

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A
DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND
COMPONENTS

OPTIMALIZACE POŽADAVKŮ NA NÁTĚROVÉ SYSTÉMY NA DŘEVO

OPTIMIZING REQUIREMENTS FOR WOOD COATINGS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ILONA BEDNÁŘOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN VANĚREK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student Ilona Bednářová

Název Optimalizace požadavků na nátěrové systémy na dřevo

Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.

**Datum zadání
bakalářské práce** 30. 11. 2014

**Datum odevzdání
bakalářské práce** 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Ambrožová, E. Nátěry dřeva. Praha: Grada Publishing, 2000. ISBN 80-7169-924-1
Stoye D., Werner F. (ed.): Paints, Coatings and Solvents. WILEY-VCH Weinheim, 1998.
Feist W.C.: Outdoor Wood Weathering and Protection. In: Archeological Wood, Properties, Chemistry and Preservation, ed. Rowell R.M. and Barbour R.J., Washington 1990.

Wood handbook, Wood as an engineering material. Chapter 15 Finishing of Wood; Forest Products Laboratory. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 1999. 463 p.

Zásady pro vypracování

U sekundární ochrany dřeva pomocí nátěrových systémů (NS) dochází v poslední době k inovaci těchto systémů zejména s ohledem na dosažení vyšší pružnosti krycí vrstvy. S ohledem na tuto skutečnost je u takto inovovaných systémů deklarována vyšší odolnost proti povětrnosti. A právě posouzení takto inovovaných NS se systémy tradičních NS bude hlavním cílem této bakalářské práce.

V obecné rovině lze nátěrové systémy (NS) na dřevo rozdělit na systémy krycí nebo lazurovací, u kterých rozlišujeme systémy tenkovrstvé (pro nestálorozměrové prvky) a silnovrstvé lazury (pro prvky rozměrově stálé). V rámci práce bude přistoupeno k řešení základních typů NS na dřevo, kdy u každých systémů budou blíže specifikovány zejména typy použitých pojiv. Dále budou popsány postupy, kterými se NS na dřevo posuzují s ohledem na splnění požadavku na výrobky dle zák. č. 22/1997 Sb. v platném znění. Kromě základních zkoušek budou popsány rovněž zkoušky mající dopad na trvanlivost NS (odolnost proti povětrnostním vlivům – zkoušky zvětrávání dle směrnice HO.03) a odolnosti proti UV záření, jež nejsou v současnosti normativně ukotveny a provádějí se formou různých zkušebních certifikovaných postupů. Dále budou popsány i tepelně-vlhkostní aspekty hodnocení NS (zejména difúzní vlastnosti), což je faktor zajišťující nezbytnou ochranu dřeva proti vlhkosti.

V praktické části autorka navrhne metodiku zkoušení NS na dřevo zejména s ohledem na trvanlivost a dle této metodiky u vybraných komerčních NS provede experimentální porovnání nejenom základních vlastností, ale rovněž vyhodnotí jejich odolnost proti povětrnosti.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....

Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Práce se zabývá nátěrovými systémy na dřevo. Soustředí se na dělení nátěrových hmot a zkoušení nátěrových systémů.

V praktické části byl proveden experiment zaměřený na sledování vlivu povětrnostních vlivů na kvalitu nátěru. Byly srovnány dva různé nátěry v rámci základních zkoušek a pak byly ponechány v rozdílných prostředích.

Klíčová slova

Nátěrový systém, nátěrová hmota, povětrnost, UV záření, vlhkost

Abstract

The work deals with wood coating systems. It is focused on the theoretical division of paints due to different aspects, moreover on testing of wood coating systems.

In the practical part of the work, the experimental work regarding the influence of weather conditions onto durability of different wood coatings system was preceded. They were compared two different coatings within the basic tests in different environments.

Keywords

Coating system, paint, weathering, UV radiation and humidity

Bibliografická citace VŠKP

Ilona Bednářová *Optimalizace požadavků na nátěrové systémy na dřevo*. Brno, 2015. 51 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Ing. Jan Vaněrek, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 4. 2015

.....
podpis autora

Ilona Bednářová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala především svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Vaněrkovi, PhD. za odborné vedení, rady a trpělivost při vypracování mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Tomáši Melicharovi, Ph.D. za pomoc při měření se spektrofotometrem.

OBSAH

Úvod	10
1 Dřevo a jeho vlastnosti.....	11
1.1.1 Obecný popis.....	11
1.2 Mikrostruktura	12
1.3 Degradční činitelé dřeva.....	13
1.3.1 Abiotičtí činitelé	13
1.3.2 Biotičtí činitelé.....	14
1.3.3 Objemové změny v závislosti na vlhkosti.....	16
1.3.4 Nehomogenita dřeva.....	18
2 nátěrové systémy na dřevo	18
2.1 Rozdělení nátěrových systémů	19
2.1.1 Dle podílu pigmentu.....	19
2.1.2 Dle složení	20
2.1.3 Dle prostředí.....	22
2.1.4 Dle účelu.....	22
2.1.5 Dle zamýšleného konečného použití dle normy ČSN EN 927-1	23
2.1.6 Klasifikace podle vzhledu dle normy ČSN EN 927-1	23
2.1.7 Klasifikace podle podmínek expozice dle normy ČSN EN 927-1	24
2.2 Trvanlivost nátěrových systémů	25
2.3 Aplikace nátěrových hmot na dřevo	25
2.3.1 Předúprava	25
2.3.2 Výběr nátěru.....	26
2.3.3 Nanášení a zasychání NS na dřevo	28
3 Zkoušení nátěrových systémů	30
3.1 Vybrané normy pro nátěrové hmoty v tekutém stavu	30
3.2 Vybrané normy pro nátěrové hmoty ve stavu před nanášením a při nanášení	30
3.3 Vybrané normy týkající se vlastností vyzrálého zaschlého nátěru.....	31
3.4 Vybrané normy hodnotící optické vlastnosti	32
3.5 Zkoušky odolnosti vůči povětrnostním vlivům.....	32
3.5.1 Další zkoušky týkající se zjištění trvanlivosti a odolnosti vůči povětrnostním vlivům a doplňkové normy	33
3.5.2 Vybrané normy pro vyhodnocení zkoušek odolnosti proti povětrnostním vlivům .	34
3.5.3 Normy pro hodnocení degradace nátěrů.....	36

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
4 Cíl práce.....	37
5 Metodika zkoušek	38
5.1 Příprava vzorků.....	38
5.2 Použité nátěry	38
5.3 Měření tloušťky nátěru	39
5.4 Mřížková zkouška	39
5.5 Zkouška vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru	40
5.5.1 Přístroje a zařízení	40
6 Výsledky zkoušek a diskuze	41
6.1 Měření tloušťky nátěru	41
6.1.1 Vyhodnocení měření tloušťky	42
6.2 Mřížková zkouška	43
6.2.1 Vyhodnocení zkoušky	43
6.3 Zkouška vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru	43
6.3.1 Naměřené hodnoty	43
6.3.2 Vyhodnocení vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru	45
Závěr.....	48
Použitá literatura:.....	50
Seznam tabulek:	50
Seznam obrázků:	51
Seznam grafů.....	51
Seznam použitých zkratk:.....	51

Úvod

U nátěrových systémů na dřevo dochází v poslední době k mnoha inovacím. Především je snaha zlepšit pružnost krycí vrstvy, přilnavost vrchního nátěru, odolnost vůči UV záření, mrazu, sněhu a také ochránit dřevo před biotickými škůdci.

Tato bakalářská práce obsahuje teoretickou část. Ta se bude zabývat nejprve dřevem obecně a jeho vlastnostmi. Poté zde budou vyjmenovány degradační činitelé dřeva, proti kterým se snažíme z větší části dřevo ochránit právě pomocí nátěrových systémů. Po tomto uvedení do problematiky, proč vlastně dřevo potřebuje ochránit a jaké vlastnosti je vhodné zlepšit, bude dále teoretická část věnována pouze nátěrovým systémům. A to především jejich dělení a zkoušení. Nátěrové systémy lze totiž rozdělit dle různých kritérií a hledisek. Také bude v práci zmíněno, jak vybrat vhodný nátěr a jak lze nátěry aplikovat.

V experimentální části budou porovnány dva různé vzorky aplikované na povrch různými metodami. Na nátěrech se provede měření tloušťky nátěru a mřížková zkouška pro určení přilnavosti. Pak se vzorky umístí ven a zjistí se vliv povětrnostních činitelů na jednotlivé nátěry. Další vzorky budou vystaveny působení umělého slunečního záření. Na závěr budou porovnány jednotlivé materiály v rámci odolnosti na povětrnostní vlivy.

1 Dřevo a jeho vlastnosti

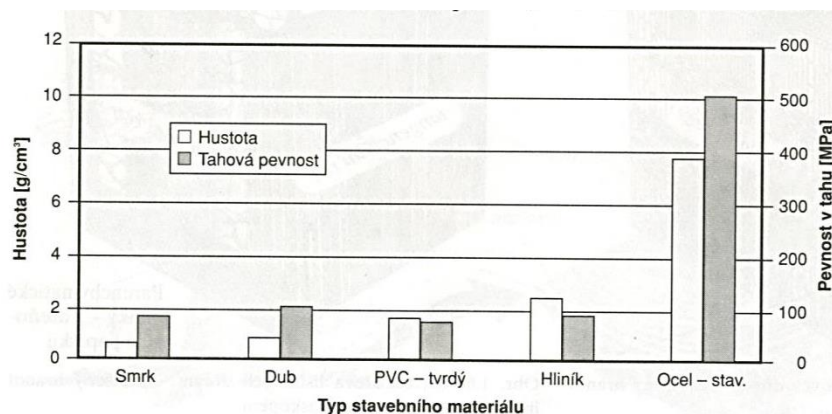
1.1.1 Obecný popis

Dřevo se ve stavebnictví využívá po tisíciletí. Ať už na výrobu nástrojů, nábytku či obydlí. V minulosti se ze dřeva stavělo především na venkově a v horských oblastech. V současnosti je dřevo opět ve stavebnictví hojně využíváno a to především díky rozvoji dřevostaveb. V Evropě se nejčastěji setkáváme s použitím dřeva především u prefabrikovaných rodinných domů, více podlažních budov (bytové domy, školy atd.), lehkých střešních konstrukcí a různých lávek. Dřevěné konstrukce se využívají především u prostorových nosných soustav, jejich výhodou je překlenutí i velkých rozpětí a možnost vytvořit i složité tvary.

Dřevo je přírodní, živý organizmus a trvale obnovitelný materiál, avšak má omezenou životnost, kterou ovlivňují během růstu stromu především atmosférické vlivy, rostliny a živočichové. Různé druhy dřeva se liší svými vlastnostmi a lze tedy vhodnou volbou dřeva ovlivnit vlastnosti materiálu tak, aby daný materiál vyhovoval danému účelu. Delší trvanlivosti lze dosáhnout přiměřeným prostředím a odpovídající péčí.

Dřevo má vláknitou strukturu, je anizotropní a nehomogenní. Pokud uvažíme, že dřevo má poměrně dobrou pevnost, tak se oproti tomu vyznačuje nízkou hmotností a dobrou opracovatelností (viz. Obrázek 1: Hustota a pevnost různých stavebních materiálů). Pevnost a deformace závisí na době působení a rychlosti zatížení. „*Dřevo dobře odolává krátkodobému zatížení a velmi dobře absorbuje účinky rázového zatížení.*“ [3] Pevnosti v ohybu nebo tahu rovnoběžně s vlákny jsou poměrně vysoké ve srovnání s jinými stavebními materiály, avšak pevnost v tahu kolmo na vlákna a smyku rovnoběžně s vlákny je nízká. Mezi jeho další přednosti patří dobré tepelně izolační vlastnosti, avšak je to hořlavý materiál. I když poměrně dlouho uchovává svoji formu a pevnost při požáru [2] [3].

