

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



## **Vliv směru ročních kruhů dřeva na životnost exteriérových nátěrových systémů**

Vypracovala: Hanna Prazhenik

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

2021

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hanna Prazhenik

Dřevařství

Podnikání ve dřevozpracujícím a nábytkářském průmyslu

Název práce

**Vliv směru ročních kruhů dřeva na životnost exteriérových nátěrových systémů**

Název anglicky

**Influence of wood growth rings on durability of exterior coatings systems**

---

### Cíle práce

Cílem práce je prozkoumat, jestli směr ročních kruhů na exponované plochu má vliv na celkovou životnost filmu nátěru po stárnutí.

### Metodika

Nátěrové systémy na dřevě v exteriéru chrání jeho povrch vůči vlivům povětrnosti. Vzorky po umělém urychleném stárnutí budou hodnoceny z pohledu úhlu ročních kruhů vzhledem k tvorbě trhlin v nátěrovém filmu případně míry jeho defoliace z povrchu dřeva. Hodnocení bude provedeno na základě ČSN EN ISO 4628. Výsledkem práce bude stanovení vlivu sklonu ročních kruhů na míru poškození nátěrového filmu.

**Doporučený rozsah práce**

40 s.

**Klíčová slova**

dřevo, roční kruhy, nátěrové systémy, poškození

---

**Doporučené zdroje informací**

- ČSN EN ISO 4628 a části 1,2,4,5,6 (2004): Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěrů – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu. Praha: Český normalizační institut.
- De Windt, I., Van den Bulcke, J., Wuijstens, I., Coppens, H., Van Acker, J. (2014): Outdoor weathering performance parameters of exterior wood coating systems on tropical hardwood substrates. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72: 261-272.
- Evans, P.D.; Haase, J.G.; Shakri, A.; Seman, B.M.; Kiguchi, M. (2015): The search for durable exterior clear coatings for wood. *Coatings*, 5, 830–864. doi:10.3390/coatings5040830
- Ozgenç, O., Hiziroglu, S., Zildiz, U. C. (2012): Weathering properties of wood species treated with different coating applications. *BioResources*, 7(4): 4875-4888.
- Pánek, M. (2015): Nátěry na dřevo a jejich testování, FLD-CZU v Praze, 1. vydání, 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2020/21 LS – FLD

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Miloš Pánek, PhD.

**Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2020

**Ing. Radek Rinn**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 14. 3. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2021

---

Prohlašuji,

že jsem bakalářskou práci na téma „Vliv směru ročních kruhů dřeva na životnost exteriérových nátěrových systémů“ vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Miloši Pánka, PhD. Použila jsem jen prameny, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

V Praze dne .....

Podpis .....

Hanna Prazhenik

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala doc. Ing. Miloši Pánkovi, Ph.D., za odborné konzultace, rady a vstřícnost v průběhu zpracování této bakalářské práce. Chtěla bych také poděkovat České zemědělské univerzitě v Praze za poskytnutí materiálů a prostoru pro měření dat potřebných k vypracování mé práce.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je věnována exteriérovým nátěrovým systémům a vlivu směru letokruhů na jejich životnost u jehličnatých a listnatých dřevin. Cílem bylo zjistit, zda směr ročních kruhů na exponovanou plochu má vliv na celkovou životnost filmu nátěru po stárnutí. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Teoretická část obsahuje literární rešerši, která se týká fyzikálních vlastností dřeva (směry a řezy, anizotropní charakter sesychání a jeho rozdíly v tangenciálním a radiálním směru, podíl jarního a letního dřeva), nátěrových systémů používaných v exteriéru, jejich životnosti během venkovní expozice a prodloužením životnosti nátěru jejich modifikací.

Praktická část této práce byla věnována vyhodnocení stupně praskání, odlupování a celkové degradace chemicky upravených dřevěných vzorků z pohledu úhlu ročních kruhů po umělém urychleném stárnutí. Hodnocení praskání a odlupování bylo provedeno na základě ČSN EN ISO 4628.

Výsledky prokázaly existující závislost mezi stupněm praskání a směrem ročních kruhů. Pro odlupování neukázaly závislost na směru letokruhů. Co se týká vizuálního vyhodnocení celkové degradace, dle dosažených výsledků zde je možné říct, že úhel sklonu letokruhů nemá vliv na celkové poškození nátěrů.

