se dočteme o dřevokazném hmyzu, který smrkovou dřevinu často napadá.

3.1.3 Výskyt v České republice

V České republice je běžné, že se smrkový porost vyskytuje i na místech, které nejsou jeho přirozenou lokalitou pro růst, jako tomu je ve vyšších polohách konkrétně na horách. Momentálně jsme svědky toho, že smrkové porosty chřadnou. V České republice momentálně existuje spousta rozdílů napříč regiony, kde se můžeme se smrkovým dřevem setkat, jsou to stanoviště kyselé a živé řady. Rozdíly konkrétně pozorujeme na Moravě a v Čechách, Morava má častější výskyt smrkového porostu na živných stanovištích, oproti tomu smrk v Čechách je spíše na kyselých a svěžích místech (Vejpustková, 2022).

3.1.4 Makroskopický popis dřeva

Barva se pohybuje od bělavé až po světle žlutohnědou s přirozeným leskem, špatně rozeznatelná běl od jádra. Letokruhy jsou v průřezu dobře patrné. Pryskyřičné kanálky jsou

viditelné hlavně v podélných řezech. Dřevo má rovnoměrnou kresbu a jemnou texturu (Walker, 2009).



Obrázek 2 - příčný, tangenciální, radiální řez smrkem (<https://fraxinus.mendelu.cz/>)

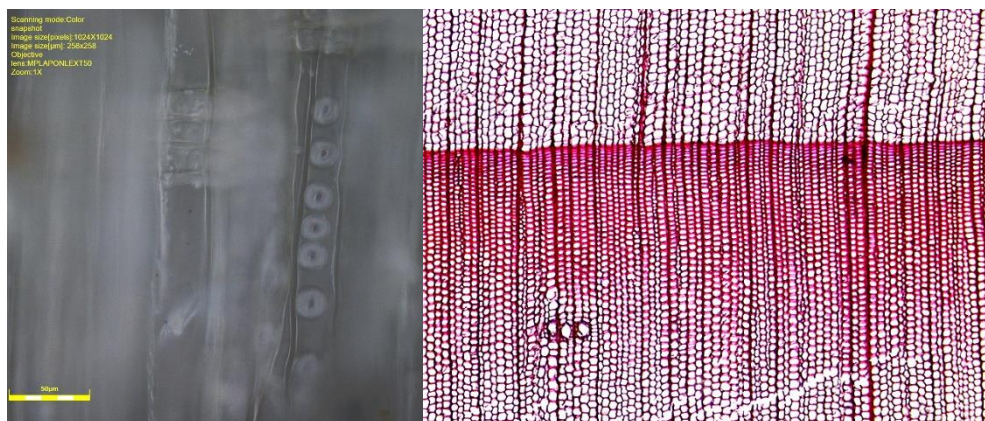
3.1.5 Mikroskopický popis dřeva

Jehličnaté dřevo je oproti listnatému dřevu svou stavbou velmi prosté, velký podíl dřeva je tvořen tracheidami, můžeme se setkat i s termínem cévice, je to až přes 90 %. Další hmotu, na kterou narazíme u jehličnanů jsou parenchymatické buňky, dá se říci, že z nich následně vychází dřevné paprsky a pryskyřičné kanálky, jelikož jsou neopomenutelnou součástí při jejich tvorbě (Böhm a Zeidler, 2017).

Pro pohyb vody v rámci jehličnatých dřevin jsou důležité tzv. ztenčeniny, které se nachází ve stěnách jarních tracheid. Tyto ztenčeniny jsou ve skutečnosti zeslabená část stěny buňky, umožňující transport vodě. Na cévici nám vznikají ztenčeniny dvůrkaté, kterým se často, pro jednodušší terminologii, říká dvojtečky. A nejlépe viditelné jsou na radiálních stěnách (Böhm a Zeidler, 2017).

Dřevné paprsky mají horizontální směr a jsou tvořeny parenchymatickými buňkami, které mají jak vodivou, tak zásobní funkci, příkladem je škrob, který se v parenchymu ukládá. Další složkou jehličnatého dřeva tvořeného parenchymatickými buňkami jsou pryskyřičné kanálky, které produkují pryskyřici, konkrétně tzv. výstelkové buňky. Jejich hlavní funkce, vedle toho, že má svou specifickou vůni a při dotyku lepí, je ochrana jehličnatého dřeva.

Avšak ne každý jehličnan rostoucí v České republice, tyto pryskyřičné kanálky má. Příkladem je toho jedle či tis (Böhm a Zeidler, 2017).



Obrázek 3 - mikroskopické stavba smrku zleva rozložení teček – přechod jarního a letního dřeva
(<https://fraxinus.mendelu.cz/>)

3.1.6 Využití smrku ztepilého

Předně je třeba říci, že jde o jeden z našich nejpoužívanějších druhů dřeva. Zpracováváme smrkové dřevo na dřevo, palivo a papír. Velké množství dřeva jde do truhlářství a stavebnictví, a nakonec se z něj vyrábí i nářadí, protože jádrové dřevo zde není vidět a dřevo je homogenní. Smrkové dřevo lze použít i k výrobě hudebních nástrojů, ale je důležité respektovat oblasti, kde tyto stromy rostou (Majerko, 2016).

Hojně využívanou surovinou je také smrková pryskyřice, která se těží a používá při výrobě kalafuny, terpentýnu a například měděného koláče. Na dekorativní využití dřeva by se nemělo zapomínat, zvláště v období Vánoc, kdy se kácí mnoho mladých stromků na vánoční stromek (Musil a Hamerník, 2007).

3.2 Modřín opadavý

Význačná dřevina v horách a nižších oblastech střední Evropy i když na relativně malém přírodním území. Velmi plastická dřevina, snadno se obnovující v minerální půdě, v našich podmínkách dosti odolná. Zvládá drsné klima – zvyšuje se však potřeba živin a půdní vláhy. Přírozenou variaci modřínu ve volné přírodě narušil člověk zavlečením nepůvodních populací a pak také nekontrolovaným vysazováním vyšlechtěných druhů dřevin (Musil a Hamerník, 2003).

3.2.1 Charakteristika dřeviny

Modřín dosahuje výšky až 60 (průměrně 40 m) metrů o průměru kmene až 2 metry (průměrně 1,2 m). V ideálních podmínkách je strom schopný žít i několik stovek let (cca 530 let), ke svému růstu potřebuje dostatek světla (Musil a Hamerník, 2003).

Modřín opadavý je známý svým rychlým přírůstkem dřeviny. Koruna stromu má kuželovitý, štíhlý tvar a je poměrně řídká, s přibývajícím věkem stromu se větve modřínu zvětšují a zesilují. U kmene stromu si všimneme přímého růstu. Kůra stromu je hrubá s prasklinami a její barva je šedá. U jehličnatých stromů bychom jen těžko hledali trvanlivější dřevo. Modřín má ze začátku kulovitý kořenový systém, postupem času se však kořeny mění do srdcovitě rostoucího systému, který stromu dává větší stabilitu, tedy je lépe ukotven do půdy a má lepší odolnost proti vývratu. Díky tomu to systému dokáže strom při suchém období čerpat živiny a vláhu z větších hloubek a tím tak přežít (Musil a Hamerník, 2003).

Kvetení probíhá mezi 4 a 5 měsícem, než začnou rašit jehlice. Plodnost 20. – 30. léta stromu a opakování semenných roků po 3–5 letech. Šišky má modřín vejcovitého, mírně prodlouženého tvaru (1-6 cm na výšku a 1-2,5 cm na šířku). Velikost šišek je dána místem růstu stromu a také kvalitou půdy a dostatečným množstvím živin. Zajímavý je růst modřínu opadavého, kdy v prvních letech je jeho růst rychlý – srovnatelný skoro se smrkem. Postupem času se růst zpomaluje a kolem 100 let růst do výšky končí, modřín však stále roste do šířky. Důležité je si všimnout i proměnlivosti u jednotlivých druhů modřínu, kdy se druhy liší kupříkladu v růstu, morfologii a ekologii. Hlavním důvodem, proč k tomu dochází jsou zeměpisné předpoklady (nadmořská výška, počasí), ve kterých druhy modřínu rostou (Musil a Hamerník, 2003).

Modřín je hlavně v mládí náchylný na okus, ohryz, loupání a vytloukání zvěří, problém je v problematickém hojení ran stromu, mimo nebezpečí se strom dostává až poté, co mu doroste hrubá borka. Při zatížení křehkých větví stromu sněhem může docházet k jejich zlomení, stává se to hlavně ve chvíli, kdy strom nestihne shodit jehlice. Poměrně citlivý je modřín i na znečištěné ovzduší. Rozšíření modřínu v Evropě je vcelku hojné hlavně v Alpách, Karpatech, Jesenickém podhůří a na jihopolských pahorkatinách, ve světě je ho můžeme najít v Kanadě, Spojených státech a Japonsku. Ve vyšších nadmořských výškách jeho výskyt roste, je to způsobeno tím, že ostatní dřeviny jsou náchylnější na změny počasí. Ideální půda pro růst modřínu je hlubší a živnější, dobře propustná a vlhká (vápence, dolomity, čediče).

V horských polohách napomáhá k vytvoření ideálních podmínek i laviny, požáry, a i vodní erozí (Musil a Hamerník, 2003).



Obrázek 4 - modřín opadavý (<https://www.nelenprozelen.cz>)

3.2.2 Vlastnosti dřeviny

Modřínové dřevo je, co se mechanických vlastností (pevnost v ohybu a tlaku) týče velmi vhodné pro zpracování, je středně pevné a má nízkou tuhost, vhodné je i pro ohýbání. Opracovatelnost modřínu je dobrá jak ručně, tak i strojně. Je přijatelně mořitelný, natíratelný a lakovatelný. Při impregnaci je dřevo jádra rezistentní, bělové jádro je mírně rezistentní. Při schnutí modřínového dřeva se nevyhneme tvarovým změnám, následně je však dřevo stabilní. Hustota $480 \text{ kg/m}^3 - 610 \text{ kg/m}^3$, záleží na druhu modřínu (Walker, 2009).

3.2.3 Makroskopický popis dřeva

U modřínu opadavého bychom pryskyřičné kanálky hledali velmi těžko, pouhým okem jsou viditelné jen v podélném řezu. Přejít jarního a letního dřeva je velmi náhlý, dobře rozlišitelná je hranice u letokruhů. Jádro modřínu je tmavě červenohnědé a barva bělí je nažloutlá. Dalšími znaky je velmi úzká běl, jádro je při srovnání jádra borovice, mohutné. Vůně je nevýrazná (Zeidler, 2012). Jádrové dřevo je převážně tvořeno z neaktivních buněk,

neslouží k pohybu vody ani k ukládání živin. Při přechodu z bělové části do jádrové se zvyšují extraktivní látky, které přímo způsobují ztmavnutí jádra (Bergstedt and Lyck, 2007).



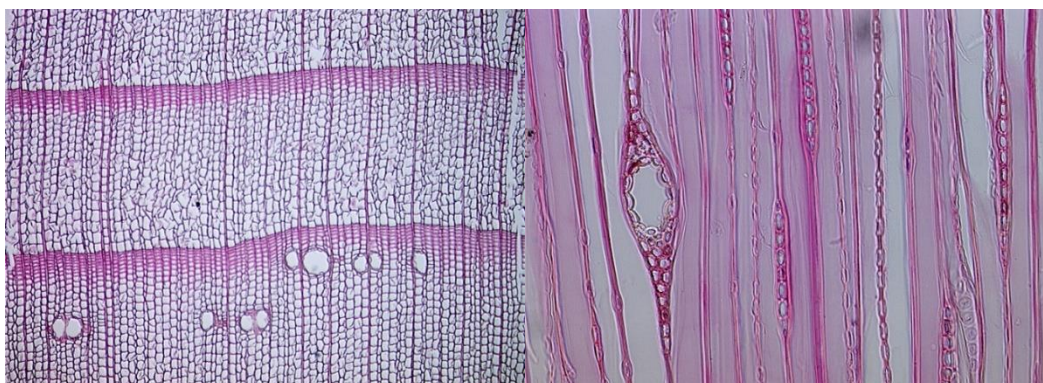
Obrázek 5 - příčný, tangenciální, radiální řez modřínem (<https://fraxinus.mendelu.cz>)

3.2.4 Mikroskopický popis dřeva

V příčném řezu je vidět velmi ostrý přechod mezi jarním a letním dřevem, přítomné pryskyřičné kanálky, axiální parenchym je velmi ojedinělý nebo úplně chybí. Počet a stavba epitelových buněk a pryskyřičných kanálků 8-12 a buňky jsou malé hrubostěnné.