Dále je dřevo lehké a snadno spojovatelné. Modul pružnosti roste s objemovou hmotností a klesá s vlhkostí dřeva. Moduly pružnosti při namáhání tlakem, tahem a ohybem se od sebe nijak výrazně neliší, proto se udávají pouze jedinou hodnotou. Hodnoty modulu pružnosti kolmo k vláknům mohou být deset- až dvacetkrát nižší než u modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny. [1]

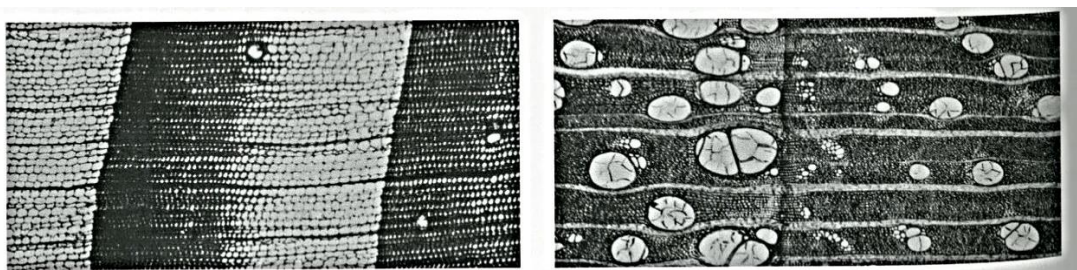


Obrázek 1: Hustota a pevnost různých stavebních materiálů [5]

1.2 Mikrostruktura

Dřevo se nachází mezi dření a kůrou stromu nebo keře obsahujícího lignin a celulózu. Základní jednotkou tvořící strukturu dřeva jsou buňky, které jsou většinou orientované v podélném směru kmene. Buňky mají nejprve tvar nízkého hranolku, později jsou protáhlé a tvoří vláknitou strukturu dřeva. Buňky s vyztužující – nosnou funkcí jsou tzv. dřevní vlákna. V jehličnatých dřevinách se navíc proti listnatým nachází tzv. tracheidy. Ty jsou 2 až 5 mm dlouhé a 0,03 až 0,04 mm široké. [1] [3]

Vlastnosti dřeva ovlivňuje nejen tloušťka a stavba buňkových stěn jednotlivých dřevních vláken, ale i jejich podíl a uspořádání v objemu dřeva. Buňkové stěny se skládají z lineárních vláken celulózy (50 %), z větvených vláken hemicelulózy (22 %) a z prostorově síťovaných makromolekul ligninu (22 %). Vnitřek buňky (6 %) tvoří pryskyřice, tuky, vosky, třísloviny, barviva, alkaloidy a minerální látky. Čím více pryskyřice a tříslovin dřevo obsahuje, tím je tmavší a odolnější vůči hnilobě. Dá se tedy říci, že čím je dřevo tmavší, tím je trvanlivější. [1]



Obrázek 2: Příklad mikroskopické stavby jehličnatého (vlevo) a listnatého dřeva (vpravo). Zástupcem jehličnatého dřeva je zde modřín a zástupcem listnatého akát. [3]

1.3 Degradální činitelé dřeva

Mezi hlavní nevýhody dřeva lze zmínit:

- Degradaci biotickými a abiotickými škůdci
- objemové změny v závislosti na vlhkosti
- nehomogenitu dřeva

Jakmile se strom pokácí, působí na něj řada negativních vlivů, které lze rozdělit na abiotické a biotické činitele. Odolnost různých druhů dřeva a dřevěných materiálů proti nim je různá. Delší životnost a odolnost materiálu tedy můžeme zajistit vhodným výběrem dřeva, vhodným zabudováním do konstrukce, vhodným prostředím a vhodným ošetřením.

1.3.1 Abiotičtí činitelé

Mezi hlavní abiotické činitele patří vliv povětrnosti tj. střídání teplot, působení slunečního záření (velký vliv má především jeho složka UV záření), vody (ve formě deště, sněhu, ledu) a větru. Dále sem řadíme i poškození požárem. Dle rozsahu poškození abiotickými činiteli dochází ke snížení pevnosti, změně vzhledu a tepelných vlastností. Dřevo působením těchto vlivů degraduje. Životnost výrobků ze dřeva vystavených vlivům vnějšího prostředí bývá obvykle desítky let, naproti tomu ve vnitřním prostředí vydrží výrobky až stovky let. [3]

Poškození bývají různého rozsahu a charakteru. Sluneční záření a voda mohou způsobit šednutí. Dále se voda může dostat do trhlinek a potřhat dřevo a vlivem slunce např. u jehličnatého dřeva může dojít k ronění smůly, nehledě na UV paprsky, které přeměňují povrchovou vrstvu dřeva obsahující lignin na látky, které mohou být vyluhovány vodou. Narušené dřevo těmito činiteli je pak daleko snáze napadnutelné biotickými činiteli. [2] [4] [5]

Vliv abiotických činitelů lze minimalizovat při výběru vhodného prostředí pro dřevo. Více namáhané je, pokud se například nachází v kontaktu se zemí. Dále pak snížíme riziko poškození a zvýšíme životnost dřeva volbou přirozeně odolnějšího dřeva, zajistíme-li dostatečnou konstrukční ochranu a vhodnými ochrannými prostředky. Za konstrukční ochranu se považuje: dostatečný přesah střechy, odvětrání obkladu dřeva tvořícího stěnu, ochrana před stříkající vodou například odvedením vody drenáží, vhodný návrh stěn bez kondenzace vody, ochrana před stykem se zemí například použitím patek, snížení množství čelních ploch a další. [7]

1.3.2 Biotičtí činitelé

Do biotických činitelů řadíme především dřevokazné a dřevozabarvující houby a dřevokazný hmyz. Ti obvykle napadají spíše vlhké dřevo a tak často ochranou proti povětrnosti, chráníme i proti biotickým škůdcům.

Tabulka 1: Třídy ohrožení dřeva biotickými škůdci v Evropě (EN 335-1 - neplatná) [3]:

Třída ohrožení dřeva	Použití dřeva	Vlhkost dřeva w	Výskyt biotický škůdců ve třídách ohrožení (U – univerzální, L – lokální, např. jen v jižní Evropě)					
			Dřevokazné houby		Dřevozabarvující houby a plísň	Dřevokazný hmyz		Mořští živočichové (měkkýši)
			stopkovýtřusné (Hnědá a bílá hniloba)	vřeckaté (Měkká hniloba)		brouci	Termiti	
1	Bez kontaktu se zemí, pod přístřeškem	≤ 20 %	-	-	-	U	L	-
2	Bez kontaktu se zemí, pod přístřeškem	Příležitostně > 20 %	U	-	U	U	L	-
3	Bez kontaktu se zemí, bez přístřešku	Častěji > 20 %	U	-	U	U	L	-
4	Kontakt se zemí nebo sladkou vodou	Soustavně > 20 %	U	U	U	U	L	-
5	Kontakt se slanou vodou	Soustavně > 20 %	U	U	U	U	L	U

1.3.2.1 Dřevokazné houby

Největšími škůdci dřeva jsou dřevokazné houby, které rozkládají celulózu (celulózovorní) nebo lignin a polysacharidy (ligninovorní) a způsobují hnilobu dřeva. Dřevo v důsledku napadení ztrácí pevnost a rozpadá se. Odolnost našich dřevin proti dřevokazným houbám není příliš velká. Všechny dřeviny, kromě dubu, který se řadí mezi trvanlivé, jsou pouze středně nebo slabě trvanlivé. [1] [7]

Mezi nejčastější dřevokazné houby řadíme dřevomorku domácí (*Serpula lacrymans*) patřící mezi celulózovorní houby. Ta má ráda nižší teploty hodně vlhkosti a jehličnaté dřeviny. Šíří se provazci prorůstajícími na větší vzdálenost i zdívkou a z úlomků

napadeného dřeva. Její zničení je velmi pracné a nákladné. Dalšími dřevokaznými celulózovornými houbami jsou např. koniofora sklepní (*Coniophora puteana*), pórnatka placentová (*Poria placenta*) a trámovka plotní (*Gloeophyllum sepiarium*) vovolávající červenou hnilobu. Do lignovorných hub patří outkovka pestrá (*Coriolus versicolor*), klanolístka obecná (*Schizophyllum commune*) a pevník chlupatý (*Stereum hirsutum*) [1] [7].

Dřevokazné houby nejvíce ohrožují místa, kde je např. zvýšená vlhkost, použit nevhodný druh dřeva, nedostatečná ochrana dřeva biocidy, zatékání vody při provozu a úklidu nebo nesprávné konstrukční řešení, které umožňuje zatékání vody. Pokud má dřevo vlhkost nižší než 20 % a je chráněno před povětrnostními vlivy, zastavuje se růst dřevokazných hub a dřevo tedy není nutné preventivně chemicky ošetřovat. [2] [4] [1] [7]

Přítomnost těchto hub lze poznat podle změny barvy a struktury dřeva, zvýšené vlhkosti, malé pevnosti proti vniku nože, ztráty pevnosti a soudržnosti a někdy i podle typické houbové vůně. Každá dřevina má jinou odolnost vůči těmto houbám. Mezi velmi odolné patří například týk nebo akát, pak také dub, kaštan nebo tůje. Ke středně odolným se řadí ořech, borovice a modřín. Málo odolné jsou smrk, jedle, javor, lípa či topol [2] [4] [1] [7].

1.3.2.2 Dřevozabarvující houby

Mezi dřevozabarvující houby řadíme modrající houby a plísně. Tyto houby nemění mechanické vlastnosti dřeva, neboť napadají pouze povrch, ale mohou vytvořit vhodné prostředí pro dřevokazné houby. Dřevozabarvující houby spíše napadají čerstvé řezivo a způsobují nejrůznější barevné změny dřeva i do hloubky, čímž snižují estetickou hodnotu dřeva. Živí se plazmatickým obsahem buněk. Do dřeva pronikají soustavou parenchymatických buněk a prorůstají přes tečky a dvojtečky v buněčných stěnách. Tyto houby ohrožují dřevo, obzvláště pokud vlhkost povrchu dosáhne hodnot nad 22 % a teplota hodnot mezi 22 až 25 °C. [1] [7]

K ohrožení plísněmi dochází při vlhkosti povrchu nad 25 %, zejména při kondenzaci vzdušné vlhkosti. Ideální podmínky pro jejich rozvoj jsou při teplotách 27 – 37 °C a vysoké relativní vlhkost vzduchu 85 – 99 %. Dřevo tedy můžeme ochránit snížením relativní vlhkosti vzduchu, pak totiž klesne i povrchová vlhkost materiálu. I když plísňe neovlivňují mechanické vlastnosti dřeva, mohou nám způsobit různé alergické reakce. Mezi nejčastější plísně vyskytující se na dřevě patří druhy *Alternaria*, *Aspergillus*,

Fusarium, *Paecilomyces*, *Penicillium* a *Trichoderma*. Chránit lze dřevo proti dřevozbarvujícím houbám pouze preventivně. [1] [7]

1.3.2.3 Dřevokazný hmyz

Oproti dřevozabarvujícím houbám dřevokazní brouci napadají dřevo živé i zpracované. Tomuto hmyzu stačí pro vývoj vlhkost jen okolo 10 % a teplota v rozmezí 0 – 50 °C. Teplota se však liší dle druhu dřevokazného hmyzu. Nejaktivnější je hmyz při teplotě mezi 40 – 50 °C. Velká a již nevratná statická poškození způsobují larvy, které ve dřevě tvoří chodbičky i několik let. Hmyz tvoří na povrchu dřeva brázdy, které ústí otvory pod povrch do hloubky v řádech centimetrů. Bohužel, tak hluboko již pouhý nátěr nepronikne. Možným řešením, jak se škůdců zbavit je vyměnit napadené dřevo nebo osekát stávající až na zdravou část, pokud je potřeba vyztužit ho a provést nátěr nebo tlakovou injektáž insekticidy. [1] [7]

Mezi nejčastější dřevokazný hmyz patří například tesařici (*Cerambycidae*) a to především tesařík krovový (*Hylotrupes bajulus*), pilořitky (*Siricidae*), červotoči (*Anobidae*) a kůrovci (*Scolytidae*). Z termitů jsou nejnebezpečnější podzemní druhy, avšak v České republice je riziko napadení termity minimální. [1] [7]

1.3.3 Objemové změny v závislosti na vlhkosti

„Vlhkost je podíl hmotnosti vody, kterou obsahuje dřevo, vyjádřený v procentech (rozlišuje se tzv. absolutní a relativní vlhkost dřeva).“ [3] Dřevo svou vlhkost přizpůsobuje vnějším podmínkám. *„Přijímáním nebo vydáváním molekul vody ve formě vodní páry se dřevo dostává do rovnováhy, která odpovídá okolní relativní vlhkosti a teplotě vzduchu.“* [2] Časem nastává mezi vlhkostí dřeva, poměrnou vlhkostí vzduchu a teplotou rovnovážný stav (hygroskopická rovnováha). *„Rovnovážná vlhkost dřeva může mít ve stavební praxi velký rozsah. Od cca 6 % v místnosti až po 25 % i více procent ve vnějším prostředí v zimě. Jestliže je relativní vlhkost vzduchu dlouhodobě v oblasti 95-99 %, vlhkost dřeva dosáhne 28-30 %.“* [2] Čerstvě poražené dřevo má vlhkost 40 až 170 % (průměrně kolem 100 %), dřevo proschlé na vzduchu má obvykle vlhkost nižší než 20 %. Při přímém kontaktu s vodou, závisí vlhkost na pórovitosti dřeva. U některých druhů dřevin může přesáhnout i 100 %. [1]

Ve vlhkém dřevě (máčeného nebo čerstvě poraženého) se nachází v dutinách buněk a mezibuňkových prostorech voda volná a v buňkových stěnách tzv. voda vázaná. Při vysychání se nejprve odpařuje volná voda, jejíž odpařování neovlivňuje mechanické