V tangenciálním řezu je stejně jako u příčného řezu vidět stavba epitelových a pryskyřičných kanálků. 10-15 někdy i 25 je počet parenchymatických buněk, a to na výšku dřevového paprsku. Ztluštění buněčných stěn – sainové valy mezi dvojtečkami.

V radiálním řezu je typ dřevového paprsku je heterocelulární, stavba buněčných stěn příčných tracheid je tenká hladká zvlněná, typ ztenčení v křížovém poli je piceoidní a jsou v počtu od 2 do 6. Rozmístění – častý výskyt párových dvojteček na stěnách tracheid (Vavrčík, 2002)



Obrázek 6 - zleva přechod jarního a letního dřeva – pohled na pryskyřičné kanálky (<https://fraxinus.mendelu.cz>)

3.2.5 Využití modřínu opadavého

Využití modřínového dřeva je velmi hojné, zvláště v oblasti stavebnictví, kde se s modřínovým dřevem můžeme setkat v podobě stojek v dolech, sloupů a pilot. Vždy je ale nutné myslet na vhodné ošetření dřeva pro jeho vyšší životnosti. Jádrové dřevo využíváme tam, kde chceme dosáhnout hlavně trvanlivosti materiálu, bavíme se zde o pražcích na železnici, bednění člunů, mostních konstrukcí a celkově konstrukcí, na které narazíme v exteriéru, své využití má modřín i v dýhárenském průmyslu, kdy modřínové dřevo krájíme či loupeme na ornamentální dýhy, využívané jako obkladový materiál (Walker, 2009).

3.3 Chemické složení dřeva

3.3.1 Celulóza

Má hlavní stavební funkci u všech rostlin, zaujímá tedy nejvyšší procento podílu v rostlinách. Dalo by se říci, že je základním kamenem všech rostlinných buněk, konkrétně buněčných stěn. Procentuální zastoupení celulózy se samozřejmě liší od druhu dřeviny, ale když budeme brát obecné hodnoty pro jehličnaté dřevo, tak se pohybujeme v rozmezí od 46-56 % oproti listnatým stromům, kde je hodnota o poznání menší a to 41-48 % (Gandelová a kol., 2002). oproti tomu například (Musil a Hamerník, 2003) ve své práci uvádí hodnoty pro celulózu od 40 % do 50 %.

Celulóza je člověkem v hlavní míře využívána v papírenském průmyslu na výrobu papíru, lepenky a kartonu. Kdy zpracováním celulózy získáváme buničinu, kterou přímo používáme na výrobu již zmíněných produktů (Gandelová a kol., 2002).

3.3.2 Hemicelulózy

Další složkou stavby rostlin – buněk, je hemicelulóza, která doplňuje celulózu. Dalo by se říci, že hemicelulóza plní tmelící funkci v buněčných stěnách, konkrétně v jejich jednotlivých vrstvách. Procentuální zastoupení se opět liší, zdali se jedná o jehličnaté či listnaté dřevo a to od 15 % do 35 %, vyšší zastoupení hemicelulózy je u listnatých dřevin. (Gandelová a kol., 2002) I zde se setkáváme s rozdílem v hodnotách (Musil a Hamerník, 2003), uvádí hodnoty hemicelulózy od 25 % do 40 %.

3.3.3 Lignin

Dalo by se zjednodušeně říci, že lignin dělá dřevo. Lignin se totiž ukládá do stěn rostlinných buněk a tam tvrdne, tomuto termínu se říká dřevnatění. Má za následek zpevňující faktor, díky kterému dřevo získává svou pevnost. Jeho účinek je vidět v polysacharidových strukturách, které obaluje a sjednocuje. U jehličnanů je zastoupení ligninu o něco větší než u listnatých dřevin a to od 25–35 %, záleží však samozřejmě na druhu jehličnaté dřeviny. U listnáčů kolem 15-30 % (Gandelová a kol., 2002).

Procentuálně nejvyšší zastoupení ligninu ve dřevě, je konkrétně ve středních lamelách, kde najdeme až 90 % celkového objemu ligninu ve dřevní hmotě. Výzkumy se dokázalo, že pakliže se z dřevní hmoty odstraní lignin, tak to má za následek, že u mokrého dřeva velmi prudce klesá jeho pevnost (Požgaj a kol., 1997).

3.4 Atmosférická degradace dřeva

Atmosférická koroze dřeva je přirozený rozklad dřeva pod vlivem několika abiotických faktorů, které jsou často doprovázeny mikroorganismy. Probíhá neustále s větší či menší intenzitou v závislosti na vlhkosti, teplotě, světle a dalšími podmínky. Intenzita koroze dřeva je silnější ve venkovních prostorech, což logicky souvisí se změnou venkovního klimatu v průběhu roku a jeho cyklickými změnami během jednoho dne (Reinprecht, 2008).

Vnější mechanismy atmosférického rozpadu dřeva: Složitější mechanismy rozpadu dřeva, protože mají více interakcí mezi sebou a jsou obvykle mnohem intenzivnější. V první fázi dochází také k degradaci ligninu v důsledku fotochemických reakcí. Tato degradace však většinou nezpůsobí znatelné ztmavnutí dřeva, jelikož narušený lignin je později smýván dešťovou vodou. V praxi dochází k narušení světlého tónu usazováním prachových částic a nečistot ze vzduchu do porézní struktury dřevěného povrchu nebo přemnožením mikroskopických hub, což vede ke klasickému šedivění dřeva (Reinprecht a Pánek, 2016).

Voda a sluneční záření mají přímý vliv na stárnutí dřeva. Kyslík, emise, prach, teplotní extrémy, materiálové toky kolem dřevní hmoty a další faktory zvyšují účinek stárnutí. Stárnutí dřevní hmoty často zvyšuje možnosti pro napadení biologickými škůdci, zejména v důsledku depolymerace ligninu a hemicelulózy nebo vyluhování taninů a jiných biocidních extraktů (Reinprecht, 2008).

Účinek záření. Působení slunečního záření nelze při běžné expozici dřeva zcela zabránit. Jeho intenzita je mimo interiér mnohem větší. Světelné, UV a IČ záření nepronikne do dřeva

hluboko, maximálně do několika desítek mikrometrů. Zapříčiní tím fotochemické reakce v částech dřevin, jejímž výsledkem je vznik radikálů, na který je nejvíce náchylný právě lignin. Který je však vůči většině ostatních abiotickým činitelům odolný (Reinprecht a Pánek, 2016).

Přímý vliv na šednutí dřeva má UV záření, dochází k tomu, že kvůli záření se přeměňují vrstvy dřeva na povrchu, které obsahují lignin na látky, tyto látky bývají často vyplavovány vodou a dochází tím k zmíněnému šednutí (Ptáček, 2009).

Působení vody: I zde závisí, kde se daný dřevěný materiál nachází, jelikož v exteriéru nám na dřevěnou komoditu působí venkovní podmínky, ať už se bavíme o dešťové vodě, či například tajícím sněhu, samozřejmě nám ke zlepšení situace v tomto ohledu může pomoci kupříkladu zastřešení daného dřevěného prvku, nebo jiné konstrukční řešení či ochrana. Voda má přímý vliv na vlhkost dřeva, jakožto hygroskopického materiálu. V důsledku se stává, že dřevěné prvky mění své tvarové a rozměrové velikosti. Následně to může dojít až do chvíle, kdy začnou vznikat trhliny, jakožto důsledek překročení pevnosti materiálu. Ty pak následně slouží jako možnosti pro vniknutí vody do hlubších vrstev dřeva. (Reinprecht a Pánek, 2016)

Působení teploty: Zde nám hlavní problém tvoří vlhkost v důsledku hygroskopicity a zabarvení dřeva, při vyšších teplotních rozdílech se nám tmavé povrchy dřeva mohou vyšplhat na vcelku vysoké teploty. To má za následek urychlení hydrolytických degradací dřeva. V důsledku vlivu teplot nesmíme opomenout ani termickou i hydro-termickou degradaci dřeva. (Reinprecht a Pánek, 2016) O podobných vlivech teploty hovoří i (Hon, D.N.S, Feist, W.C, 1986). Vyšší teploty navíc urychlují hydrolytickou degradaci dřeva v přítomnosti vody a různých chemických látek, které se většinou nacházejí v hemicelulóze a celulóze.

Druh dřeva má přímý vliv na hodnotě zvýšení teploty na povrchu dané dřeviny, a to od 40 do 80 °C (Ptáček, 2009).

Působení proudění vzduchu: Proudění vzduchu, kdy vítr odnáší prachové částice, minerální částice atd., označuje postupné opotřebení povrchu dřeva nebo dřevěných výrobků. Části dřeva, které se vlivem záření staly lehčími, se snadno odtrhnou od jeho povrchu. Hlavním příkladem je vliv proudění na tvorbu tzv. plastické struktury – je vidět hlavně u jehličnatých stromů, kde je rozdíl hustoty mezi letním a jarním dřevem velký. (Reinprecht a Pánek, 2016)

Další účinky: Do této skupiny lze zařadit účinky různých chemických látek, které jsou způsobeny především lidskou činností. Říká se mu především kyselý déšť, kdy kyseliny

obsažené v dešťové vodě způsobují rychlejší rozpad hlavních chemických složek dřeva. (Raczkowski 1980).

Hemicelulózy a amorfni složky celulózy jsou citlivější při jejich degradaci a v důsledku kombinovaného účinku degradace ligninu v důsledku fotochemických reakcí při uvolňování jednotlivých buněčných struktur. Pevnost dřevěných výrobků je také obecně snížena. V průmyslových oblastech způsobuje rychlejší barevné změny na dřevěném povrchu smog. Tmavé částice uvíznou v porézní struktuře dřeva a zešednou. (Reinprecht a Pánek, 2016)

Vnější mechanismy atmosférického rozpadu dřeva: Složitější mechanismy rozpadu dřeva, protože mají více interakcí mezi sebou a jsou obvykle mnohem intenzivnější. V první fázi dochází také k degradaci ligninu v důsledku fotochemických reakcí. Tato degradace však většinou nezpůsobí znatelné ztmavnutí dřeva, jelikož narušený lignin je později smýván dešťovou vodou. V praxi dochází k narušení světlého tónu usazováním prachových částic a nečistot ze vzduchu do porézní struktury dřevěného povrchu nebo přemnožením mikroskopických hub, což vede ke klasickému šedivění dřeva. (Reinprecht a Pánek, 2016)

3.5 Nátěry na dřevo

Hlavním cílem při využívání nátěrových systémů nebo nátěrové hmoty na dřevo jsou dva důležité body, první je zachování vlastností daného dřevěného prvku, druhý je snaha o zlepšení vlastností dřevěného prvku. Nátěrové systémy nám pomáhají dřevěné prvky chránit před povětrnostními vlivy, fungují proti biotickým škůdcům a například i proti UV záření (Ptáček, 2009).

3.5.1 Alkydové pryskyřice

Po aplikaci nátěrové hmoty na daný dřevěný prvek a následné zaschnutí autooxidací dochází k vytvoření velmi kvalitního filmu, který dokáže v exteriéru odolat povětrnostním podmínkám. Alkydové filmy vynikají svou přilnavostí k materiálu, jsou pružné, poddajné a v neposlední řadě i pevné (Zemiar 2009).

3.5.2 Akrylátové polymery

Vynikají v chemické trvanlivosti, odolávají povětrnostním vlivům a v neposlední řadě si jsou akrylátové nátěry schopné vcelku obstojně uchovat i barevné změně odstínu (Hýsek a

kol. 2018). Akrylátové polymery se vyznačují svou pružností, zároveň jsou však i měkké (Hejdová, 2011).

V dnešní době je větší poptávka po akrylátových nátěrech na vodní bázi, jelikož v těchto nátěrech nejsou zahrnuty těkavé organické sloučeniny (Nguyen a kol. 2017), (Hýsek a kol. 2018) také zmiňují, že i přes menší odolnost těchto nátěrů se vyrábějí ve větším množství než nátěry roztokové a zmiňují jako hlavní důvod ekologii.

3.5.3 Olejové nátěry

Hlavní typy olejových nátěrů jsou fermeže a olejové laky. V minulosti byly tyto olejové nátěry jedny z nejčastěji využívanými nátěry pro použití v exteriéru z důvodu ochrany dřevní hmoty.

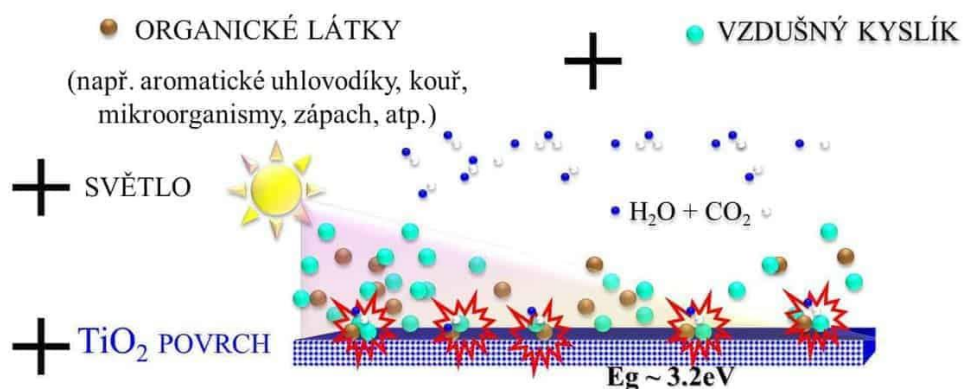
Fermežové nátěrové systémy disponují krátkou odolností a malou chemickou trvanlivostí, možnost je biologicky odstranit. Kalafuna společně s jantarem jakožto přírodní pryskyřice vhodně doplňují prvotní oleje, díky tomu nám vznikají laky na základě olejů. Využit se dají i syntetické pryskyřice kupříkladu fenol formaldehyd. Vlastnosti těchto olejových laků jsou pevnost a lesklost. V dnešní době se již moc nevyužívají, výjimku tvoří restaurátoři, kteří je využívají při rekonstrukcích historických budov a věcí (Reinprecht, 2008).

3.5.4 Nanočástice

Hlavní využití nanočástic je při ochraně nátěrových systémů před UV zářením (Wang a kol. 2014). Snahou je, aby se prostřednictvím nanočástic dokázalo záření odrazit a tím ochránit povrch na kterém je nátěr aplikován, druhý způsob je záření pohltit díky absorbérům (Weichelt a kol, 2010). Nejvíce využívané nanočástice, které chrání vrchní vrstvu nátěru před fotodegradací jsou dvoje. Nanočástice oxidu titaničitého a zinečnatého (Kubovský a kol. 2018).

3.5.5 Fotokatalytická reakce

Fotokatalytické procesy jsou fotochemické reakce, které probíhají na pevných površích, většinou polovodičích. Světelné záření vhodné vlnové délky se používá k aktivaci fotokatalyzátoru, který následně urychluje chemické reakce interakcí s excitovaným nebo základním substrátem nebo primárním fotoproduktem. Při fotokatalytických reakcích dochází mezi reagujícími částicemi k přenosu elektronů, takže na povrchu fotokatalyzátoru probíhají současně dvě reakce – oxidace a redukce (Fujishima A et al., 2008).



Obrázek 7 - schéma fotokatalýzy (<https://fn-nano.com/>)

4 Metodika

V této kapitole bakalářské práce nalezneme postupy příprav vzorků, měření a přístroje použité během měření. Dřeviny, které byly použité při testování nátěrů, byly rozebrány v literární rešerši této práce, konkrétně se jedná o dřevinu smrku ztepilého a modřínu opadavého.

4.1 Příprava zkušebních těles

Dohromady bylo nutné připravit 8 testovacích vzorků, 4 z dřeviny smrku a 4 z dřeviny modřínu opadavého. Dřeviny pro výrobu vzorků byly zakoupeny z jižních Čech od místního prodejce. Z důvodu velkých rozměrů dřevin, byl pro jednodušší zacházení bylo provedeno rozřezání dřevin na hrubé přířezy. Následoval proces sušení v hrání, kvůli lepším výsledkům sušení přířezů, který probíhal ve skladu řeziva (na vlhkost 20 %). Materiál na výrobu vzorků byl dosušen v klimatické komoře (20 ± 2 °C) a relativní vlhkosti ovzduší (65 ± 5 %), cílem bylo dostat řezivo na vlhkost, kterou nám ukládá norma a to 12 ± 2 %. Následovala další úprava řeziva, při které byly odstraněny suky, smolníky a jiné nežádoucí vady, součástí toho byla i úprava bělové části dřevní hmoty tak, aby odpovídala normě. Řezivo bylo následně nařezáno na rozměry 378x78x20 mm, tak totiž ukládá norma při stárnutí dřeva v exteriéru. A zbrušeno brusným papírem (120 zrnitost). Na čela vzorků byl nanesen transparentní silikon, z důvodu utěsnění těchto ploch proti přijímání většího množství vody. V poslední řadě byl zbytek vzorku natřen testovaným nátěrem. Po zaschnutí přišlo první měření (popsáno v kapitole stanovení vybraných vlastností) a následné vystavení do exteriéru na 12 měsíců.



Obrázek 7 - přirozené stárnutí dřeva v exteriéru a testovaný vzorek (vlastní zdroj)

4.1.1 Použitý nátěr

Pro testování byl využit nátěr FN NANO Wood od firmy FN NANO. Jednotlivé testování se provádělo na vzorcích smrkového a modřínového dřeva, kde na každém ze zmíněných vzorků byl na jedné straně použit 3 vrstvý nátěr a na straně druhé stejný nátěr pouze o 2 vrstvách. Jednotlivé vzorky se lišily barevným odstínem a množstvím pigmentu.

Tabulka 1 - označení vzorků – smrkové a modřínové dřevo

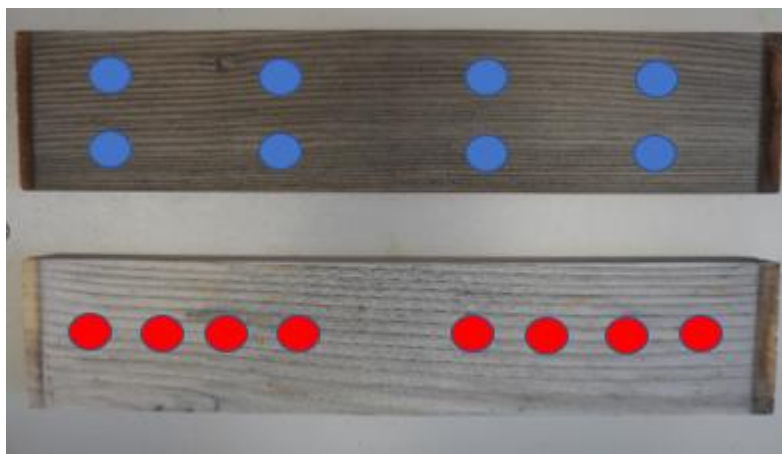
Smrkové dřevo – označení vzorků	Modřínové dřevo – označení vzorků
PW 08	PW 09/2
PW 02 FN Wood	PW 08
FN Wood PW 01	PW 02 FN Wood
FN Wood	FN1



Obrázek 8 - testovací lahvička pro FN NANO Wood

4.1.2 Značení vzorků

Všechny vzorky mají své označení, aby nedošlo k záměně. Zároveň je na boku šipka, která značí odkud se měření má provádět, jelikož každý vzorek zároveň obsahoval jednu stranu s 2 nátěry a druhou se 3 nátěry nátěrovým systémem. Modře jsou vyznačená místa, kde probíhalo měření změny barvy na všech vzorcích a červená barva vyznačuje místa, kde se měřil lesk.



Obrázek 9 - vzorky a místa na kterých probíhalo měření (vlastní zdroj)

4.2 Stanovení vybraných vlastností

Vlastnosti, které byly testovány v rámci této práce jsou barva a lesk, a to po dobu 12 měsíců, důležitým faktorem je i celková odolnost nátěrových systémů. Veškeré postupy jsou popsány níže.

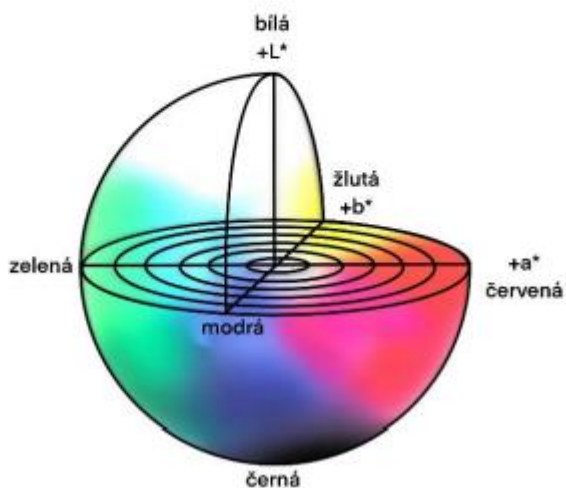
4.2.1 Měření změny barvy

Změna barvy byla porovnávána spektrofotometrem Konica Minolta CM 600d (Konica Minolta Inc., Osaka, Japonsko) podle EN 927-3 (2019). Zrcadlová složka (režim SCI) s geometrií d/8. Používá se pro pozorování odrazy při 10° a světelný standard D65 odpovídající dennímu světlu při 6500 K. Měření probíhalo na osmi místech u každého vzorku, a to na začátku a na konci testování.



Obrázek 10 - spektrofotometr Konica Minolta CM 600 d (vlastní zdroj)

L^* je jas, nebo světlost barvy od 0 (černá) do 100 (bílá),
 a^* je souřadnice s odstínem mezi červenou (+ 60) a zelenou (- 60),
 b^* je souřadnice s odstínem mezi žlutou (+ 60) a modrou (- 60).



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

Obrázek 11- barevné spektrum a rovnice (Pánek a kol. 2019)

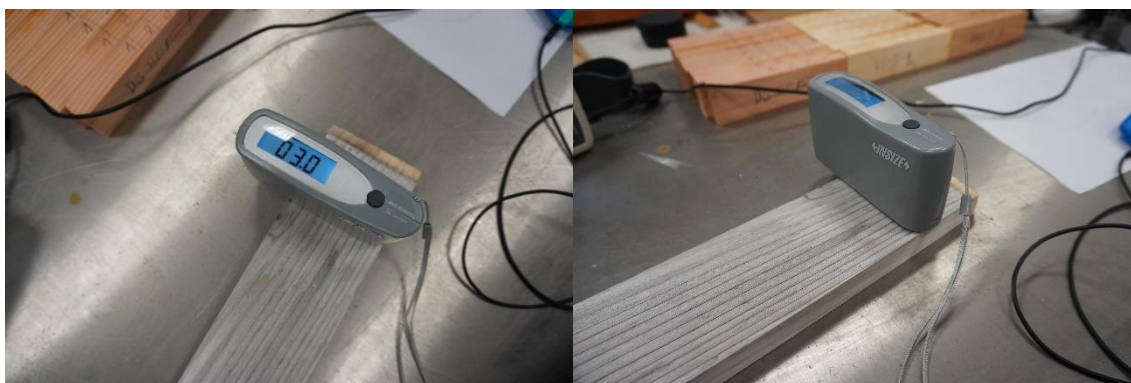
Tabulka barevných změn dle normy EN 927-3(2020)

Tabulka 2 - tabulka barevných změn

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

4.2.2 Měření změny lesku

Lesk vzorků s nátěry byl měřen před a po testování v exteriéru. Změna byla vyhodnocena podle EN ISO 2813 (2014) pomocí měřiče lesku MG268-F2 (KSJ, Quanzhou, Čína). Měření probíhalo na 4 místech u každého vzorku.