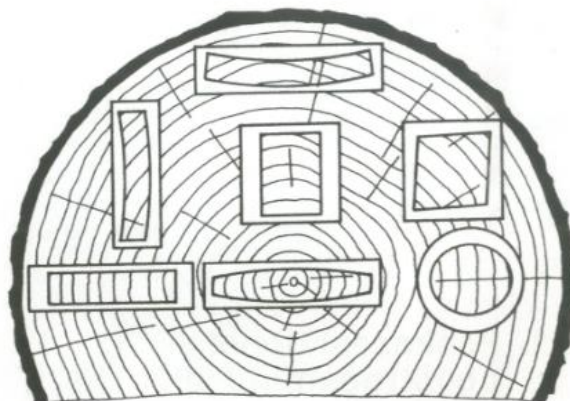
vlastnosti ani nezpůsobuje objemové změny. Stav dřeva bez volné vody, kdy však buněčné stěny mají maximální vlhkost, se označuje jako tzv. bod nasycení vláken. Obvykle je to při 25 až 30 % vlhkosti dřeva. Změny pod bodem nasycení vláken už jsou doprovázeny změnami objemu. [3]

Při navlhání v rozpětí 0-30 % dřevo zvyšuje svůj objem, tzv. bobtná. Tento děj funguje i naopak. Při snižování vlhkosti dřevo zmenšuje objem, tzv. sesychá. K těmto dějům dochází nerovnoměrně v různých směrech. „*Absolutně vysušené dřevo seschne v podélném směru o 0,05 až 0,7 % (průměrně o 0,2 %), v radiálním směru o 2,2 % až 8,5 % (průměrně 5%), ve směru tečném o 3 až 16 % (nejčastěji kolem 15 %) a ve svém objemu o 5 až 21 %.*“ [1] Je nutné sledovat především deformace ve směru kolmo k vláknům (obrázek 2). Ty totiž mají velký vliv na pevnosti dřeva. Podle hodnot sesychání lze dřevo rozdělit na málo, středně a hodně sesychavé. Projevem bobtnání a sesychání jsou tvarové změny. Objemové změny vlivem vlhkosti jsou udávány pro jednotlivé dřeviny pomocí součinitele vlhkovní deformace α . [2] [1]

Tabulka 2: Tabulka průměrných hodnot součinitele vlhkovní deformace při změně vlhkosti dřeva o 1 % [1]

Dřeviny	Součinitel vlhkovní deformace α		
	Kolmo na vlákna		Rovnoběžně s vlákny α_l
	Tangenciálně α_t	radiálně α_r	
Jehličnaté	0,25	0,12	0,01
Listnaté	0,4	0,2	0

Vlhkost má velký vliv na vlastnosti dřeva. Se zvyšující se vlhkostí, se zvyšuje objemová hmotnost, prudce se zvyšuje elektrická vodivost, snižuje se pevnost a zvyšují se šance na napadení biotickými činiteli (dřevokaznými houbami a hmyzem). Při častém vysoušení se zase mohou tvořit trhliny ve dřevě, které snižují jeho pevnost. Na objemové změny má tedy také vliv způsob a rychlost vysoušení. Dále má vlhkost vliv na tepelnou vodivost dřeva. Se zvyšující se vlhkostí se zvyšuje i tepelná vodivost. „*Součinitel tepelné vodivosti pryskyřičného dřeva při vlhkosti 15 % se pohybuje kolem 0,25 W.m⁻¹.K⁻¹ a kolmo na vlákna kolem 0,075 W.m⁻¹.K⁻¹.*“ [1] Neméně významný je i vliv vlhkosti na trvanlivost. Trvanlivost dřeva nejvíce zkracuje kolísavá vlhkost, obzvláště je-li dřevo často ve styku s půdou. [2]



Obrázek 3: Změny tvaru dřeva na příčném řezu kmenem v důsledku sesychání [2]

1.3.4 Nehomogenita dřeva

Vlastnosti dřeva jsou výrazně ovlivněné tloušťkou a stavbou buňkových stěn, jejich podílem a uspořádáním ve dřevě. Nehomogenita je způsobena nerovnoměrnou makroskopickou stavbou dřeva, do které se řadí přirozené vady. Mezi přirozené nebo také růstové vady patří suky, trhliny, nepravidelnosti struktury, nenormální zbarvení. Suky mohou být například plošné, hranové, kruhové nebo oválné. Trhliny dělíme na dřeňové, mrazové, výsušné, plošné, boční, čelní, odlupčivé aj. Mezi nepravidelnosti struktury se řadí například odklon vláken, zárosty a smolníky. V důsledku nehomogenity má dřevo poměrně širokou škálu vlastností oproti jiným materiálům, například kovům nebo plastům. Nehomogenita se projevuje na pevnostech a vlhkostech ve třech směrech: rovnoběžně s vlákny, kolmo na vlákna v radiálním a tangenciálním směru. [3] [1]

2 Nátěrové systémy na dřevo

Nátěrovým systémem nazýváme dle normy EN ISO 4618:2006 souhrn všech vrstev nátěrových hmot, které mají být nebo byly naneseny na podklad. „Nátěrové hmoty jsou souhrnným názvem pro výrobky, které se dají nanášet (v tekutém, těstovitém nebo práškovitém stavu) na vhodný podklad. Na tomto podkladu při správné aplikaci vytvářejí souvislou, relativně tenkou trvanlivou vrstvu (nátěrový film).“ [1] Tato vrstva určuje základní vlastnosti nátěru.

Nátěry mají funkci nejen ochranou, ale i estetickou. Základní složkou je filmotvorná látka (pojivo). Dále se skládají z ředidla a pigmentu. Pojiva se vyskytují

v různých formách: roztoky, disperze popř. i prášková pojiva a mohou obsahovat různé pomocné látky jako například rozlivové prostředky, odpěňovače a sušidla. Pigment je tvořen více barevnými pigmenty a málo barevným plnivem. I ředidlo je složeno z více látek (rozpouštědel). Typ rozpouštědla ovlivní zpracovatelnost a volbu nanášecí techniky a také některé uživatelské vlastnosti (lesk, porozitu, ...) nátěrového systému. [1]

Lze tedy shrnout, že nátěrové systémy by s ohledem na účel měly mít dostatečnou fungicidní a insekticidní ochranu, dobře se nanášet, mít požadovanou hustotu, dobu zasychání, přilnavost, pružnost, tvrdost, omyvatelnost, odolnost proti působení agresivních látek, odolnost proti absorpci vodní páry a vody, dostatečný lesk, kryvost, stálobarevnost a hlavně určitou životnost. Co je naopak u nátěrových systémů nežádoucí: když praskají, tvoří puchýře, odlupují se, pění, stékají, zanechávají viditelné stopy po štětcí, rychle ztrácí svůj původní vzhled.

2.1 Rozdělení nátěrových systémů

2.1.1 Dle podílu pigmentu

Dle podílu pigmentu lze nátěrové hmoty rozdělit na bezbarvé (lazurovací, transparentní) a krycí (pigmentové). Přítomnost pigmentu má vliv na působení UV paprsků. Čím více pigmentu nátěr obsahuje, tím více je povrch dřeva chráněn vůči negativním účinkům UV paprsků. Bezbarvé nátěry nachází uplatnění v zušlechťování dřeva a barevné spíše v ochraně proti povětrnosti, neboť mají schopnost bránit UV paprskům proniknout do dřeva. Pokud vzorek s bezbarvým nátěrem vystavíme UV záření, zežloutne, až zhnědne a pokud se nátěr poruší a dřevo se dostane do styku se srážkovou vodou, zešedne. [2]

Krycí nátěry lze sehnat v mnoha barevných odstínech. Po natření mohou být vysoce lesklé nebo hedvábně lesklé. Oproti lazurám se nemusí příliš často opravovat. Krycí nátěr zahrnuje impregnaci, základ a vrchní nátěr. [2]

Lazurovací (bezbarvé) nátěry mohou být se složkou alkydových pryskyřic (olejové) nebo akrylátů (vodní disperze). Zahrnují také impregnaci jako krycí nátěry a dále pak lazuru. Podle množství pojidla se dělí tyto nátěry na tenkovrstvé a tlustovrstvé lazury. [2]

Tenkovrstvé lazury se skládají z nízkoviskózního roztoku pojidla s pevně svázanými pigmenty. Na povrchu dřeva tvoří tenký film, který nijak výrazně nepřekrývá

kresbu. Využívají se k zušlechtnění dřeva a k ochraně proti povětrnosti tam, kde nevyžadujeme rozměrovou stálost. [2]

TLUSTOVRSTVÉ LAZURY se skládají především z polymeru a tvoří na povrchu dřeva film, který nepropouští vodní páry. Tento typ chrání dřevo proti sesychání a snižuje bobtnání. Oproti tenkovrstvým lze využít k ochraně proti povětrnosti, i pokud požadujeme rozměrově stálé prvky. Užívají se tedy například na okna a dveře. [2]

2.1.2 Dle složení

Mezi nátěrové hmoty užívané na dřevo rozdělené dle složení patří například:

Polyesterové

Jsou vyráběny z nenasyčených polyesterových pryskyřic. Zpracovávají se na mechanických linkách v nábytkářském průmyslu. Vytvrzují se pomocí iniciátoru a urychlovače nebo UV zářením. [5]

Nitrocelulózové

Zasychají velmi rychle v řádech minut (do 1 hodiny) a proschlé jsou v řádech hodin. Jsou vyráběny z roztoků nitrocelulózy, syntetických pryskyřic, pigmentů a plnidel. Mezi jejich nevýhody patří krátká životnost, malá odolnost proti mechanickému namáhání a vodě a obsah hořlavých složek. Užívá se například pro nátěry málo namáhaných parket (v ložnici, pod kobercem) nebo nábytku. Nitrocelulózové laky mají nízký obsah netěkavých složek, a proto se většinou nanáší ve více vrstvách. [5]

Lihové

Jsou to roztoky přírodních nebo syntetických pryskyřic v alkoholu. Užívají se především k nátěrům papíru a dřev pro vnitřní použití. Vyznačují se vysokou penetrační účinností a patří sem některé biocidní účinky. [5]

Olejové

Zasychají velmi pomalu i 48h a proschlé jsou v řádech dní. Skládají se z přírodních olejů a různých druhů pryskyřic. Barvy obsahují pigmenty a plnidla. Lze sem zařadit fermež, fermežové barvy, olejové laky a emaily („pigmentované nátěrové hmoty, určené ke konečným vrchním nátěrům“ [5]). Povrch zůstává dlouho měkký a je zbarven do žluta až žlutohněda podle materiálu. Mezi jejich velké výhody patří dlouhá životnost a dobrá odolnost proti povětrnostním podmínkám. Ve druhé polovině minulého století se řadili

mezi hlavní typ nátěrů na dřevo i kovy. Cena není vysoká. Hodí se především na nátěry dveří, kde oceníme dlouhou životnost. [5]

Syntetické

Zasychají v řádech hodin a prosychají i několik dní. Syntetické nátěrové hmoty jsou odolnější a zasychají rychleji než olejové. Povrch zůstává dlouho měkký a je zbarven do žluta až žlutohněda podle materiálu. Dělí se na více podskupin, mezi ty častěji užívané patří například:

- Alkydové na vzduchu schnoucí – Užívají se na vnitřní i vnější nátěry.
- Epoxidové – Jsou to dvousložkové nátěrové hmoty. Mezi jejich výhody patří vysoká tvrdost a odolnost proti mechanickému a chemickému namáhání, proto jsou vhodné například na silně mechanicky namáhané parkety. K proschnutí dochází zhruba po jednom týdnu. Epoxidový lak se nanáší v několika tenkých vrstvách. Každou vrstvu je třeba po zaschnutí přebrousit.
- Kyselinotvrditelné – Patří mezi dvousložkové nátěry. Používají se pro povrchovou úpravu nábytku. Jejich výhodou je odolnost vůči mechanickému namáhání.
- Akrylátové [5]

Polyuretanové

Řadí se mezi dvousložkové, velmi odolné laky, emaily a pružné tmely. Používají se k venkovním i vnitřním nátěrům. Jsou trvanlivé a vyrábí se v lesklém i matném provedení. [5]

Vodouředitelné

Zasychají velmi rychle a i proschlé jsou během několika hodin. Mezi jejich další pozitivní vlastnosti patří nehořlavost, dostatečná tvrdost, odolnost proti mechanickému namáhání a vláčnost, která koresponduje s objemovými změnami dřeva. Nespornou výhodou je také to, že při natírání a schnutí se z nich neodpařují žádné zdraví škodlivé látky. Avšak mají i své nevýhody jako například to, že nepenetrují do takové hloubky jako syntetické a vytvářejí na povrchu nátěrový film, u kterého hrozí popraskání. Další nevýhodou je jejich citlivost na nízké teploty. Nedoporučuje se tedy s nimi pracovat při teplotách pod +10 °C. Optimální teplota podkladu a okolí je +20 °C. Také musíme dbát na pečlivou úpravu před nanesením nátěru, především pak na odstranění mastnoty. [5]

Pro napuštění se používají vodouředitelná napouštědla nejlépe s biocidními látkami nebo, v krajním případě, naředěná vrchní barva. Pak se nanese základní (podkladová) barva a konečný vrchní nátěr, což bývá disperzní akrylátová barva. Tyto nátěry se užívají často na drobný nábytek, poličky, dětský nábytek apod. Mezi nejznámější vodouředitelné disperzní nátěry patří Balakryl, který lze použít v interiéru i v exteriéru. Nevýhodou Balakrylu je, že není příliš odolný proti mechanickému namáhání, působení vody a vysoké vlhkosti. [5]

Dělení vodouředitelných nátěrových systémů:

- Disperzní (akrylátové)

Patří mezi barvy používané hlavně na nátěry dřeva a stavebních hmot. Oproti emulzním barvám mají kratší dobu schnutí. Z dnes používaných výrobků lze jmenovat Balakryl, Baltex a další. Tyto nátěry obsahují akrylátové pryskyřice, které jsou dispergovány ve vodě. [5]

- Emulzní

Tyto barvy jsou vhodné na dřevo i kovy a mezi jejich výhody patří odolnost proti povětrnostním vlivům a delší životnost oproti disperzním barvám. [5]

2.1.3 Dle prostředí

- Nátěry vnitřní

Sem patří nátěry nejrůznějších podlah, korku, dveří a nábytku.