Obrázek 12 - měřič lesku MG268-F2 (vlastní zdroj)

Třídy lesku

Tabulka 3 - třídy lesku

Koeficient odrazu <10	Matný
Koeficient odrazu 10–35	Polomatný
Koeficient odrazu 35–60	Pololesklý
Koeficient odrazu 60–80	Lesklý
Koeficient odrazu >80	Vysoce lesklý

4.3 Klimatické podmínky

Do práce byl přidán i přehled klimatických podmínek za daný rok (2022), kdy testování nátěru v exteriéru probíhalo. Veškeré hodnoty byly zaznamenány v tabulce a vyhodnocení probíhalo každý měsíc. Získaná data jsou z meteostanice ČZU dostupná na webu <http://meteostanice.agrobiologie.cz/> a z webu <https://www.chmi.cz/>

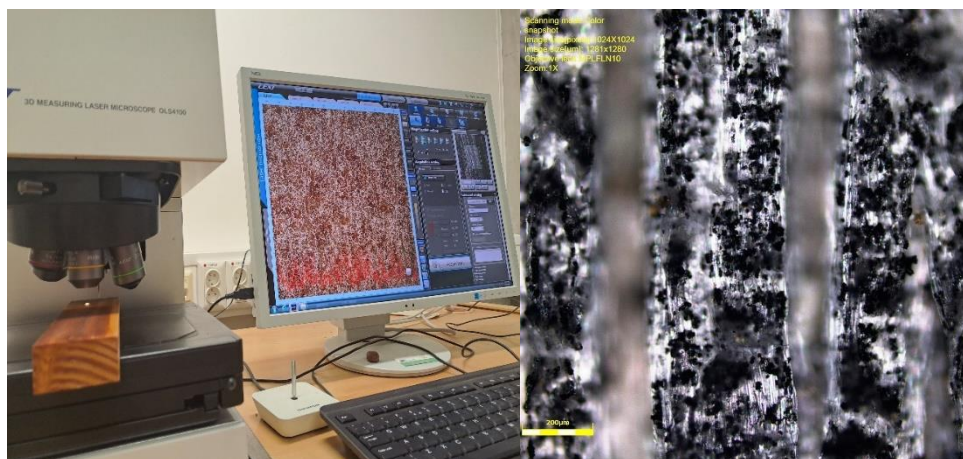
Tabulka 4 - klimatické podmínky během testování nátěru v exteriéru

Rok 2022	Průměrná teplota (°C)	Průměrná relativní vlhkost vzduchu (%)	Celkové srážky (mm)	Průměrné sluneční záření (kJ/m ²)
leden	2,2	77	31	1493
únor	4,5	65	20	10202
březen	4,9	53	15	14168
duben	7,7	62	38	17336
květen	16	54	38	20187
červen	20,5	58	133	22696
červenec	19,9	55	57	20248
srpen	20,3	65	99	18525
září	13,5	75	69	13041
říjen	11,2	83	23	10180
listopad	4,6	90	45	2965
prosinec	2,2	87	47	3070

4.4 Makroskopické a mikroskopické hodnocení

Následně byl pro vyhodnocení vzorků využit i skener konkrétně Canon 2520 MFP s rozlišením 300 DPI (výrobce Canon, sídlo Tokia – Japonsko). Vizualně byla provedena

kontrola trhlin a defoliace nátěrů, kterými bylo dřevo ošetřeno. Pro mikroskopickou kontrolu byl použit konfokální laserový skenovací mikroskop Lext Ols 4100 (výrobce Olympus, sídlo Tokio, Japonsko), kterým byla provedena kontrola narušení nátěru, možného napadení dřeva plísněmi či tvorba ruptur.



Obrázek 13 - zleva laserový skenovací mikroskop Lext Ols 4100, vpravo snímek poškození dřeva u smrku 10x přiblížený (vlastní zdroj)

4.5 Statické vyhodnocení

Veškerá data byla zpracována za použití softwaru MS EXCEL. Jak vstupní data pro určení rozdílné hodnoty změny barvy, tak i data získaná během měření změny lesku. Následně byla data zpracovávána pomocí aritmetického průměru, rozdílu a dosazena do rovnice pro výpočet změny barvy. Na závěr byly v programu vytvořené grafy ze statisticky vyhodnocených dat pro změnu barvy a pro změnu lesku. Presentovány jsou v této bakalářské práci níže.

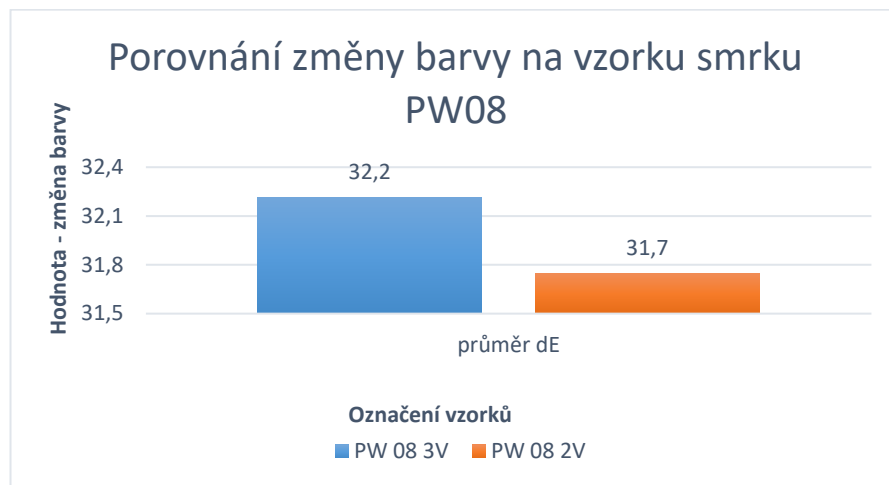
5 Výsledky a diskuse

Níže prezentované výsledky vycházejí z testování nátěrových systémů na 8 tělesech, které byly 12 měsíců vystaveny v exteriéru. Výsledky jsou prezentovány podle jednotlivých vzorků, kde je vyhodnocena změna barvy a lesku. Součástí jednotlivých vzorků je i porovnání stran vzorku s 3 a 2 vrstvami nátěrového systému. Následně byla do této práce zahrnutá i ekonomická kapitola, ve které je rozebrána cena nátěrových systémů a jejich efektivita dle testování.

U lesku je prezentován vždy počáteční (0 měsíců) a koncový (12 měsíců) stav vzorku, jak pro stranu se 3 nátěry, tak pro stranu s 2 nátěry a následné vyhodnocení daného grafu.

5.1 Vzorek smrk PW 08

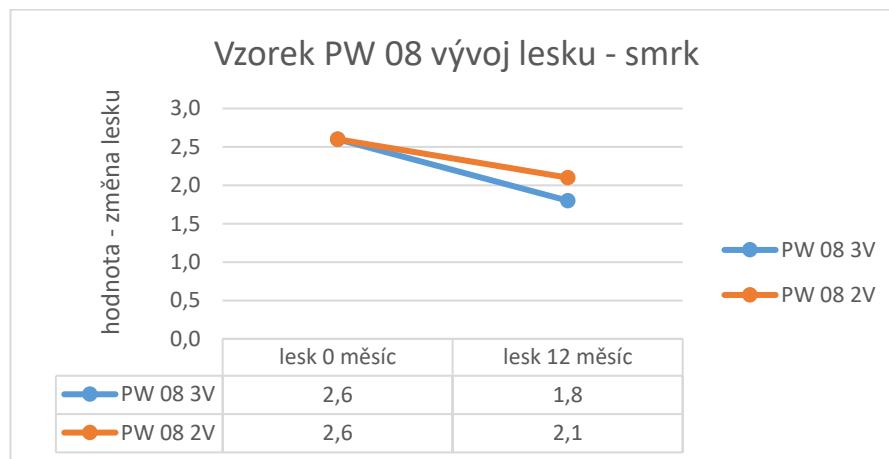
Barva



Graf 1- porovnání změny barvy na vzorku smrku PW08

Z grafu vyplývá, že u vzorku PW 08 na straně se 3 vrstvami došlo k vyšší změně barvy než na straně se 2 vrstvami nátěrového systému, nicméně rozdíl mezi oběma testovanými veličinami není nikterak velký – 0,5 bodu.

Lesk

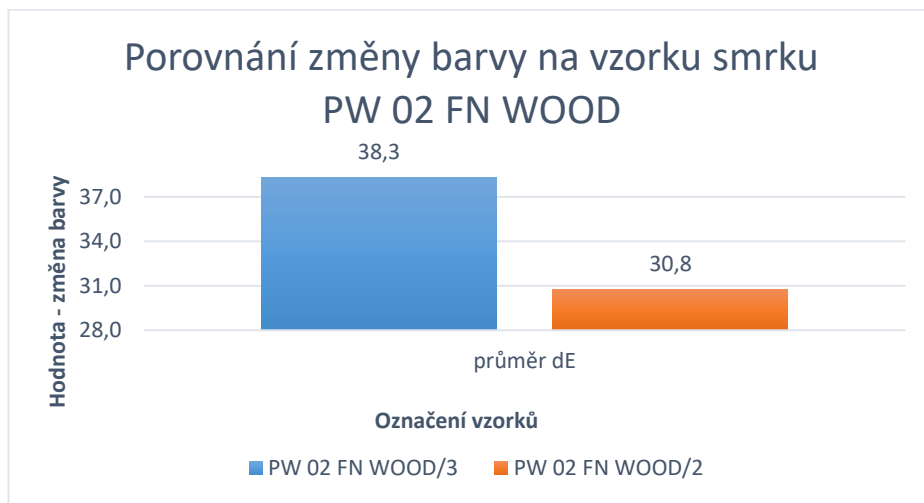


Graf 2 - vývoj lesku na vzorku smrku PW08

Z grafu pro lesk je patrné, že počáteční hodnota v 0 měsíci byla, jak pro 3 vrstvý, tak 2 vrstvý nátěr stejná, po 12 měsících se však hodnoty rozcházejí. Výraznější odklon od počátečního měření má strana se třemi vrstvami nátěrového systému a to konkrétně 0,8 bodu oproti straně s 2 nátěry, kde došlo ke změně o 0,5 bodu. Z toho nám tedy vyplývá, že vzorek PW 08 3 V se stal ještě více matným než na začátku měření.

5.2 Vzorek smrk PW 02 FN Wood

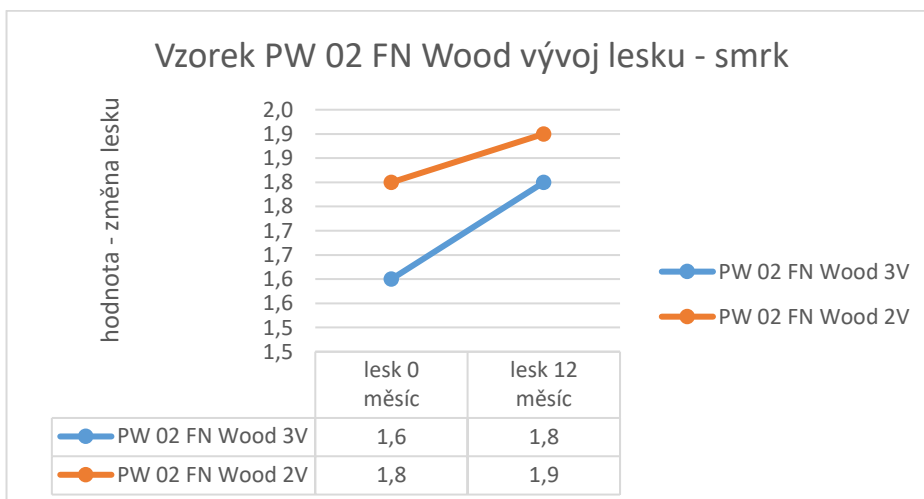
Barva



Graf 3- porovnání změny barvy na vzorku smrku PW 02 FN Wood

Z grafu porovnání změny barvy na vzorku PW 02 FN Wood můžeme pozorovat velmi vysoké rozdíly mezi stranou s 3 vrstevným nátěrovým systémem a 2 vrstevným nátěrovým systémem, kdy rozdíl mezi těmito hodnotami je celých 7,5 bodů. Graf nám tedy jasně udává, že změna barvy byla u 3 vrstvého nátěru mnohem větší než u 2 vrstvého nátěru.