- Nátěry vnější

Do této skupiny lze zařadit nátěry určené na venkovní okna, venkovní dveře, zahradní domky, ploty, pergoly, zahradní nábytek, balkonová zábradlí a další.

- Nátěry zvláštní

Sem se řadí například nátěry odolné proti šíření ohně.

2.1.4 Dle účelu

- Proti abiotickým škůdcům

Proti abiotickým škůdcům se používají nátěrové hmoty bez biocidů.

- Proti biotickým škůdcům

Používají se zde nátěrové hmoty s obsahem biocidů.

- Proti ohni [7]

2.1.5 Dle zamýšleného konečného použití dle normy ČSN EN 927-1

Klasifikace podle zamýšleného konečného použití se provádí pomocí kategorií založených na rozměrové stabilitě dřevěných konstrukcí.

Tabulka 3: Klasifikace podle konečného použití

Kategorie konečného použití	Přípustné rozměrové změny dřeva	Typické (nikoli jediné možné) příklady kategorií konečného použití
Nestabilní	Změny přípustné bez omezení	Překrývající se obložení, ploty, zahradní kůlny, nekrytá obložení, větrané ochrany před deštěm
Polostabilní	Změny přípustné v omezeném rozsahu	Obložení spojené na pero a drážku, protihlukové bariéry, dřevěné skelety
Stabilní	Přípustné jen minimální změny	Truhlářské výrobky, např. okna a dveře, žaluzie, zahradní nábytek
POZNÁMKA Tyto příklady slouží pouze pro ukázkou. Některé konstrukce budou zasahovat do více kategorií.		

2.1.6 Klasifikace podle vzhledu dle normy ČSN EN 927-1

Ke klasifikaci se používají tyto vlastnosti:

a) Síla vrstvy

Na základě měření tloušťky suchého nátěrového systému metodou 6A se podle EN ISO 2808:2007 dělí do těchto kategorií:

- Minimální – průměrná tloušťka menší než 5 μm
- Malá – průměrná tloušťka od 5 μm do 20 μm
- Střední – průměrná tloušťka přes 20 μm do 60 μm
- Velká - průměrná tloušťka přes 60 μm do 100 μm

- Velmi velká - průměrná tloušťka přes 100 µm

Tloušťka se musí měřit na borovém dřevě, hladce a stejnoměrně ohoblovaném povrchu.

b) Kryvost

- Neprůhledný – nátěrové systémy, které zakryjí barvu a strukturu podkladu, ale nemusí zakrýt celý profil povrchu dřeva
- Poloprůhledný – nátěrové systémy, které nezakryjí povrch dřeva úplně
- Průhledný – nátěrové systémy, které ponechají povrch dřeva jasně viditelný

c) Lesk

Při klasifikaci dle lesku se nátěrové systémy na základě zrcadlové odrazivosti měřené při 60° se metodou dle EN ISO 2813 dělí do těchto kategorií:

- Matný – odrazivost do 10
- Polomatný (saténový) – odrazivost přes 10 do 35
- Pololesklý – odrazivost přes 35 do 60
- Lesklý – odrazivost přes 60 do 80
- Vysoce lesklý – odrazivost přes 80

2.1.7 Klasifikace podle podmínek expozice dle normy ČSN EN 927-1

Tato klasifikace bere v úvahu tři různé činitele.

- Makroklimatické činitele – Popisují globální klimatické (makroklimatické) vlivy. Makroklimatickým činitelem se míní orientace vůči světovým stranám.
- Dva mikroklimatické činitele – Ti udávají podmínky na příslušném místě a v jeho okolí. Mikroklimatickými činiteli je myšleno stupeň krytí před deštěm a sklon.

Na základě těchto činitelů se podmínky expozice klasifikují jako:

- Mírné
- Střední
- agresivní

Tabulka 4: Klasifikace podmínek expozice na základě některých klimatických činitelů

Činitel	Počet bodů			Celkový počet bodů (součet)	Relativní podmínky expozice
	1	2	3		
Orientace	Severozápad až severovýchod (mírná)	Severovýchod až jihovýchod až západoseverozápad až severozápad (náročná)	Jihovýchod až severozápad (extrémní)	3	Mírné
Stupeň krytí před deštěm	Kryté	Částečně kryté	Nekryté	4 až 6	Střední
Sklon	svisle	$\approx 45^\circ$	Vodorovně	7 až 9	Náročné

2.2 Trvanlivost nátěrových systémů

Trvanlivost nátěru ovlivňuje nejen výběr kvalitního vhodného nátěrového systému, ale i další faktory. Mezi ty patří například:

- Způsob aplikace nátěrového systému
- Podmínky při nátěru (Sem patří například vlhkost a teplota vzduchu.)
- Kvalita opracování povrchu
- Vhodný barevný odstín (Bezbarvé nátěrové systémy mají nižší trvanlivost.)
- Ochranné prvky (Například dřevěná okna chráníme okapem či dostatečným přesahem střechy.) [7]

2.3 Aplikace nátěrových hmot na dřevo

2.3.1 Předúprava

U starých nátěrů, které nejsou popraskané a lpí pevně na podkladu, se musíme nejprve rozhodnout, zda chceme nátěr obnovit nebo úplně změnit vzhled. Pro obnovu stačí nátěr jemně přebrousit, očistit od prachu a znovu natřít. Odstranění starých nátěrů je poměrně složité. Samozřejmě úprava dřeva se liší i podle jeho druhu a pozdějšího použití. [5]

Vždy začínáme nejprve důkladným očištěním povrchu dřeva. U surového dřeva použijeme horkou vodu a rýžák. Pokud se zde vyskytují vady dřeva, opravíme je.

Pryskyřičná místa omyjeme nitroředidlem, do děr po vypadlých sucích vlepíme špalíčky dřeva bezbarvým lepidlem, praskliny vyplníme tmelem, který obsahuje jako plnivo dřevěné piliny stejného druhu dřeva a jako pojivo lze použít řidší disperzní lepidlo – lak nebo hustší nitrolak. Je dobré nechat zde přebytek tohoto tmele, protože postupně sesychá a zmenšuje svůj objem. Pokud se zde nachází zbytky vosku, mořidel nebo pryskyřice vymyjeme jej roztokem vody s mýdlem a pak znovu opláchneme čistou vodou. [4] [5]

Nátěrů se lze zbavit odstraňovači nátěrů, horkovzdušnou pistolí nebo mechanickým obroušením. K broušení se užívají brusné papíry, brusný kotouč na brusce nebo plochá vibrační bruska. Brusných papírů je celá řada. K broušení dřeva jsou určeny tzv. skelné papíry, které jsou světlé a nezabarvují dřevo. „*Brousit začínáme papíry se zrnitostí 60 – 80, pokračujeme 12 až 150 a končíme 220 – 240.*“ [6] Nutno mít také na paměti, že by se mělo brousit souběžně (rovnoběžně) s vlákny. U odstraňovačů nátěrů si musíme dát pozor u těch na bázi louhu, které dřevo zbarvují a zhoršují přilnavost nátěrů. Metoda odstraňování starých nátěrů opalováním benzinovou lampou není příliš vhodná. Hrozí při ní poškození materiálu a jeho shoření. Bezpečnější je odstranění horkovzdušnou pistolí. Práce je s ní snazší a výsledek vynikající. Funguje na bázi horkého vzduchu (asi 500°C). Nátěr po jeho působení změkne a lze odstranit špachtlí. [4] [5]

Až budeme mít povrch čistý a hladce vybroušený, zbavený prachu z broušení je povrch dřeva připraven k další úpravě.

2.3.2 Výběr nátěru

Při výběru vhodné ochrany bychom měli zvážit možnost napadení dřevokazným hmyzem, ohrožení ohněm a abiotickými činiteli a to, jakou má mít materiál životnost. Vhodný nátěr volíme také podle požadovaného vzhledu, druhu dřeva, na který ho budeme nanášet a účelu, kterému bude výrobek sloužit. Ve výběru se snažíme zlepšit negativní vlastnosti dřeva nebo ještě vylepšit ty stávající kladné vlastnosti s ohledem na účel a prostředí.

Dle druhu upravovaného materiálu dělíme dřevo:

- „*Masivní dřevo měkké (smrk, borovice, modřín)*
- *Masivní dřevo tvrdé (buk, dub, ořech a další)*
- *Exotické dřeviny (teak, mahagon, eben apod.)*
- *Dýhované podklady*

- *Dřevotřískové a dřevovláknité desky*“ [4]

Při výběru nátěru bychom měli dále uvážit, zda má dřevo vady, pryskyřičné výrony, praskliny či vypadlé suky. Pokud ano, není příliš vhodné volit bezbarvé nátěry.

Při kombinacích nátěrových hmot v systémech je nutné dodržovat některé zásady [5]:

- Na olejové a syntetické základní nátěry neaplikovat vrchní emaily s agresivními rozpouštědly, jako jsou nitroemaily, epoxidové a polyuretanové emaily.
- na olejové podklady nepoužívat vodouředitelné barvy
- nekombinovat vláčné nátěry s tvrdými, křehkými
- pod dvousložkové emaily používat i dvousložkové tmely

Nátěry pro interiéry

Tam, kde není povrch dřeva silněji mechanicky namáhán nebo vystaven vlhkosti lze užít nitrocelulózové laky. Jsou k dostání v různých variantách, jak lesklé, tak i matné, základní, brusné i odolné žloutnutí. Pokud požadujeme delší životnost a odolnost je vhodné použít olejové nebo syntetické laky. Pro první vrstvu napuštění se používá úsporná fermež nebo bezbarvý lazurovací lak. Na vrchní nátěry se hodí olejové nebo syntetické laky s výjimkou dvousložkových. [5]

Nátěry pro exteriér

Výrobkům, které jsou určeny ven, hrozí biotičtí škůdci, abiotičtí (vítr, vlhko, deště, sněhy, mráz a slunce) i objemové změny. U plotů je dále třeba především zabránit vzlínání zemní vlhkosti. V důsledku těchto nepříznivých vlivů může dojít hlavně u bezbarvých nátěrů k jeho praskání, odlupování, tmavnutí dřeva pod nátěrem a k dalším změnám. Především bezbarvé nátěry tedy nejsou příliš vhodné do venkovního prostředí. Pokud je však chceme použít, je vhodné je napustit nejprve bezbarvým napouštědlem například s biocidními přísadami, které dřevo ochrání před škůdci. A poté použít ve dvou tenkých vrstvách olejový nebo syntetický venkovní lak. Pro venkovní nátěry dřeva není vhodné používat tvrdé, křehké laky, například epoxidové. [5]

Pro venkovní nátěry se hodí více lazurovací laky, které dřevo chrání do hloubky a na povrchu nevytváří film. Právě u filmu totiž hrozí popraskání a odlupování. Avšak i pod lazurovací laky je vhodné použít napouštědla s biocidními látkami. Pokud chceme dosáhnout dlouhodobé životnosti nátěru, je vhodné aplikovat lazurovací lak ve třech

vrstvách a vždy v některém barevném odstínu. Po každé vrstvě bychom měli setřít štětcem přebytek laku. Na tyto laky už dále neaplikujeme bezbarvý lak. [5]

Do exteriéru je možné použít i některé vodouředitelné nátěrové hmoty, avšak musí být určeny pro venkovní použití [5].

2.3.3 Nanášení a zasychání NS na dřevo

Při nanášení a zasychání se musí dodržovat základní podmínky, mezi které patří například teplota, vlhkost a doba zasychání. Při teplotě pod 15°C hrozí delší doba zasychání nátěrů a pod 5°C by se nátěry neměly provádět vůbec. Co se týče vlhkosti, tak ta nesmí být nad 80 % [5].

Nátěrové hmoty lze nanášet na výrobky ze dřeva natíráním, máčením, poléváním nebo stříkáním.

Natírání

Natírání se řadí mezi nejstarší způsoby nanášení nátěrových hmot. Tato jednoduchá technologie se dosud stále používá. Svá uplatnění nachází při opravách nátěrů, v truhlářství nebo třeba ve stavebnictví. Výhodou této metody je snadná aplikace na libovolně velký a libovolně členitý předmět a minimální ztráty nátěrových hmot. Mezi asi ty největší výhody této techniky patří vyšší přilnavost nátěru a to díky mechanickému rozpracování a zatlačení nátěrové hmoty do pórů natíraného předmětu. Za možné nevýhody by se dala považovat kvalita nátěru, která je přímo úměrná zručnosti a pečlivosti pracovníka, který nátěr provádí. Mezi další nevýhody patří pracnost a časová náročnost ručního natírání. Metoda je tedy vhodná spíše pro menší plochy nebo malé množství výrobků. [5]

Máčení

Tato metoda se používá především v závodech. Výrobek se ponoří do vany s nátěrovou hmotou, vyjme se, nechá okapat a nátěr se vysuší. Tento způsob aplikace je nevhodný pro výrobky s dutinami dovnitř, ze kterých nátěr vytéká značně pomalu a způsobuje tak defekty. Velikost a tvar vany musí odpovídat rozměrům výrobku. Vana by však neměla být příliš velká, neboť se pak spotřebovává velké množství nátěrových hmot, hrozí sedimentace pigmentů a také se zvyšuje odpařovací plocha, která má za následek velkou ztrátu rozpouštědel. Nehledě na zvyšující se riziko požáru. Sedimentace pigmentů lze vyřešit míchacím zařízením. Z ekonomického hlediska je vhodná vana, kde se spotřebo

nátěrové hmoty za jednu směnu pohybuje nad 10 % z celkového obsahu vany. „*Tloušťka nátěru při máčení závisí na konzistenci nátěrové hmoty, obsahu netěkavých složek a rychlosti vynořování. Čím vyšší je konzistence a obsah netěkavých složek nátěrové hmoty, tím tlustšího nátěru lze dosáhnout.*“ [5] „*Rychlost vynořování závisí na typu výrobku a druhu použité nátěrové hmoty. Pohybuje se v rozmezí 0,08 – 0,6 m/min.*“ [5] U této metody je nutné také dbát na stále stejné složení nátěrové hmoty a čistotu, aby nedošlo k znečištění. Nevýhodou této technologie je možná tvorba kapek a stečené barvy. [5]

Polévání

Tato metoda je do jisté míry podobná máčení. Avšak poléváním lze aplikovat nátěr i na výrobky velkých rozměrů a dochází k menší spotřebě nátěrové hmoty. Stejně jako u máčení by výrobky neměly mít dutiny a prohlubně. Polévání je možné realizovat například tryskami nebo pomocí clony. [5]

Stříkání

V současné době je to velmi používaná metoda, která se provádí v různých variantách a má různé stupně mechanizace. Mezi výhody této metody patří velký výkon oproti nanášení štětcem, stejnoměrná tloušťka nátěru a hladký povrch s minimální pórovitostí. Proto je tento způsob vhodný pro nitrocelulózové laky, u kterých by při nátěru štětcem nedošlo k vytvoření dostatečně rovnoměrného a hladkého povrchu. Z nevýhod lze vzpomenout větší ztráty při aplikaci na menší výrobky. Množství ztrát dále ovlivňuje například konzistence nátěru. Při použití této metody se musí dbát na vhodnou teplotu, čistotu a vlhkost prostředí. [5]

Speciální technikou stříkání je nanášení nátěrových hmot v elektrickém poli. Tento způsob aplikace se využívá při ochraně nátěrů například u oken, sedacího nábytku apod. Mezi výhody patří nižší náklady díky mechanizaci, nižší ztráty oproti běžnému nanášení postříkem a nižší spotřeba energie na odvedení znečištěného vzduchu rozprachy nátěrových hmot. Podstatou nanášení je, že tělesa nabitá nesouhlasnými elektrickými náboji se přitahují. Záporný náboj získávají rozprášené částičky díky rozprašovacímu zařízení připojenému na záporný pól generátoru vysokého napětí. Poté jsou částičky unášeny po silokřivkách elektrického pole na uzemněný předmět. „*Zde odevzdají svůj náboj a adhezívními silami zůstávají lpět na povrchu předmětu, kde vytvářejí souvislý*

nátěr.“ [5] Tato metoda má různé varianty, které se liší hlavně způsobem nabíjení a rozprašování [5].

3 Zkoušení nátěrových systémů

Zkoušením nátěrových systémů se zabývá celá řada norem a je zde popsána velká škála metod a postupů. Zkoušky se liší složitostí, přesností, potřebným vybavením a kvalifikací zkoušejícího. Pokud se volí mezi více variantami, vodítkem bývá také účel zkoušky. Podle toho se odvíjí například míra přesnosti. [8]

„Při použití časového (technologického) hlediska lze zkoušení nátěrů a nátěrových hmot rozdělit do následujících oblastí:

- *Analytická kontrola dodržení formulace a technologie přípravy NH jako výrobku*
- *Zkoušení vlastností NH před nanášením, při nanášení a po nanesení*
- *Zkoušení vlastností vyzrálého zaschlého nátěru*
- *Zkoušky životnosti nátěru při působení povětrnosti, účinku kapalných médií“ [8]*

3.1 Vybrané normy pro nátěrové hmoty v tekutém stavu

- Postup pro vzorkování NH dle ČSN EN ISO 15 528 (673007)
- Podmínky pro kondicionování a zkoušení dle ČSN EN 23270 (673008)
- Stanovení čísla kyselosti NH dle ČSN EN ISO 2114 (640343)
- Stanovení obsahu rozpustných kovů dle ČSN ISO 3856-1 až 6 (673035)
- Zkoušení pigmentů a plniv dle ČSN EN ISO 787-1 až 19 (670520)
- Stanovení těkavých a netěkavých látek v NH podle ČSN EN ISO 3251 (67 3031)
- Stanovení výtokové doby z výtokového pohárku dle ČSN EN ISO 2431 (67 3013)
- Stanovení objemové sušiny dle ČSN ISO 3233 (67 3030) [8]

3.2 Vybrané normy pro nátěrové hmoty ve stavu před nanášením a při nanášení

Tyto zkoušky zajímají především zhotovitele nátěru.

„Hlavními vlastnostmi NH ve stavu před nanášením jsou:

- *Konzistence (výtoková doba z pohárku) a ředitelnost (ČSN 67 3032 - již neplatná)*

- *Doba zpracovatelnosti u dvousložkových systémů dle ČSN EN ISO 9514“ [8]*

„Během aplikace jsou důležitými vlastnostmi zejména:

- *Roztíratelnost, slévateľnost, stříkatelnost a vydatnost (673051 – již neplatná)*
- *Stupeň rozlivu podle ČSN 67 3054 (již neplatná)*
- *Stupeň stékavosti nátěrové hmoty z vertikálního povrchu dle ČSN 67 3021 (již neplatná)“ [8]*

Dále do kategorie zkoušek před nanášením a při nanášení lze zařadit:

- Měření tloušťky mokrého filmu dle ČSN 67 3062 (již neplatná)
- Zkouška zasychání do stavu bez otisku dle ČSN EN ISO 3678 (již neplatná)
- Stanovení stavu proschnutí a doby proschnutí dle ČSN EN 29117 (již neplatná) [8]

3.3 Vybrané normy týkající se vlastností vyzrálého zaschlého nátěru

U zaschlého vyzrálého nátěru jsou důležitými vlastnostmi tloušťka, tvrdost, vláčnost (elasticita) povlaku a přilnavost k podkladu. [8]

- Tloušťka suchého nátěru dle ČSN EN ISO 2808
- Povrchová tvrdost tužkami dle ČSN EN 67 3075 (již neplatná)
- Tvrdost kyvadlovým přístrojem podle ČSN 67 3076 (již neplatná)
- Odolnost proti vrypu dle ČSN ISO 2815
- Ohybová zkouška na válcovém trnu dle ČSN EN ISO 1519
- Ohybová zkouška na kónickém trnou dle ČSN EN ISO 6860
- Stanovení odolnosti proti úderu dle ČSN EN ISO 6272-1 [8]
- **Zkouška přilnavosti stanovená mřížkovou metodou dle ČSN ISO 2409**

Zkouška se provádí na suchém nátěru při teplotě $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ a relativní vlhkosti $(50 \pm 5) \%$. Při ručním řezání se vzorek umístí na pevný rovný povrch a stejným tlakem na řezný nástroj s pomocí šablony se provede řez pod úhlem přibližně 45° ke směru vláken. Řez by měl být vytvořen rovnoměrnou rychlostí směrem ke zkoušejícímu.

Pak se postup zopakuje tak, aby se nové řezy křížily s původními pod úhlem 90° . V každé směru mřížky se provede šest řezů. Vzdálenost mezi řezy musí být v obou směrech stejná. Všechny řezy musí zanechat v podkladu stopu nebo vryp a zároveň

hloubka průniku do pokladu musí být co nejmenší. Z oblasti řezů se odstraní pomocí štětce veškerý uvolněný nátěr. Prohlédne se oblast řezů a dle toho se zkouška vyhodnotí.

Zkoušku lze hodnotit způsobem vyhověl/nevyhověl nebo pomocí šestistupňové klasifikační zkoušky. Při běžných zkouškách se provádí jedno stanovení.

3.4 Vybrané normy hodnotící optické vlastnosti

Z optických vlastností lze například hodnotit:

- Zrcadlový lesk dle ČSN ISO 2813
- Barevný odstín dle ČSN 67 3067 (již neplatná) [8]

3.5 Zkoušky odolnosti vůči povětrnostním vlivům

TP VVÚD 3.64.001, Povětrnostní zkouška urychlená

Tato zkouška simuluje urychlené stárnutí nátěrových hmot během 9 týdnů. Během zkoušky na vzorek působí voda, UV záření, infračervené záření a mráz.

TP VVÚD 3.64.002, Povětrnostní zkouška přirozená

Tato zkouška trvá 5 let. Lze díky ní pozorovat degradaci nátěrových hmot v průběhu let.

V letech 2007 a 2012 byly vydány normy ČSN EN 927-3 a ČSN EN 927-6, které umožňují porovnat nátěry na evropské úrovni:

ČSN EN 927-3 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím

Tato zkouška trvá 1 rok.

ČSN EN 927-6 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 6: Expozice povlaků dřeva umělému stárnutí s použitím fluorescenčních UV lamp a vody

Pokud potřebujeme ušetřit čas, použijeme tuto urychlenou povětrnostní zkoušku, která trvá 12 týdnů. Její uplatnění je například při vývoji nových nátěrových systémů. Hodnoty, co do přesné délky trvanlivosti, nejsou příliš vypovídající. Spíše mají informační

účel, zda daný nátěr je nebo není vhodný. Od TP VVÚD 3.64.001, Povětrnostní zkouška urychlená se liší tím, že neobsahuje zatížení mrazem.

3.5.1 Další zkoušky týkající se zjištění trvanlivosti a odolnosti vůči povětrnostním vlivům a doplňkové normy

- ČSN EN 927-1 Nátěrové hmoty - Nátěrové hmoty a nátěrové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 1: Klasifikace a volba
- ČSN EN 927-2 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 2: Soubor požadavků
- ČSN EN 927-4 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy vnější na dřevo - Část 4: Hodnocení propustnosti pro vodní páru
- zrušena 1. 10. 2013
- ČSN EN 927-5 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 5: Hodnocení propustnosti vůči vodě
- ČSN 67 3098 Nátěrové hmoty. Stanovení odolnosti proti střídání teplot
- ČSN EN ISO 6270-1 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 1: Kontinuální kondenzace
- ČSN EN ISO 6270-2 Nátěrové hmoty - Stanovení odolnosti proti vlhkosti - Část 2: Postup pro expozici zkušebních vzorků v prostředí kondenzace vody
- **ČSN EN ISO 16474-1 Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 1: Obecný návod**

Norma se zabývá požadavky na laboratorní zařízení pro expozice (teplota, ozáření, vlhkost...), podmínkami a postupy zkoušek, dobou expozice a vyhodnocením výsledků zkoušky a také definuje odborné výrazy.

- **ČSN EN ISO 16474-2 Nátěrové hmoty - Metoda vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 2: Xenonové lampy**

Tato metoda napodobuje účinky klimatu, k nimž dochází při vystavení materiálu dennímu světlu nebo dennímu světlu filtrovaného okenním sklem. K napodobení spektrálního složení denního světla v ultrafialové (UV) a viditelné oblasti spektra je použita xenonová lampa vybavená vhodnými filtry. Zdrojem světla je xenonová lamp/y s křemenným opláštěním, které emitují záření od vlnových délek pod 270 nm v ultrafialové oblasti přes viditelné spektrum až do infračervené oblasti. K napodobení denního světla se

musí použít filtry odstraňující krátkovlnné UV záření. K napodobení denního světla procházejícího okenním sklem se musí použít filtry minimalizující intenzitu záření o vlnových délkách pod 310 nm.