Lesk

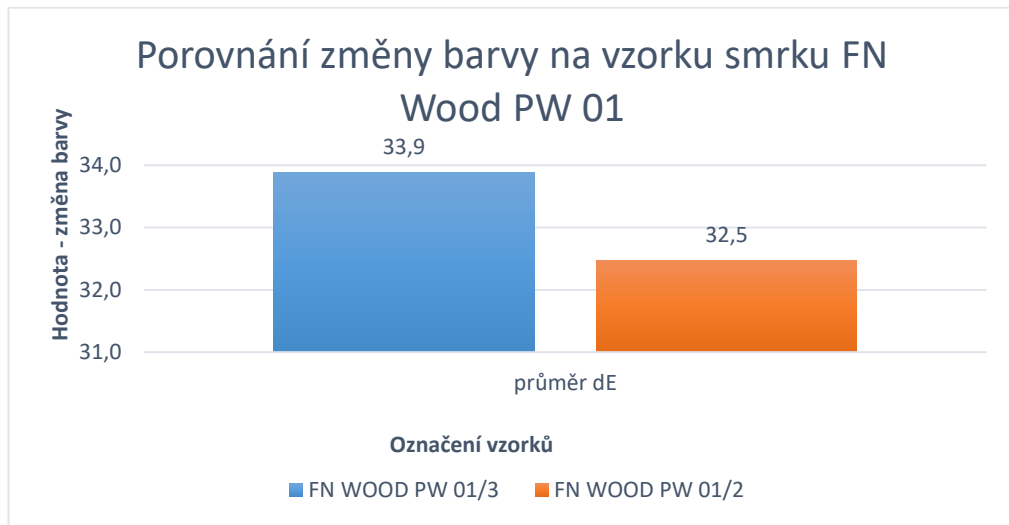


Graf 4 - vývoj lesku na vzorku smrku PW 02 FN Wood

Z tohoto grafu vyčteme, že křivky lesku v 0 měsíci a po měsíci 12 měli stejnou stoupající tendenci, z toho vyplývá, že během testování tohoto vzorku došlo k mírnému navýšení lesku na obou stranách testovaného vzorku. Nicméně tento vzorek se i přes lehký posun řadí mezi lesk matný.

5.3 Vzorek smrk FN Wood PW 01

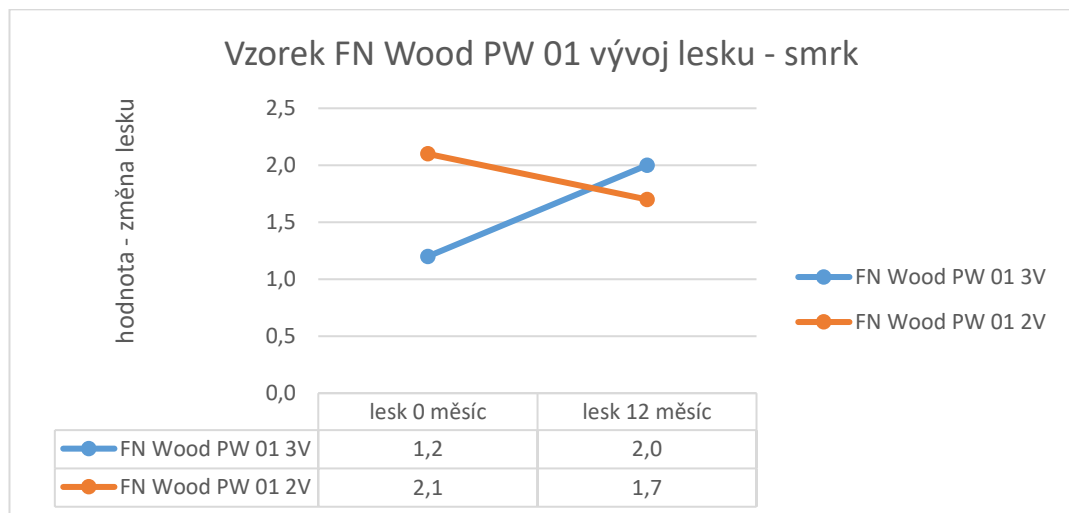
Barva



Graf 5 - porovnání změny barvy na vzorku smrku FN Wood PW 01

Z grafu pro porovnání změny barvy vzorku FN Wood PW 01 je vidět, že i zde je tmavší strana ta se 3 nátěry. Rozdíl mezi oběma stranami je 1,4 bodu.

Lesk

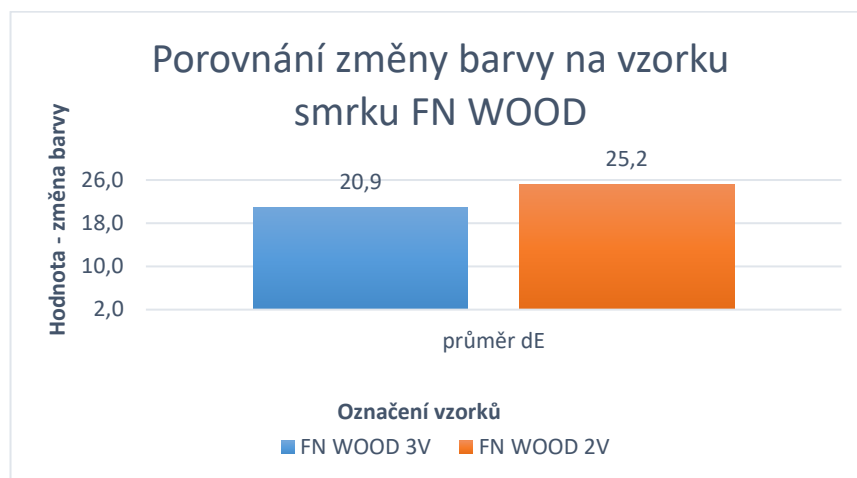


Graf 6 - vývoj lesku na vzorku smrk FN Wood PW 01

Z grafu pro lesk nám vyplývá, že zatímco u strany se třemi nátěrovými vrstvami došlo k mírnému zvýšení lesku, tak strana se dvěma vrstvami měla naopak opačnou tendenci.

5.4 Vzorek smrk FN Wood

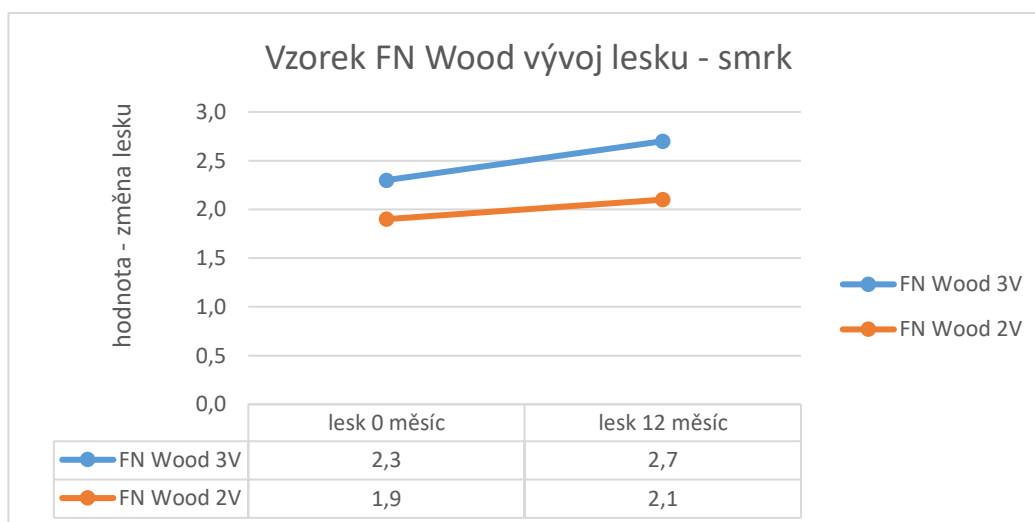
Barva



Graf 7 - porovnání změny barvy na vzorku smrku FN Wood

Tento graf se oproti již výše prezentovaným grafům liší v tom, že nám vyšší hodnotu změny barvy vykazuje strana vzorku se dvěma vrstvami nátěrového systému, a to o hodnotu 4,3 bodu. Z toho vyplývá, že nátěr FN Wood je při natření dřevěného prvku 3 vrstvami nátěrového systému účinnější, než při využití pouhých 2 vrstev a je schopen si o něco lépe poradit s klimatickými podmínkami v exteriéru.

Lesk

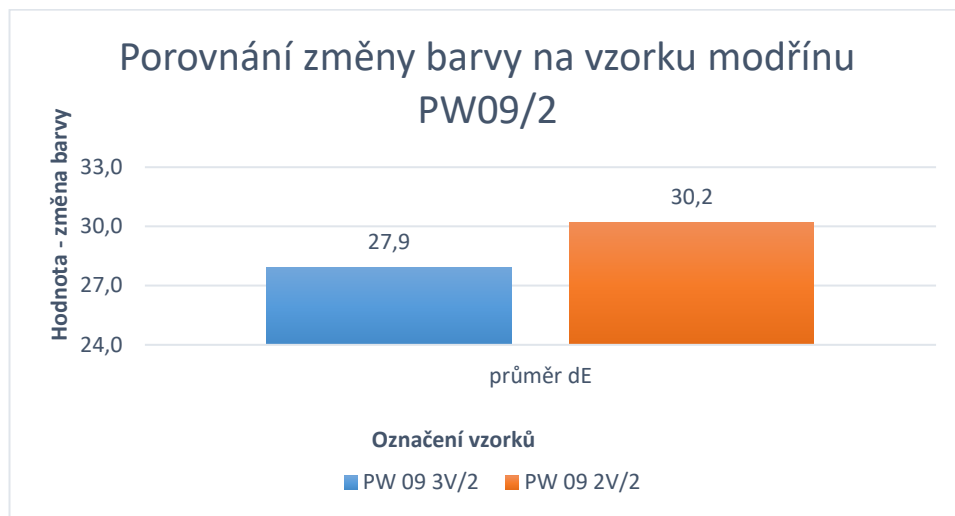


Graf 8 - vývoj lesku na vzorku smrk FN Wood

U vzorku FN Wood nám z grafu pro lesk vychází, že 2 vrstvy nátěrového systému prakticky nezaznamenali změnu. U 3 vrstvé varianty nátěru je vidět, že došlo k mírnému poklesu hodnoty změny lesku.