- ČSN EN ISO 16474-3 Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 3: Fluorescenční UV lampy
- ČSN ISO 16474-4 Nátěrové hmoty - Metody vystavení laboratorním zdrojům světla - Část 4: Uhlíkové obloukové lampy s otevřeným plamenem

3.5.2 Vybrané normy pro vyhodnocení zkoušek odolnosti proti povětrnostním vlivům

- ČSN EN ISO 3668 Nátěrové hmoty – Vizuální porovnání barveného odstínu nátěrových hmot

Barevný odstín je srovnáván při předepsaném osvětlení a podmínkách pozorování v přírodním denním světle nebo při umělém osvětlení, kdy se použije box na vyrovnaní barev.

- ČSN EN ISO 2813 Nátěrové hmoty – Stanovení lesku nátěru při úhlu 20°, 60° a 85°
- ČSN EN ISO 2813 Nátěrové hmoty – Stanovení zrcadlového lesku nátěrů bez obsahu kovových pigmentů při úhlu 20°, 30° a 85°
- ČSN EN ISO 11664-2 Kolorimetrie - Část 2: Normální druhy světla CIE
- ČSN EN ISO 11664-3 Kolorimetrie - Část 3: CIE trichromatické složky
- ČSN EN ISO 11664-4 Kolorimetrie - Část 4: Kolorimetrický prostor CIE 1976 $L^*a^*b^*$
- **ČSN 67 3068 Stanovení změny (rozdílu) barevného odstínu nátěru (již neplatná)**

Účelem zkoušky je umožnit kvantitativní vyjádření změny barevného odstínu charakterizující změnu barevných vlastností. Měření se používá pro porovnání barevných vlastností různých vzorků nátěrových hmot a nátěrů. Po naměření hodnot je nutné určit rozdíl barevného odstínu jako rozdíl barevného odstínu srovnávaných vzorků. Poté lze z rozdílu barevného odstínu určit dle tabulky stupeň stálosti.

V souřadných systémech LaB a CIE LaB se přiřazuje stupeň stálosti barevného odstínu podle vypočteného rozdílu ΔE . V souřadnicovém systému X, Y, Z a při měření remisí se změny barevných vlastností vyjádří relativně dělením původní hodnotou.

Tabulka 5: Tabulka pro zjištění stupně stálosti

Stupeň stálosti	Slovní vyjádření stupně stálosti	ΔE (LaB a CIE LaB)	ΔE_{rel} nebo ΔR_{rel}
1	Barevný odstín téměř beze změny. Barevné vlastnosti se nemění během zkoušky. Stálost je výborná	0,5	0,005
2	Vzorek vykazuje postřehnutelnou změnu barevného odstínu	3	0,02
3	Vzorek není barevně stálý	8	0,05
4	Vzorek má velmi špatnou barevnou stálost	30	20
5	Vzorek je barevně naprosto nestálý	60	40

- **ČSN 01 1718 Měření barev**

V normalizovaném standardu CIE jsou normalizovány pouze dvě soustavy a to CIE 1976 (L^* u^* v^*) označována jako CIELUV a soustava CIE 1976 (L^* a^* b^*) zkráceně označována jako CIELAB.

CIELAB je určena třemi vzájemně kolmými osami L^* , a^* , b^* . Vyneseli-li se souřadnice b^* v závislosti na souřadnici a^* do pravoúhlé soustavy souřadnic, neodpovídají takto vzniklé body jednoznačně určité barvě, protože jejich poloha závisí na velikosti měrné světlosti L^* . Vzdálenost ΔE^*_{ab} (změna barevného odstínu) dvou bodů barev charakterizovaných souřadnicemi L^* , a^* , b^* se počítá dle rovnice pro rozdíl barev CIE 1976 (ab)

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Rozdíl barevného odstínu vyjadřuje odlišnost barevných vlastností dvou vzorků různých nátěrových hmot nebo dvou nátěrů. Číselné údaje vystihující barvu lze získat například spektrofotometrickým měřením. Základní částí spektrofotometru je monochromátor. Za konečný výsledek spektrofotometrických kolorimetrických měření se považují trichromatické hodnoty vzorku ve zvolené trichromatické soustavě.

3.5.3 Normy pro hodnocení degradace nátěrů

- 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 klasifikace
- 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
- ČSN EN ISO 4628-3 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 3: Hodnocení stupně prorezavění
- 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
- 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
- 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
- ČSN EN ISO 4628-7 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 7: Hodnocení stupně křídování metodou sametu
- ČSN EN ISO 4628-8 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu nebo jiného umělého defektu
- ČSN EN ISO 4628-10 Nátěrové hmoty - Hodnocení degradace nátěrů - Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu - Část 10: Hodnocení stupně nitkové koroze

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4 Cíl práce

Cílem práce je porovnání inovovaných nátěrových systémů s tradičními. Dále pak navržení metodiky zkoušení nátěrových systémů na dřevo s ohledem na trvanlivost a dle metodiky provést u vybraných nátěrů experimentální porovnání základních vlastností a vyhodnocení jejich odolnosti proti povětrnosti.

5 Metodika zkoušek

V experimentální části porovnáám dva různé nátěry, u kterých byla použita rozdílná technika nanášení. Vzorek syntetického nátěru Xyladecor Extra byl nanesen štětcem a vodouředitelný průmyslový nátěr Cetol WP 566 + Cetol WF 960 byl aplikován nástřikem. Vzorky podrobím mřížkové zkoušce, změřím tloušťku nátěru a posoudím vliv umělého slunečního záření a povětrnostní vliv na tyto dva nátěry v rámci určitého časového období.

5.1 Příprava vzorků

Firma Akzo Nobel Wood Finishes and Adhesives mi poskytla vzorky se základem Cetol WP 566 a vodouředitelným nátěrem Cetol WF 960 aplikovaný nástřikem ve dvou vrstvách na smrkovém dřevě. Jako srovnávací nátěr jsem si zvolila syntetický nátěr Xyladecor Extra barva Mahagon od firmy Akzo Nobel Coatings CZ, a. s..

Nátěr jsem nejprve dobře promíchala a pak štětcem nanasla na opracované, čisté a hladké smrkové lišty. Nechala jsem ho více než 24 h zaschnout a aplikovala druhou vrstvu, kterou jsem také nechala více než 24 h zaschnout.

5.2 Použité nátěry

Xyladecor Extra

Xyladecor Extra se řadí mezi silnovrstvé lazury na dřevo na bázi organických rozpouštědel. Pojivovou složkou je zde alkydová pryskyřice. Dále se nátěr skládá z ředidla, emulgované vody, pigmentu a pomocných látek. Je vhodný na měkké i tvrdé dřevo. Nátěr má krémovou konzistenci (relativní hustota je $0,925\text{g/cm}^3$ při $20\text{ }^\circ\text{C}$) a nezapáchá. Mezi jeho další vlastnosti a výhody patří zvýšená přilnavost dalších vrstev, dobrá zpracovatelnost, mikroporézní povrch chránící před UV zářením a povětrnostními vlivy dřevo až 8 let a tvorba silného, elastického, polomatného filmu. Bod vzplanutí byl stanoven na $61\text{ }^\circ\text{C}$. Tento nátěr je určen pro venkovní dřevěné povrchy (okna, dveře, pergoly, podhledy, dřevěné obklady ...). Ale lze ho použít i do interiéru. Pro zvýšení ochrany v exteriéru se doporučuje kombinace s fungicidním napouštědlem Xyladecor Xylamon HP. [9]

Nátěr se aplikuje štětcem. Teoretická vydatnost je $15\text{--}20\text{ m}^2/\text{l}$ v jedné vrstvě. Výrobce doporučuje do interiéru 1-2 vrstvy nátěru a do exteriéru 2-3 vrstvy. Po natření by měl být výrobek na dotek suchý za 3-5 h, druhý nátěr lze aplikovat za 12-14 h a plně

proschlý je po 24 h. Výrobek lze zvolit v různých barevných variantách a různých velikostech balení. Je rozpustný běžným syntetickým ředidlem. [9]

Cetol WP 566

Cetol WP 566 je vodou ředitelný, transparentní základní nátěr. Tvoří pojítko mezi povrchem dřeva a povrchovou úpravou. Má tedy velký vliv na přilnavost k podkladu. Jako pojivo je zde použita akryl a alkydová pryskyřice. Lze aplikovat namáčením, poléváním nebo strojním natíráním. Povrch je brousitelný po asi 4 h a připravený pro další zpracování po 4 – 6 h. [10]

Cetol WF 960

Cetol WF 960 je vodou ředitelná transparentní hedvábně matná lazura vhodná na mezivrstvy i konečné vrstvy nátěrů. Lze použít do exteriéru i interiéru. Mezi jeho pozitivní vlastnosti patří dobrá zpracovatelnost a odolnost vůči povětrnostním vlivům. Dle typu pojiva se tento výrobek řadí mezi čistě akrylátové disperze. Nanáší se nástřikem. Tloušťka mokré vrstvy je 2 x 150 µm nebo 1x150 až max. 300 µm. Doporučuje se aplikovat ve dvou vrstvách. Spotřeba je 150–300 ml/m². Pro částečně stálorozměrové dřevěné stavební prvky smí být tato povrchová úprava provedena pouze jako tenkovrstvá. Celková tloušťka mokré vrstvy by neměla přesáhnout 200 µm a mezivrstva není třeba použít. Pro další zpracování je povrch zaschlý po cca 4 – 6 h. Lze ho pořídit v různých baleních a odstínech. [10]

5.3 Měření tloušťky nátěru

Tloušťka nátěru je vzdálenost mezi povrchem filmu a povrchem podkladu. Tloušťka má vliv na životnost výrobku, paropropustnost i odolnost vůči povětrnostním vlivům. Zkouška byla provedena na suchém filmu za pomoci mikroskopu a počítačového programu, který umožňuje měřit vzdálenosti. Nejprve bylo potřeba připravit vzorky. Velmi ostrým nožem se uřízl tenký vzorek dřeva s nátěrem. Řez byl veden kolmo k ploše nátěru tak, aby vzorek byl stejné tloušťky. Pak se vzorek položil pomocí pinzety na podkladní sklíčko, zakápl kapkou acetonu a překryl krycím sklíčkem. Celé se to vložilo pod mikroskop, který byl propojen s počítačem. Pomocí programu jsem změřila tloušťku nátěru. Zkouška byla provedena na dvou vzorcích od každého nátěru.

5.4 Mřížková zkouška

Pro hodnocení odolnosti nátěrů proti oddělení od podkladu bylo postupováno dle normy ČSN EN ISO 2409 Nátěrové hmoty – Mřížková zkouška. Při provádění zkoušky

byl použit ruční řezný nástroj s jedním ostřím, štětec a vodící šablona, která zajišťuje správné mezery mezi řezy. Zkouška je podrobně popsána v kapitole číslo 3.3.

5.5 Zkouška vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru

Zkoušení proběhlo na vzorcích o rozměrech 175 x 43 x 5 mm. Vzorky byly vystaveny různým povětrnostním podmínkám. Při zkoušení v Solarboxu jsem vycházela z norem EN ISO 16474-1 Nátěrové hmoty – Metody vystavení laboratorním zdrojům světla – Část 1: Obecný návod a EN ISO 16474-1 Nátěrové hmoty – Metody vystavení laboratorním zdrojům světla – Část 2: Xenonové lampy. Solarbox obsahuje filtry denního světla. Byly tedy napodobovány podmínky denního světla (metoda A). Vzorky vystavené přírodním povětrnostním vlivům byly dle normy ČSN EN 927-3 umístěny na jižní stranu ve sklonu 45°.