5.5 Vzorek modřín PW 09/2

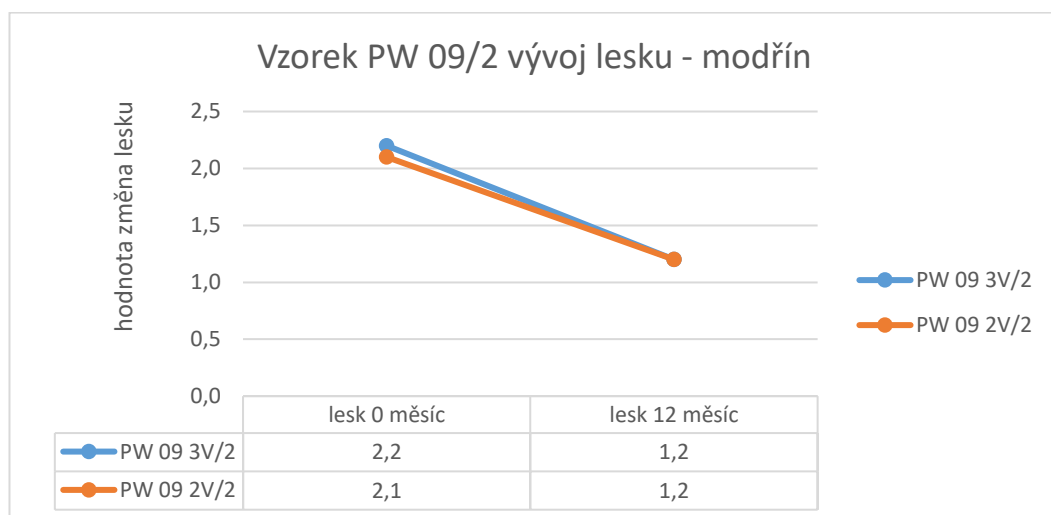
Barva



Graf 9 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 09/2

Z grafu vyplývá, že u vzorku PW09/2 pozorujeme na straně se třemi nátěry menší barvenou změnu než na straně se dvěma nátěry. Rozdíl mezi oběma stranami je 2,3 bodu. Závěrem je tedy nutné říci, že pro tento typ vzorku je vhodné využít 3 vrstvy nátěru.

Lesk

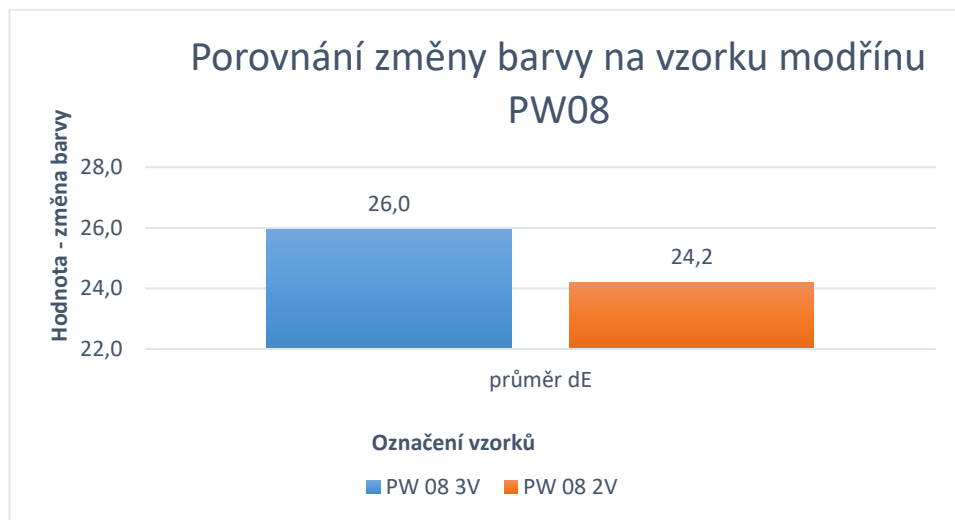


Graf 10 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 09/2

Graf lesku pro vzorek PW 09/2 je při porovnání obou stran testovaného vzorku prakticky identický, kdy jediné, co se v tomto grafu liší je výchozí pozice u strany se třemi nátěry. Celkově se hodnota změny lesku snížila o 1 bod.

5.6 Vzorek modřín PW 08

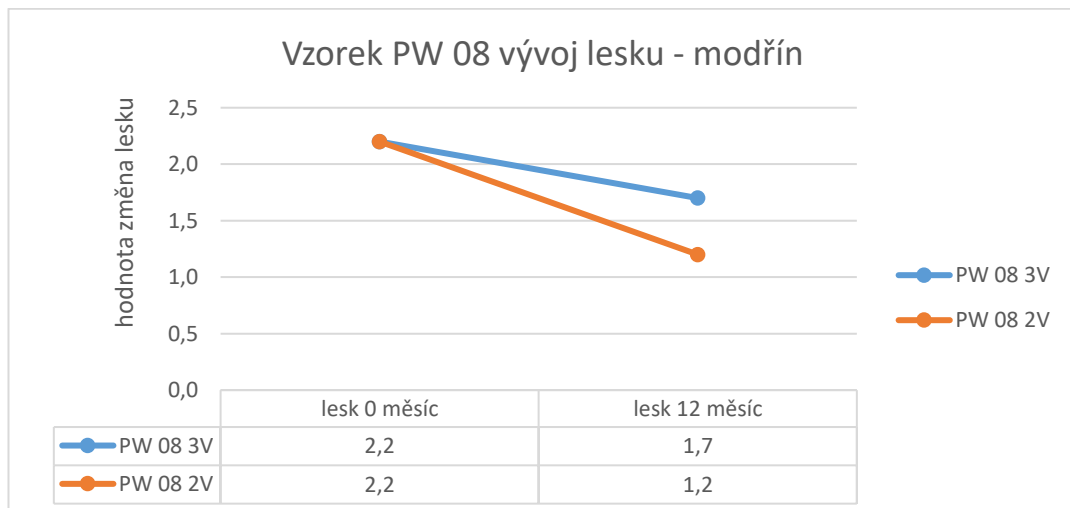
Barva



Graf 11 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 08

Z grafu vychází, že u vzorku PW08 se na straně se třemi vrstvami došlo k vyšší hodnotě změny barvy než u varianty s dvěma vrstvami nátěrového systému. Hodnoty se od sebe liší o 1,8 bodů. V tomto případě vychází, že varianta se dvěma nátěry je vhodnější pro použití v exteriéru.

Lesk

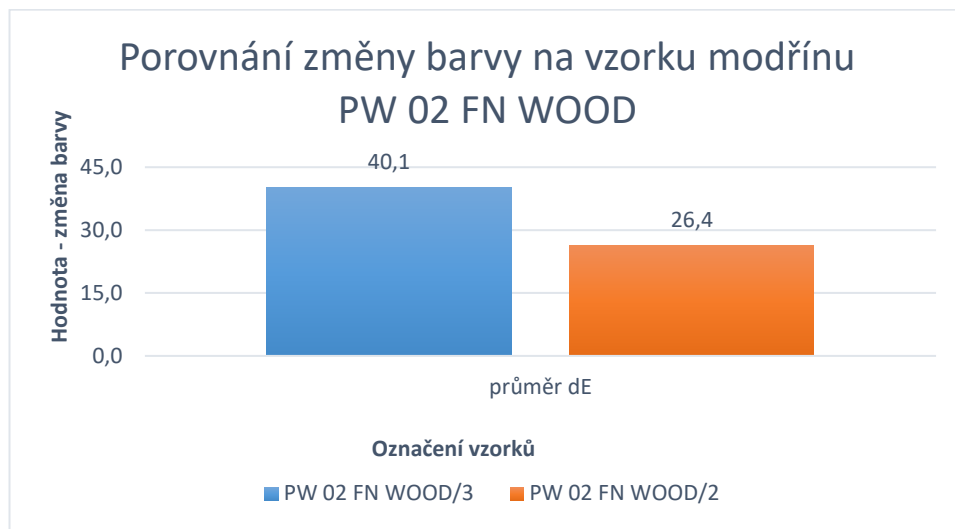


Graf 12 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 08

Vzorek PW 08 má výchozí hodnotu změny lesku shodnou, nicméně po uplynutí 12 měsíců z grafu vyplývá, že u tří vrstvé varianty došlo ke změně hodnoty jen o polovinu oproti dvou vrstvému nátěru, kde se hodnota snížila o celou jednotku.

5.7 Vzorek modřín PW 02 FN Wood

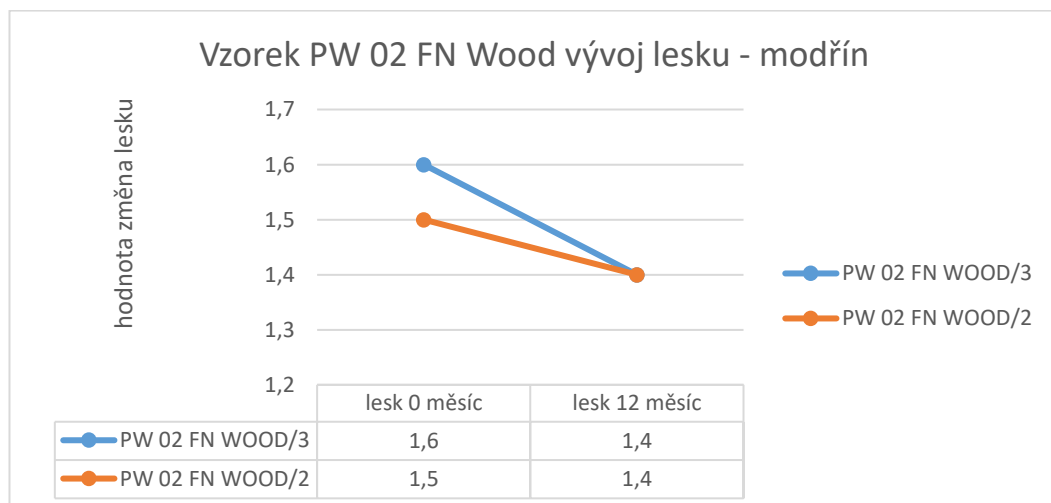
Barva



Graf 13 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu PW 02 FN Wood

U vzorku PW 02 FN Wood můžeme z grafu vidět, že hodnota na straně se třemi nátěry je mnohonásobně vyšší, konkrétně o 13,7 bodu hodnoty změny barvy než strana se dvěma nátěrovými vrstvami. Což má za následek výraznou změnu barvy.

Lesk

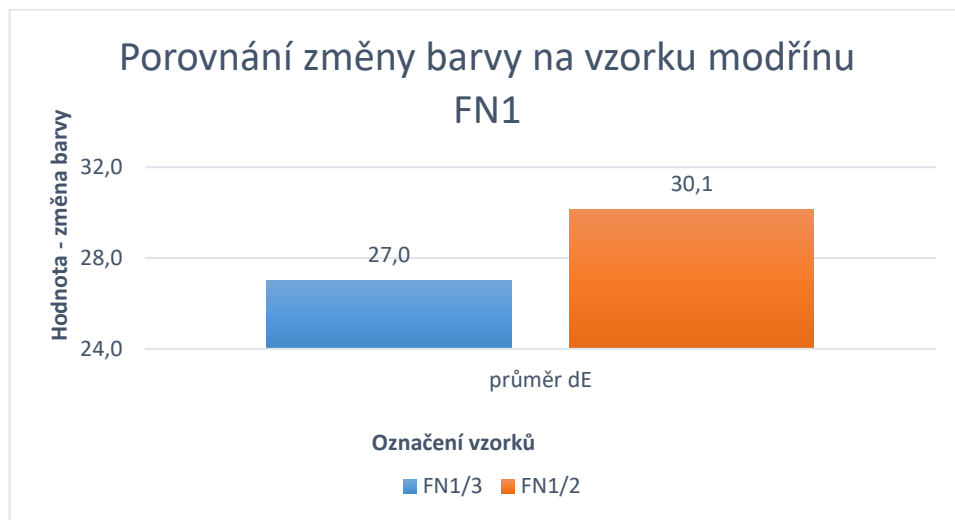


Graf 14 - vývoj lesku na vzorku modřínu PW 02 FN Wood

Z tohoto grafu je patrné, že na straně se 3 vrstvami nátěru došlo k vyšší změně hodnoty lesku než na straně s 2 vrstvami nátěrového systému. Nicméně u obou vzorků se jedná pouze o změnu o desetiny. Změna není tak výrazná jako u jiných vzorků.

5.8 Vzorek modřín FN1

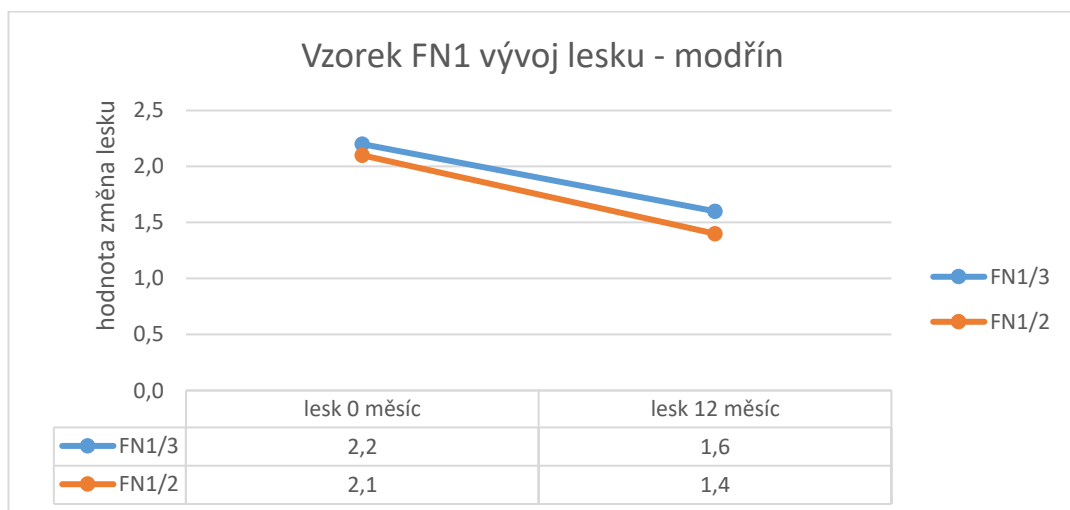
Barva



Graf 15 - porovnání změny barvy na vzorku modřínu FN1

Z grafu je jasně patrné, že v tomto případě byla strana se 3 vrstvami nátěru odolnější proti klimatickým podmínkám v exteriéru než strana s 2 vrstvami nátěru. Hodnota rozdílu změny barvy je mezi jednotlivými stranami o 3,1 bodu.

Lesk



Graf 16 - vývoj lesku na vzorku modřínu FN1

Graf hodnoty změny lesku na vzorku FN1 je pro obě strany prakticky totožný. Strana se 3 vrstvami nátěrového systému zaznamenala změnu o 0,6 bodu a u 2 vrstvé varianty nátěrového systému je tato hodnota 0,7 bodu.

5.9 Shrnutí vzorků pro dřevo smrku

U barevných změn vzorků ze smrkového dřeva můžeme pozorovat jen jeden vzorek, ve kterém se vyplatí využít 3 vrstvy nátěrového systému, konkrétně FN Wood, kde bylo testováním prokázáno, že zvýšený počet vrstev nátěru má vliv na barevnou změnu vzorku, v tom ohledu, že došlo k nejmenší změně barvy vzorku. Naopak nejvyšší hodnotu změny barvy vykazoval vzorek PW 02 FN Wood se 3 nátěrovými vrstvami, kde jeho hranice přesáhla hodnoty 38 bodu, konkrétně 38,3.

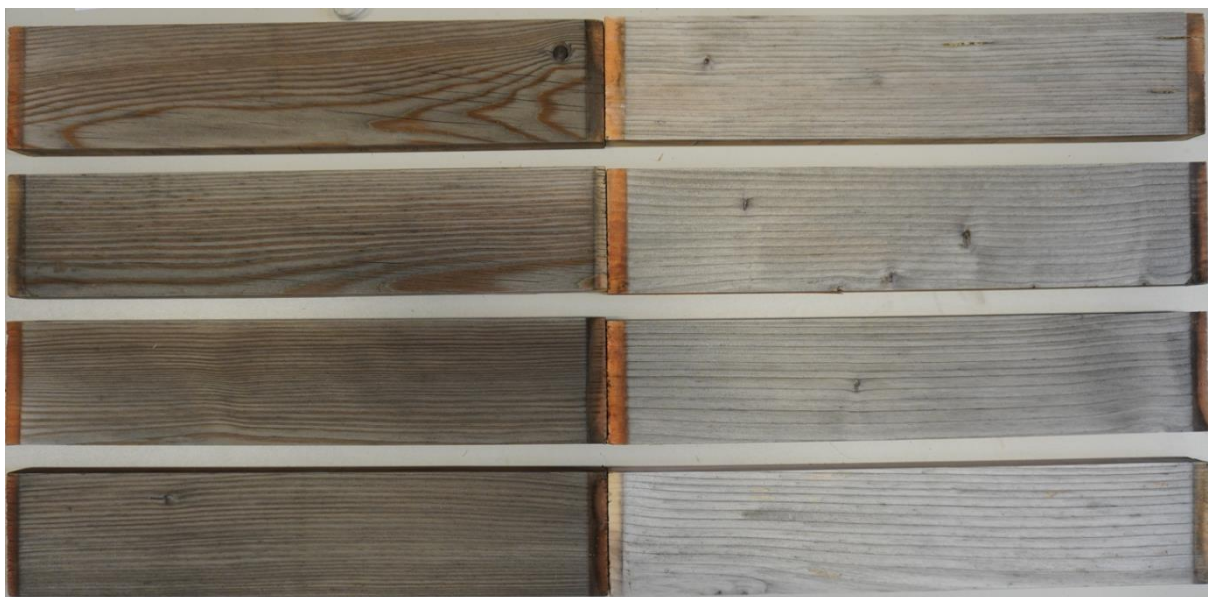
I u lesku vychází poslední vzorek FN Wood se 3 vrstvami nátěrového systému také nejlépe, kdy se za 12 měsíců z hodnoty 2,3 dostal na hodnotu 2,7. Nicméně ani jeden vzorek se nepřiblížil hranici polomatného lesku.

5.10 Shrnutí vzorků pro dřevo modřínu

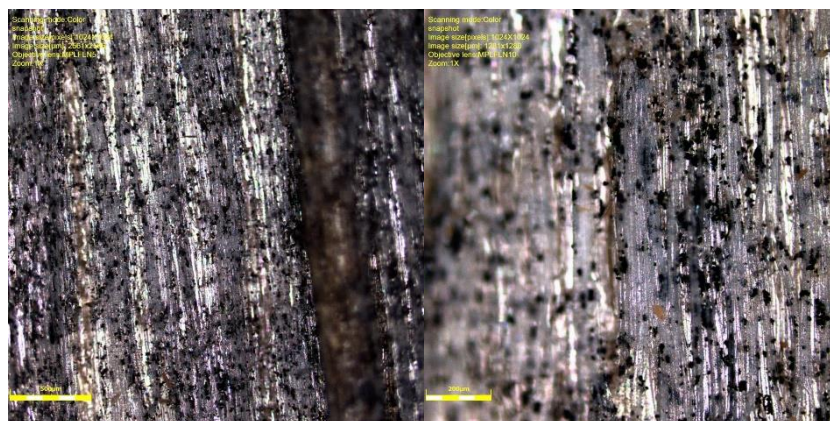
U barevných změn vzorků z modřínového dřeva vyplývá, že u dvou testovaných vzorků, a to konkrétně u vzorku FN1 a PW 09/2 dává smysl využít možnosti 3 vrstvého nátěru. U ostatních testovaných vzorků se jevila lepší varianta 2 vrstvého nátěru, kdy vykazovala nižší hodnoty změny barvy. Nejnižší hodnotu změny barvy pro 2 nátěrové vrstvy vykázal vzorek PW08 s hodnotou 24,2 bodů. U 3 vrstvé varianty vykázal nejnižší hodnotu změny barvy vzorek FN1 s hodnotou 27 bodů. Na druhé straně nejvyšší hodnotu změny barvy zaznamenal vzorek PW 02 FN Wood, který dosáhl hranice 40,1 bodu.

U lesku nejlépe vyšel vzorek PW 08 s 3 vrstvami nátěrového systému, kdy hodnota v nultém měsíci činila 2,2 bodu a následně po 12 měsících v exteriéru klesla na hodnotu 1,7 bodu změny lesku. Avšak ani zde se z žádný z testovaných vzorků nedostal na hranici pro polotmavý lesk.

Smáčivost na vzorcích smrku a modřínu nebyla měřena, jelikož byl testován penetrační nátěr, který nemá hydrofobní vlastnosti. Proto jsou prezentované pouze výsledky změny barvy a lesku jednotlivých vzorků.

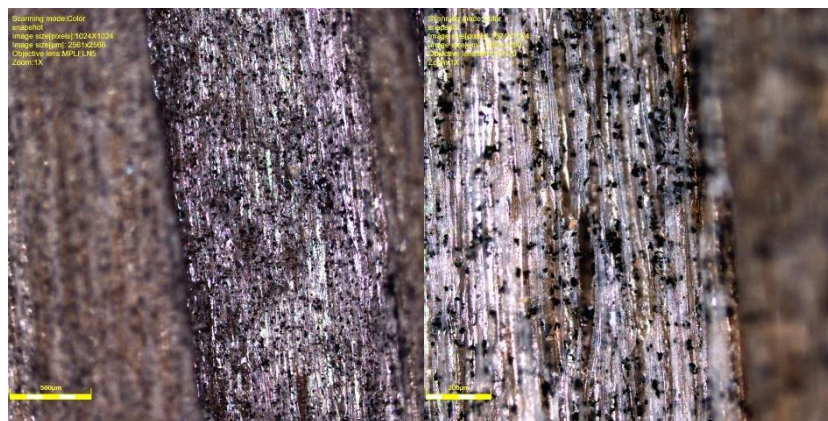


Obrázek 14 - vzorky po 12 měsících v exteriéru, vlevo modřín, vpravo smrk (vlastní zdroj)



Obrázek 15 - zleva vzorek smrku pod elektronovým mikroskopem 5x a 10x přiblíženo (vlastní zdroj)

Na obrázku 16 vidíme dva snímky vzorku smrku ošetřené nátěrem FN NANO Wood po 12 měsících v exteriéru. Snímky jsou pořizeny 5x zvětšené a 10x zvětšené a jsou na nich velmi dobře viditelné usazené prachové částice a spóry plísní (černá místa na snímcích), které mají negativní vliv na estetický vzhled, tzv. šednutí.



Obrázek 16 - zleva vzorek modřínu pod elektronovým mikroskopem 5x a 10x přiblíženo (vlastní zdroj)

Na obrázku 17 vidíme dva snímky vzorku modřínu ošetřené nátěrem FN NANO Wood po 12 měsících v exteriéru. Snímky jsou pořízeny 5x zvětšené a 10x zvětšené a jsou na nich velmi dobře viditelné usazené prachové částice a spóry plísní (černá místa na snímcích), které mají negativní vliv na estetický vzhled

Ekonomické porovnání FN NANO Wood

Výrobce udává 2 velikosti balení, které se dají pořídit a to 5 litrové a litrové balení.

E-shop <https://nano4house.cz/eshop/> jeden z hlavních distributorů nátěrů od firmy FN NANO, má cenu za 5 litrové balení na 8128 Kč a jednolitrové balení vyjde na 1676 Kč. FN NANO Wood by jak už z názvu napovídá mělo sloužit na dřevěné materiály.

Tabulka 5 - srovnání cen za m²/l

Produkt	Cena [Kč]	Obvyklá spotřeba	Cena za litr [Kč]
1 l FN NANO Wood	1676	8-20 m ² /l	1676
5 l FN NANO Wood	8128	8-20 m ² /l	1626

Na e-shopu dále uvádějí obvyklou spotřebu viz. Tabulka, když bychom čistě počítali s tím, že průměrná hodnota obvyklé spotřeby bude 18 m²/l ve dvou nátěrových vrstvách, tak nám po zaokrouhlení na celá čísla vyjde, že cena za jeden litr u 5 litrového balení je o 50 Kč levnější než u balení s jedním litrem.

U většiny testovaných vzorků, jak u dřeva smrku, tak modřínu převládá negativní dopad 3 vrstvého nátěru, když hned v 5 případech z 8 testovaných vzorků měl vyšší hodnotu barevné změny, než 2 vrstvý nátěr. Když bychom tento fakt převedli do ekonomické stránky,

tak nám z toho vyplyne, že bychom zaplatili diametrálně vyšší cenu, ale efekt by byl horší, než při použití 2 vrstev nátěru.