Obrázek 4: Vzorky vystavené přírodním povětrnostním vlivům a vzorky chráněné proti přímému dešti sklem

5.5.1 Přístroje a zařízení

CM-600d Spectrophotometer - Je to ruční, přenosný spektrofotometr sloužící k analýze barevného vzhledu vzorků. Patří mezi vysoce přesné a spolehlivé přístroje. Je vhodný pro kontrolu kvality barevného odstínu. Přístroj měří spektrální obraz v rámci viditelného spektra vlnových délek od 400 do 700 nm. Průměr dotykové plochy s povrchem je 4 cm. Přístroj využívá jako světelný zdroj pulzní xenonovou výbojku (s UV filtrem). Měření trvá asi 1 s. Interval mezi měřeními je cca 2 s. [11]

Solarbox 1500 - Přístroj slouží pro zrychlené testování odolnosti proti slunečnímu záření. Simulaci sluneční expozice vytváří 1500 W vzduchem chlazená xenonová lampa. Přístroj umožňuje nastavit dobu měření. Součástí přístroje je UV filtr (290 nm) z křemičitého skla pro simulaci venkovní expozice. [12]



Obrázek 5: Spectrophotometers CM-600d [11]



Obrázek 6: Solarbox 1500 [12]

6 Výsledky zkoušek a diskuze

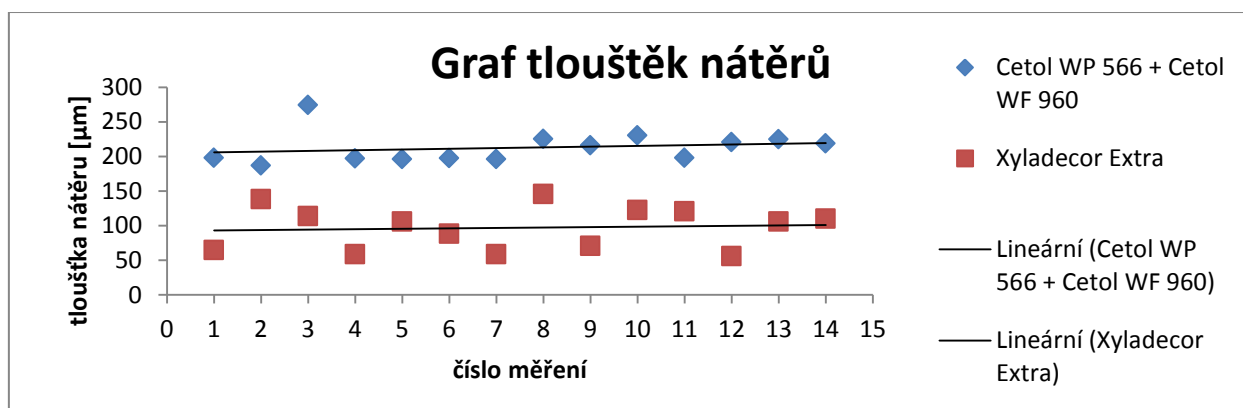
6.1 Měření tloušťky nátěru

Tloušťka nátěru byla měřena na dvou vzorcích od každého nátěru. Na každém vzorku proběhlo měření na sedmi místech.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty tlouštěk nátěrů

Nátěr	Cetol WP 566 + Cetol WF 960		Xyladecor Extra	
Vzorek číslo	1	2	3	4
Jednotka	[μm]	[μm]	[μm]	[μm]
Měření	198,051	225,264	64,851	145,551
	187,007	215,901	138,142	70,877
	274,555	230,389	113,890	122,509
	197,325	198,051	58,718	120,595
	196,328	220,875	105,926	55,777
	197,339	224,915	88,400	105,742
	196,225	218,645	58,705	110,230
Průměr [μm]	206,690	219,149	89,805	104,469
Směrodatná odchylka [μm]	27,928	9,680	28,622	28,803
Průměr [μm]	212,919		97,137	
Směrodatná odchylka [μm]	21,809		29,634	

Graf 1: Graf zobrazující tloušťku nátěrů a různorodost tloušťky



Obrázek 7: Snímky dvou různých nátěrů získaných z mikroskopu



Vpravo je snímek nátěru Cetol WP 566 + Cetol WF 960 na vzorku smrkového dřeva a vlevo snímek Xyladecoru Extra na vzorku smrkového dřeva. Oba jsou pořízeny z mikroskopu.

6.1.1 Vyhodnocení měření tloušťky

Metoda měření tloušťky nátěrů pomocí mikroskopu propojeného s počítačem je velmi přesná. Lze měřit velmi malé tloušťky s přesností i na tisíce mikrometru. Z naměřených hodnot je patrné, že tloušťka nátěru u Xyladecoru Extra se na různých místech velmi liší. V některých místech je nátěr i 2x větší/menší než jinde. Naproti tomu u Cetolu WP 566 + Cetolu WF 960 nejsou až tak velké rozdíly. Pouze jedna hodnota výrazněji vybočuje. Lze tedy říci, že průmyslová aplikace nástřikem umožňuje daleko lepší a **rovnoměrnější rozložení nátěru** na dřevo než nátěr štětcem, kterým byl aplikován právě Xyladecor Extra. Snad ještě patrněji jsou změny viditelné v grafu či na snímcích z mikroskopu. Při porovnání tloušťky Cetolu WP 566 + Cetolu WF 960 s Xyladecorem Extra je vidět, že nátěr Xyladecorem Extra má více než dvakrát menší tloušťku než Cetol WP 566 + Cetol WF 960.

6.2 Mřížková zkouška

6.2.1 Vyhodnocení zkoušky

Oba nátěry při mřížkové zkoušce vyhověly. Vzorek s nátěry Cetol WP 566 a 2x Cetol WF 960 lze klasifikovat stupněm 0. Hrany řezů jsou zcela hladké a žádný čtverec mřížky není odloupen. Vzorek s nátěrem Xyladecor Extra spadá dle klasifikace do 1. Došlo k odloupení malých šupinek povlaku v rozích třech čtverců. Zasažená plocha tedy není větší než 5 % plochy mřížky a lze zařadit do 1 nikoliv 2.

6.3 Zkouška vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru

Před vystavením vzorků různým vlivům a vždy po uplynutí uvedeného časového úseku byly vzorky změřeny spektrofotometrem a výsledky vyhodnoceny dle normy ČSN 01 1718 Měření barev a hodnoty byly zařazeny do stupně stálosti dle tabulky z již neplatné normy ČSN 67 3068 Stanovení změny (rozdílu) barevného odstínu nátěru. Spektrofotometr měřil každý vzorek ve 3 bodech a výstupem je průměr těchto hodnot.

Tabulka 7: Přehled umístění vzorků a časový harmonogram

Umístění vzorku	Počet vzorků	Ozn. Vzorku	Časové intervaly měření [hod]		
			1. měření	2. měření	3. měření
Solarbox 1500	2x Cetol WP 566 + Cetol WF 960	2 3	0	364	504
	2x Xyladecor Extra	6 8			
Venkovní expozice	2x Cetol WP 566 + Cetol WF 960	18 19	0	324	492
	2x Xyladecor Extra	10 11			
Venkovní expozice chráněná proti přímému dešti sklem	2x Cetol WP 566 + Cetol WF 960	1 4	0	324	492
	2x Xyladecor Extra	7 9			

6.3.1 Naměřené hodnoty

- Úhel pozorování: 10° od kolmé osy měření
- D65 – normalizované světlo
- Měřeno přístrojem: Spectrophotometers CM-600d

Tabulka 8: Tabulka naměřených hodnot L^* , a^* , b^* , 8° lesku a vypočítaných hodnot ΔE_{ab} naměřených v určitých časových úsecích

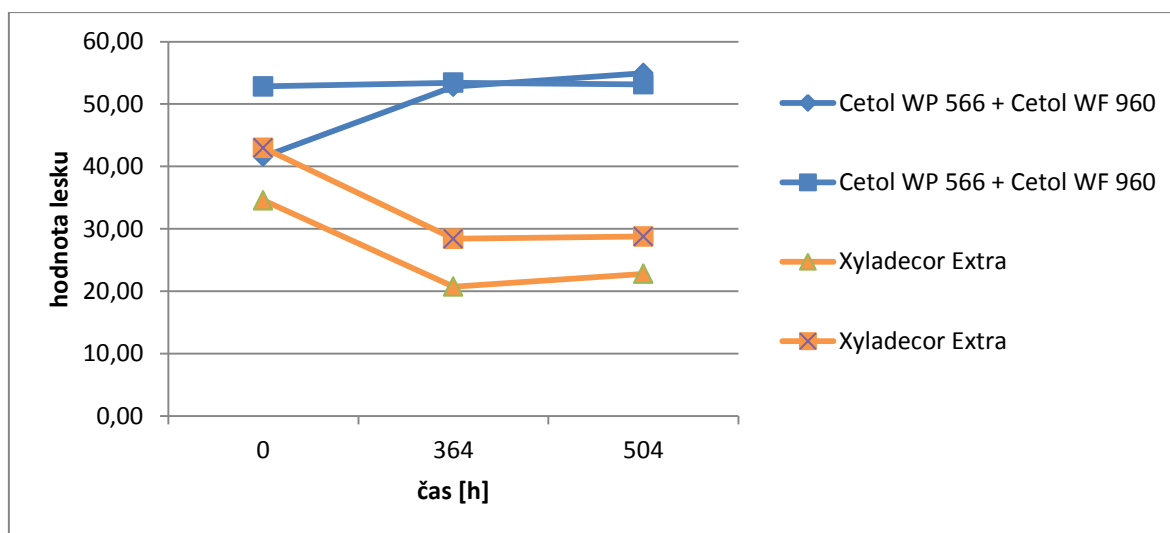
		Solarbox 1500				venkovní expozice				venkovní expozice chráněná sklem			
ozn. vzorku		2	3	6	8	18	19	10	11	1	4	7	9
1. měření	L^*	35,09	36,34	40,09	40,87	34,80	35,63	42,14	40,67	36,23	37,22	39,00	40,32
	a^*	26,38	29,10	25,78	27,16	25,43	27,31	27,12	27,21	28,81	30,77	25,76	26,79
	b^*	15,13	17,38	23,48	25,36	14,48	16,15	27,03	25,48	17,20	18,95	22,06	24,95
	8° Gloss	41,56	52,83	34,55	42,98	50,38	57,84	42,72	48,80	42,86	51,04	39,94	38,18
2. měření	L^*	34,62	36,17	41,12	40,26	34,68	35,29	41,94	38,27	36,53	37,28	40,09	40,23
	a^*	25,17	28,56	25,67	25,87	24,99	26,67	27,49	25,81	28,81	30,90	26,20	26,50
	b^*	14,53	17,19	23,82	22,94	14,25	15,69	27,65	21,67	17,41	19,27	23,60	23,99
	8° Gloss	52,79	53,43	20,73	28,40	56,48	55,64	39,77	52,73	52,86	52,15	33,82	40,38
3. měření	L^*	34,26	35,75	39,98	39,91	34,76	35,44	41,62	40,59	36,64	37,03	38,40	39,92
	a^*	24,17	28,14	25,26	25,60	25,12	26,98	26,50	26,59	28,64	30,43	24,82	26,27
	b^*	13,73	16,77	22,16	22,43	14,21	15,97	25,65	24,61	17,04	18,86	20,53	23,96
	8° Gloss	54,95	53,17	22,79	28,76	58,24	56,64	38,07	46,92	54,21	51,94	32,54	39,31
rozdíl 2. měření od 1. měření	ΔL^*	0,47	0,17	-1,03	0,61	0,12	0,34	0,20	2,40	-0,30	-0,06	-1,09	0,09
	Δa^*	1,21	0,54	0,11	1,29	0,44	0,64	-0,37	1,40	0,00	-0,13	-0,44	0,29
	Δb^*	0,60	0,19	-0,34	2,42	0,23	0,46	-0,62	3,81	-0,21	-0,32	-1,54	0,96
	$\Delta 8^\circ$ Gloss	-11,23	-0,60	13,82	14,58	-6,10	2,20	2,95	-3,93	-10,00	-1,11	6,12	-2,20
	ΔE^*_{ab}	1,43	0,60	1,09	2,81	0,51	0,86	0,75	4,72	0,37	0,35	1,94	1,01
rozdíl 3. měření od 1. měření	ΔL^*	0,83	0,59	0,11	0,96	0,04	0,19	0,52	0,08	-0,41	0,19	0,60	0,40
	Δa^*	2,21	0,96	0,52	1,56	0,31	0,33	0,62	0,62	0,17	0,34	0,94	0,52
	Δb^*	1,40	0,61	1,32	2,93	0,27	0,18	1,38	0,87	0,16	0,09	1,53	0,99
	$\Delta 8^\circ$ Gloss	-13,39	-0,34	11,76	14,22	-7,86	1,20	4,65	1,88	-11,35	-0,90	7,40	-1,13
	ΔE^*_{ab}	2,74	1,28	1,42	3,46	0,41	0,42	1,60	1,07	0,47	0,40	1,89	1,19

6.3.2 Vyhodnocení vlivu povětrnostních činitelů na změnu barevnosti nátěru

Dle naměřených a vypočítaných hodnot ΔE^*_{ab} a zatříděním těchto hodnot do tabulky z normy ČSN 67 3068 Stanovení změny (rozdílu) barevného odstínu nátěru lze říci, že u jednoho vzorku s nátěrem Cetol WP 566 + Cetol WF 960 umístěného v Solarboxu došlo, při porovnání přiřazených stupňů zjištěných z ΔE^*_{ab} , ke změně stupně stálosti o 1 stupeň (z 1 na 2). Jinak nebyly zaznamenány výrazné změny stupně stálosti.

Posouzení lesku:

Graf 2: Graf závislosti doby expozice v Solarboxu na změnu lesku (Gloss) u zkoušených nátěrů



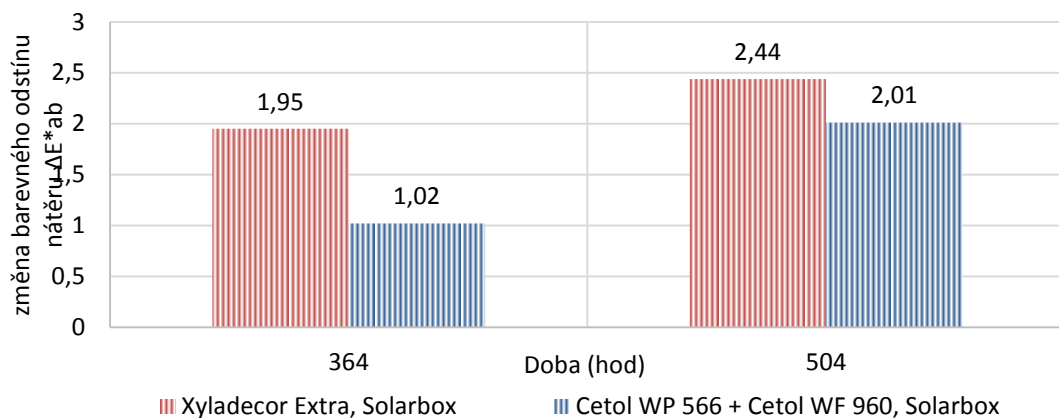
Z grafu hodnocení lesku u vzorků umístěných v Solarboxu je patrné, že s postupem času Xyladecor na rozdíl od Cetolu WP 566 + Cetolu WF 960 výrazně ztrácí lesk. U Cetolu WP 566 + Cetolu WF 960 je lesk téměř konstantní případně dochází ke zvýšení.

Závislost času na změnu lesku ve venkovní expozici a u vzorků ve venkovní expozici chráněných sklem

Z hodnot lesku v závislosti na čase a typu nátěru u vzorků umístěných venku a venku pod sklem lze vyčíst, že Xyladecor Extra měl v průměru už od počátku nižší lesk. Naproti tomu Cetol WP 566 + Cetol WF 960 dosáhl po 492 h svých nejvyšších hodnot lesku. Avšak není patrná souvislost vlivu času nebo umístění pod sklem či bez ochrany před deštěm na změnu lesku u těchto dvou typů nátěrů. Na lesk tedy nemá příliš vliv ochrana sklem.

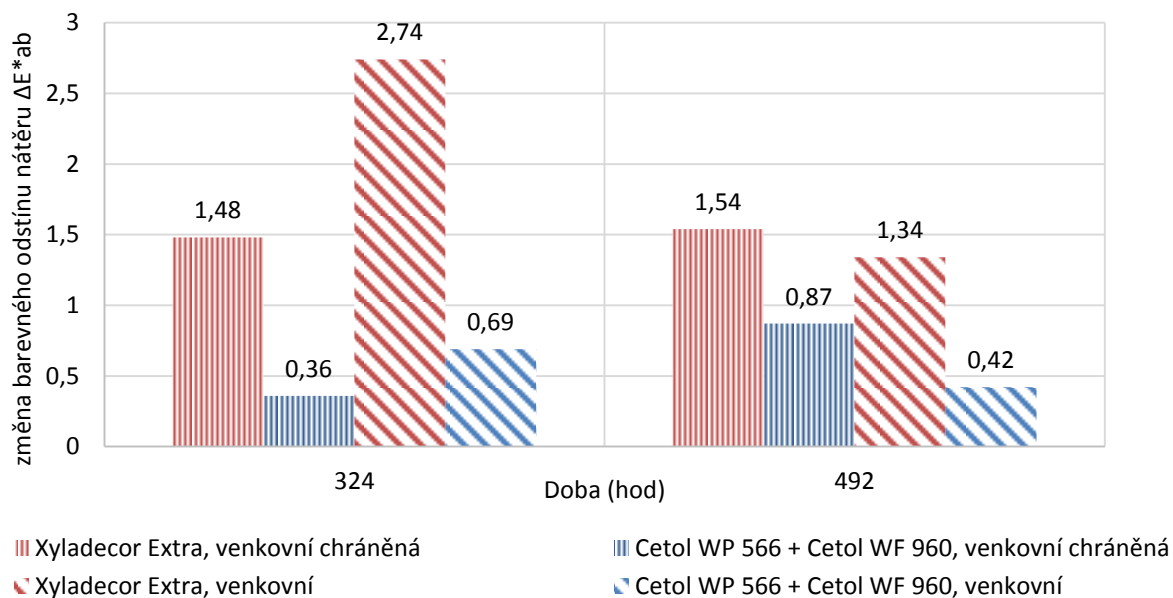
Posouzení rozdílů barevnosti:

Graf 3: Graf změny barevného odstínu v různých časových intervalech pro vzorky umístěné v Solarboxu



Z grafu je patrné, že u obou vzorků dochází s rostoucí délkou expozice k nárůstu změny barevného odstínu. Dále je patrné, že u Xyladecoru Extra dochází k větším barevným změnám v rámci času než u Cetolu WP 566 + Cetolu WF 960 a to po 364 h o 0,93 a po 504 o 0,43.

Graf 4: Graf změny barevného odstínu v různých časových intervalech pro vzorky umístěné venku a pro vzorky umístěné venku, ale chráněné sklem



Na změnu barevného odstínu vzorků vystavených přírodním povětrnostním vlivům má ochrana vzorků sklem vliv především zpočátku. Opět je zde patrné, že Xyladecor Extra daleko více podléhá změnám barevného odstínu, ještě výrazněji především pokud není vzorek chráněn sklem, než průmyslový nátěr Cetol WP 566 + Cetol WF 960. U vzorků chráněných sklem výrazně pomaleji narůstá změna barevného odstínu. Pro přesnější závěry by bylo potřeba znát další průběh hodnot.

Závěr

Úkolem mé bakalářské práce bylo posouzení inovovaných nátěrových systémů a navrhnou metodiku zkoušení NS na dřevo zejména s ohledem na trvanlivost a dle této metodiky u vybraných komerčních NS provést experimentální porovnání základních vlastností a vyhodnocení proti povětrnosti.

V experimentální části byly použity dva rozdílné typy nátěrů, které byly různým způsobem aplikovány na smrkové dřevo. První byl syntetický nátěr Xyladecor Extra a druhým byl vodouředitelný nátěr Cetol WP 566 + Cetol WF 960 aplikovaný stříkání.

Ze základních zkoušek jsem nátěrové systémy podrobila zkoušce přilnavosti mřížkovou metodou a porovnala jsem naměřené tloušťky nátěrů. Při zkoušce přilnavosti oba nátěry vyhověly. Při podrobnějším vyhodnocení bylo zjištěno drobné odlupování šupinek povlaku v rozích čtverců u nátěru Xyladecoru Extra. U vzorku s nátěrem Cetol WP 566 + Cetol WF 960 nebylo zjištěno žádné odlupování ani jiné odchylky od mřížky.

Tloušťka nátěru má velký vliv především na životnost dřevěného výrobku a odolnost vůči povětrnostním vlivům. Zkoušku jsem provedla pomocí mikroskopu. Už na snímcích z mikroskopu lze vidět, že při aplikaci metodou nástřiku je nátěr výrazně rovnoměrnější a hladší. Nátěr nanášený štětcem byl naproti tomu v některých místech i dvakrát tenčí než jinde. Velké rozdíly tlouštěk nátěru u Xyladecoru Extra nám potvrzuje i graf. Hlavní nevýhodou nanášení štětcem je tedy jeho znatelně nerovnoměrná tloušťka nátěru, která může ovlivnit životnost celého výrobku.

Dále jsem vzorky testovala na odolnost vůči povětrnostním vlivům. Nátěrové hmoty se často používají ve venkovním nebo vnitřním prostředí, kde bývají vystaveny slunečnímu záření přímo nebo přes okenní sklo. Napodobit skutečné povětrnostní podmínky v laboratoři je náročné na techniku a prakticky nemožné. V laboratoři jsem tedy simulovala pouze vliv umělého slunečního záření. Další vzorky byly umístěny ven a ven pod sklo, aby byly chráněny vůči dešti. Vždy po určité době byly vzorky změřeny spektrometrem pro zjištění změny barevnosti a také změny lesku.

U vzorků Xyladecoru Extra dochází k velmi výrazné ztrátě lesku při zkoušení v Solarboxu. Při umístění těchto vzorků do Solarboxu dochází v průběhu času k výrazné změně barevného odstínu, která stále lineárně narůstá.

U vzorků nátěru Cetol WP 566 + Cetol WF 960 jsou téměř nepatrné změny lesku při uložení v Solarboxu. U vzorků uložených venku má tento nátěr již od počátku výrazně vyšší hodnoty lesku než Xyladecor Extra. V rámci změny barevného odstínu je tento nátěr mnohem odolnější než Xyladecor Extra. Vždy docházelo k výrazně menším barevným změnám za stejný časový úsek.

Při srovnání použitých nátěrových systémů v rámci jednotlivých zkoušek lze říci, že průmyslový vodouředitelný nátěr Cetol WP 566 + Cetol WF 960 nanesený stříkáním dopadl výrazně lépe než Xyladecor Extra. Nátěr byl rovnoměrně rozložený po celé ploše s téměř konstantní tloušťkou nátěru. Zkouškou přilnavosti prošel bez problémů a při posouzení povětrnostních vlivů pomocí barevnosti a lesku, nátěr odolával lépe než Xyladecor Extra.

Pokud bychom chtěli mít přesnější představu o chování nátěrových systémů, bylo by vhodné podrobit nátěry roční zkoušce dle normy ČSN EN 927-3 Nátěrové hmoty - Povlakové materiály a povlakové systémy pro dřevo ve vnějším prostředí - Část 3: Zkouška přirozeným stárnutím, která by nám daleko lépe a přesněji přiblížila chování nátěrových systémů v čase. A tedy by se dala i odhadnout možná trvanlivost jednotlivých nátěrů.

Použitá literatura:

- [1] Svoboda Luboš a kolektiv. *Stavební hmoty*. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1.
- [2] Jaroslav Žák. *Ochrana dřeva ve stavbě*. Praha: ARCH, 1998. ISBN 8086165000.
- [3] Jozef Štefko. *Dřevěné stavby*. Bratislava: Jaga, 2009. ISBN 978-80-8076-080-9.
- [4] Eva Ambrožová. *Nátěry dřeva*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-924-1.
- [5] *Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků*. Opava: Best Trading, 1998. ISBN 8090257909.
- [6] Martin Patříčný. *Pracujeme se dřevem*. Praha: Grada, 2004. ISBN 80-247-1090-0.
- [7] Petr Ptáček. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2326-6.
- [8] 04 Zkoušky nátěrových hmot a ochranných povlaků Herrmann.d...-k06 04. pdf. . [online]. 22.5.2015 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: http://www.sczl.cz/dokumenty/k06_04.pdf
- [9] Xyladecor CZ/Pro zahradu/Xyladecor Extra. . [online]. 28.5.2015 [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.xyladecor.cz/produkt/info/xyladecor-extra>
- [10] propagační materiály firmy Akzo Nobel Wood Finishes and Adhesives
- [11] CM-600d Spectrophotometer. *Portable/Konica Minolta Sensing*. [online]. [2015] [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://sensing.konicaminolta.us/products/cm-600d-spectrophotometer/>
- [12] CO.FO.ME.GRA.. . [online]. [cit. 2015-05-28]. Dostupné z: <http://www.cofomegra.it/default.aspx?mid=11027>

Seznam tabulek:

Tabulka 1: Třídy ohrožení dřeva biotickými škůdci v Evropě (EN 335-1 -neplatná) [3]:

Tabulka 2: Tabulka průměrných hodnot součinitele vlhkostní deformace při změně vlhkosti dřeva o 1 % [1]

Tabulka 3: Klasifikace podle končeného použití

Tabulka 4: Klasifikace podmínek expozice na základě některých klimatických činitelů

Tabulka 5: Tabulka pro zjištění stupně stálosti

Tabulka 6: Naměřené hodnoty tloušťek nátěrů

Tabulka 7: Přehled umístění vzorků a délka zkoušky

Tabulka 8: Tabulka naměřených hodnot L^* , a^* , b^* , 8° lesku a vypočítaných hodnot ΔE_{ab} naměřených v určitých časových úsecích

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Hustota a pevnost různých stavebních materiálů [2]

Obrázek 2: Příklad mikroskopické stavby [3]

Obrázek 3: Změny tvaru dřeva na příčném řezu kmenem v důsledku sesychání [2]

Obrázek 4: Vzorky vystavené přírodním povětrnostním vlivům

Obrázek 5: Spectrophotometers CM-700d / CM-600d

Obrázek 6: Solarbox 1500 [12]

Obrázek 7: Snímky dvou různých nátěrů získaných z mikroskopu

Seznam grafů

Graf 1: Graf zobrazující tloušťku nátěrů a různorodost tloušťky

Graf 2: Graf závislosti doby expozice v Solarboxu na změnu lesku (Gloss) u zkoušených nátěrů

Graf 3: Graf změny barevného odstínu v různých časových intervalech pro vzorky umístěné v Solarboxu

Graf 4: Graf změny barevného odstínu v různých časových intervalech pro vzorky umístěné venku a pro vzorky umístěné venku, ale chráněné sklem

Seznam použitých zkratk:

NH – nátěrová hmota

Ozn. - označení