Konkrétně se jedná o vzorky smrku PW08, PW02 FN Wood a FN Wood PW 01, kteří ve 3 vrstvách nátěrového systému mají horší výsledky změny barvy a je tedy z ekonomického i praktického hlediska výhodnější provést jen dva nátěry. Oproti tomu vzorek smrku FN Wood vykazuje při natření 3 vrstvami lepší hodnoty, než tomu je u 2 vrstev nátěru, zde je naopak lepší zainvestovat do 3 vrstvého nátěru.

U vzorků dřeva modřínu je situace o něco jiná, kdy ze čtyř vzorků jsou dva vzorky, které vychází při 3 vrstvách nátěru hůře, konkrétně se jedná o vzorky PW08 a PW02 FN Wood a i zde jsou z ekonomického hlediska výhodnější pouze 2 nátěry. U vzorků FN1 a PW09/2 nám však vychází lepší hodnoty u 3 vrstvého nátěru, a tedy zvolit dražší možnost 3 nátěrů.

Tabulka 6 - porovnání cen nátěrového systému v rámci internetu

Produkt	Dostupnost (internet)	Cena za balení v Kč
1 l FN NANO Wood	https://nano4house.cz/eshop/	1676
5 l FN NANO Wood	https://nano4house.cz/eshop/	8128
1 l FN NANO Wood	https://merxu.com/cs/	1676
5 l FN NANO Wood	https://merxu.com/cs/	8128
1 l FN NANO Wood	https://eshop.zofi.cz/	1810
5 l FN NANO Wood	https://eshop.zofi.cz/	8778
1 l FN NANO Wood	https://www.nanospace.cz/	1676

Při srovnávání cen nátěrů FN NANO Wood (tabulka 6) napříč internetem se dozvíme, že většina e-shopů, kteří tento typ nátěrového systému nabízejí drží stejnou cenu. Při koupi litrového balení u některého z partnerských e-shopů společnosti FN NANO zaplatíte cenu 1676 Kč u balení s obsahem pěti litrů je cena 8128 za nátěr. Na internetu můžete dále najít i rozdílné ceny, kupříkladu web <https://eshop.zofi.cz/>, kde nabízejí litrové balení nátěru za cenu 1810 a u pěti litrového balení se cena vyšplhá na 8778 Kč.

6 Závěr

Předkládaná bakalářská práce obsahuje postup testování nátěrového systému FN NANO Wood a jeho odstíny od firmy FN NANO. Zkoumala se změna barvy a lesku na 4 vzorcích smrkového dřeva a 4 vzorcích modřínového dřeva, po dobu 12 měsíců, během které byly vzorky umístěny v exteriéru a byly vystaveny klimatickým vlivům. Práce dále obsahuje literární rešerši, ve které byly rozebrány jednotlivé již zmíněné dřeviny, chemické složení dřeva, atmosférická degradace dřeva a nátěry.

Výsledky z testování vzorků FN NANO Wood byly měřeny v nultém a dvanáctém měsíci a následně vyhodnoceny do tabulek a grafů, poté probíhalo porovnání jednotlivých vzorků po stránce změny barvy nátěrového systému při využití 3 vrstvého nátěru a 2 vrstvého nátěru a porovnání změny lesku.

Bylo zjištěno, že při využití 3 vrstvého nátěrového systému dochází k vyšším změnám hodnot barvy než při využití 2 vrstvého nátěru.

Výsledkem bakalářské práce je vyhodnocení naměřených hodnot pro jednotlivé vzorky, stanovení vhodnějších a méně vhodných vzorků odstínu barvy FN NANO Wood a jejich lesku a doporučení co se ekonomické výhodnosti týče.

Seznam literatury a použitých zdrojů

Literatura

Andreas Bergstedt and Christian Lyck (eds.). Larch wood – a literature review. Forest & Landscape Working Papers no. 23-2007. Forest & Landscape Denmark. ISBN 978-87-7903-337-5

BALABÁN, Karel. Nauka o dřevě, 1. vyd.; Praha: Státní zemědělské nakladatelství: 1955. 216 s

DVOŘÁK, Ondřej. Vliv povrchové úpravy dřeviny na celkovou životnost transparentních exteriérových nátěrových systémů. Praha, 2023. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra zpracování dřeva a biomateriálů. Vedoucí práce doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

GANDELOVÁ, L.; HORÁČEK, P.; ŠLEZINGEROVÁ, J. Nauka o dřevě. Vyd. 3. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. 176s. ISBN 978-80-7375- 312-2.

Hýsek, Š., Fidan, H., Pánek, M., Böhm, M. and Trgala, K. (2018) Water permeability of exterior wood coatings: Waterborne acrylate dispersions for 75 windows. Journal of Green Building. 13(3): pp. 1-16, DOI: 10.3992/1943-4618.13.3.1.

KOLMAČKA, V., J. NOVOSAD a J. POLÁŠEK. Šindel – tradiční střešní krytina. Praha: Národní památkový ústav, 2016. ISBN 978-80-7480-066-5.

Kubovský, I., Oberhofnerová, E., Kačík, F. and Pánek, M. (2018) Surface changes of selected hardwoods due to weather conditions. Forests. 9(9), p.557, DOI: 10.3390/f9090557.

LOKAJ, Antonín et al. Dřevostavby a dřevěné konstrukce. Brno: Akademické nakladatelství, 2010. ISBN 978-80-7204-732-1.

MUSIL, I., HAMERNÍK, J. Jehličnaté dřeviny: přehled nahosemenných i výtrusných dřevin: dendrologie vyd. 1. Praha: Academia, 2007. 352 s. ISBN 978-80-200-1567-9

MUSIL, Ivan., HAMERNÍK, Jan. Lesnická dendrologie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2003. 177 s. ISBN 80-213-0992-X–2. ed.

Nguyen, T.V., Dao, P.H., Duong, K.L., Duong, Q.H., Vu, Q.T., Nguyen, A.H. and Le, T.L., (2017) Effect of R-TiO₂ and ZnO nanoparticles on the UV-shielding efficiency of water-

borne acrylic coating. *Progress in Organic Coatings*. 110, pp.114-121, DOI: 10.1016/j.porgcoat.2017.02.017

Pánek, M., Dvořák, O., Oberhofnerová, E., Šimůnková, K. and Zeidler, A. (2019) Effectiveness of two different hydrophobic topcoats for increasing of durability of exterior coating systems on oak wood. *Coatings*. 9(5), p.280. DOI: 10.3390/coatings9050280

PÁNEK, M. *Nátěry na dřevo a jejich testování*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí, 2015. 111s. ISBN 978-80-213-2548-7

POŽGAJ, Alexander, Dušan CHOVANEC, Stanislav KURJATKO and Marián BABIAK. 1993. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00600-1

POŽGAJ, Alexander, Dušan CHOVANEC, Stanislav KURJATKO a Marián BABIAK. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. Bratislava: Príroda, 1997. ISBN 80-07-00960-4.

PTÁČEK, Petr. *Ochrana dřeva ve stavbách*. 1. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-6488-7.

REINPRECHT, Ladislav a Miloš PÁNEK. *Trvanlivost a ochrana dřeva*. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. ISBN 978-80-213-2660-6.

REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dreva*. 1. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2008. ISBN 978-80-228—1863—6.

ÚRADNÍČEK, Luboš; MADĚRA, Petr. *Dřeviny České republiky*. Písek: Matice lesnická, 2001. 333 s. ISBN 80-86271-09-9.

ÚRADNÍČEK, Luboš. *Dřeviny České republiky*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. 70 s. ISBN 80-7157-643-3.

WALKER, Aidan. *Dřevo – Velká encyklopedie*. 1. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2858-2.

Wang, X., Liu, S., Chang, H., Liu, J. (2014) Sol-gel deposition of TiO₂ nanocoatings on wood surfaces with enhanced hydrophobicity and photostability. *Wood Fiber Sci*. 46, 109–117. ISSN:0735-6161.

Weichelt, F., Emmler, R., Flyunt, R., Beyer, E., Buchmeiser, M.R., Beyer, M. (2010) ZnO-Based UV Nanocomposites for Wood Coatings in Outdoor Applications. *Macromolecular Materials and Engineering*. 295(2), pp.130-136, DOI: 10.1002/mame.200900135.

ZEMIAR, J. 2009. Technológia výroby nábytku. Vyd. 1. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. 286 s. ISBN 978-80-228-2064-6.

DVOŘÁK, Ondřej. Vliv povrchové úpravy dřeviny na celkovou životnost transparentních exteriérových nátěrových systémů. Praha, 2023. Disertační práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra zpracování dřeva a biomateriálů. Vedoucí práce doc. Ing. Monika Sarvašová Kvietková, PhD.

Internetové zdroje

Böhm, Martin.; Zeidler, Aleš. Zajímavosti ze stavby dřeva – jak stavba dřeva ovlivňuje jeho vlastnosti [Online] Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce, 2017 [cit. 2023-03-20], 96 (2–11). Dostupné z: http://silvarium.cz/sklad/Zajimavosti_stavby_dreva_2018.pdf

Český statistický úřad: Lesnictví v roce 2021 [online]. [s. n.] (cit. 2023-03-22). Dostupné z: <
<https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2021>

Dřevokazné houby. Svět dřevostavby [online]. © 2012 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z:
<http://www.svetdrevostavby.cz/cs/Technologie/drevo/Drevokaznehouby/?PHPSESSID=cb6f1f2ec13671627413a594d534d27a>

Dřevokazný hmyz. Brutus: boj se škůdci, ochrana dřeva [online]. © 2012 [cit. 2023-03-07]. Dostupné z: <http://www.ochranadreva-brutus.cz/skudci/drevokazny-hmyz/>

Hejdová, M. (2011) Ochranné nátěry na dřevo vůči UV záření. Univerzita Pardubice, bakalářská práce. 40 s., <http://hdl.handle.net/10195/40925>.

Hon, D.N.S., Feist, W.C. Weathering characteristics of hardwood surfaces. Wood Sci. Technol. 20, 169–183 (1986). <https://doi.org/10.1007/BF00351028>

MAJERKO, Jaroslav. Vliv klimatu na radiální přírůst smrku ztepilého na vybraných lokalitách Jeseníků [online]. Brno, 2016 [cit. 2023-03-23]. Dostupné z: <https://theses.cz/id/9hkbow/>. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. Vedoucí práce Ing. Michal Rybníček, Ph.D.

Portál ČHMÚ : Historická data : Počasí : Územní srážky. Portál ČHMÚ : Home [online]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

Raczkowski, J. Seasonal effects on the atmospheric corrosion of spruce micro-sections. Holz als Roh-und Werkstoff 38, 231–234 (1980). <https://doi.org/10.1007/BF02607398>

Šoltésová, Jana. Modřín opadavý – Larix decidua. [online]. 2006 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: <https://www.priroda.cz/clanky.php?detail=763>

Vavrčík, Hanuš, Stavba dřeva. 2002 [online]. Copyright © 2022 [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/

Vejpustková, Monika. KLIMATICKÉ FAKTORY LIMITUJÍCÍ RŮST SMRKU NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V OBDOBÍ 1968–2013 [online]. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti VÚLHM. Copyright © [cit. 03.04.2023]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2022/03/657.pdf>

ZEIDLER, Aleš. Lexikon dřeva. [online]. [s. n.] 2012 [cit. 2023-03-22]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4041658-Ceska-zemedelska-univerzita-v-praze-fakulta-lesnicka-a-drevarska-lexikon-dreva.html>

Smrk ztepilý – picea abies – vánoční strom. semena, osivo, cibuloviny – užitkové i okrasné [online]. Copyright © všechna práva vyhrazena [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: <https://www.semena.cz/smrk/3466-smrk-ztepily-picea-abies-semena-smrku-8-ks.html>

Modřín opadavý: Neleňprozeleň.cz. :: Neleňprozeleň.cz [online]. Copyright © 2010 [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: <https://www.nelenprozelen.cz/p/modrin-opadavy#678>

FN NANO technologie proti koronaviru COVID-19 | FN NANO. FN-NANO| proti Covid19 a pro zdravé a čisté prostředí [online]. Copyright © 2022 FN [cit. 01.04.2023]. Dostupné z: <https://fn-nano.com/jak-to-funguje-2/>