**Klíčová slova:** dřevo, roční kruhy, nátěrové systémy, poškození

## **Abstract**

The Bachelor's thesis is devoted to exterior coating systems and the influence of wood growth rings direction on their durability for coniferous and deciduous wood. The work consists of theoretical and practical parts. The aim was to determine whether the direction of the of the annual rings on exposed area affects the performance of the coating film after weathering.

The theoretical part contains literary research that deals with physical properties of wood (grain directions, anisotropy of wood during the drying process and its difference in tangential and radial directions, earlywood and latewood percentage), exterior wood coating systems, their performance in outdoor exposure and its prolonging due to coatings modifications.

The practical part of this work was focused on assessing the degree of cracking, peeling and total degradation of chemically modified wooden samples depending on the annual growth rings angles after artificial accelerated weathering, the evaluation was carried out on the basis of ČSN EN ISO 4628.

The results showed existing dependency of the cracking degree of wood coatings due to the wood growth rings angle. The results obtained for peeling showed no correlation for the annual rings direction. Visual assessment results of total degradation showed that growth rings angle does not affect the overall damage of coating systems.

**Keywords:** wood, annual growth rings, coating systems, degradation

# Obsah

Seznam tabulek .....	11
Seznam obrázků .....	12
Seznam grafů .....	13
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	14
Úvod.....	15
1. Literární rešerše .....	17
1.1 Směry a řezy ve dřevě a anizotropní charakter sesychání.....	17
1.1.1 Směry a řezy ve dřevě.....	17
1.1.2 Anizotropní charakter sesychání.....	18
1.2 Sesychání v tangenciálním a radiálním směru vybraných listnatých a jehličnatých dřevin.....	19
1.3 Letokruhy a podíl jarního / letního dřeva u zkoumaných dřevin.....	20
Nátěrové systémy a jejich vliv na životnost dřeva v exteriéru .....	21
1.4 .....	21
1.4.1 Vznik a druhy defektů v nátěrech na dřevě v exteriéru .....	21
1.4.1.1 Mechanismy degradace nátěrů .....	21
1.4.1.2 Druhy defektů nátěrových systémů .....	23
1.4.1.3 Vliv plochy dřeva na životnost nátěrů.....	24
1.4.2 Povrchová úprava dřeva v exteriéru .....	25
1.4.2.1 Definice nátěru a nátěrových hmot.....	25
1.4.2.2 Nátěry používané v exteriéru.....	26
1.4.3 Prodloužení životnosti nátěrů jejich modifikací .....	28
1.4.3.1 Životnost nátěrů.....	28
1.4.3.2 Požadované vlastnosti pro nátěry v exteriéru .....	29
1.4.3.3 Modifikované vlastnosti nátěrů .....	29



1.4.3.4	Optimalizace transparentních nátěrů přísadami .....	31
2.	Praktická část .....	34
2.1	Metodika .....	34
2.1.1	Materiál .....	34
2.1.1.1	Druhy dřevin .....	34
2.1.1.2	Velikost vzorků .....	35
2.1.1.3	Počet vzorků .....	35
2.1.1.4	Podmínky expozice .....	35
2.1.1.5	Povrchová úprava .....	36
2.1.2	Zkušební metody .....	36
2.1.2.1	Měření sklonu úhlů letokruhů .....	36
2.1.2.2	Hodnocení degradace nátěrů .....	38
2.1.2.3	Analýza dat .....	41
3.	Výsledky .....	42
3.1	Dub letní ( <i>Quercus robur</i> ) .....	42
3.1.1	Hodnocení praskání .....	42
3.1.2	Hodnocení odlupování .....	43
3.2	Smrk ztepilý ( <i>Picea abies</i> ) .....	44
3.2.1	Hodnocení praskání .....	44
3.2.2	Hodnocení odlupování .....	45
3.3	Douglaska tisolistá ( <i>Pseudotsuga menziesii</i> ) .....	46
3.3.1	Hodnocení praskání .....	46
3.3.2	Hodnocení odlupování .....	46
3.4	Modřín evropský ( <i>Larix decidua</i> ) .....	47
3.4.1	Hodnocení praskání .....	47
3.4.2	Hodnocení odlupování .....	48

3.5	Porovnání degradace nátěrů u zkoumaných dřevin .....	48
3.5.1	Hodnocení praskání .....	48
3.5.2	Hodnocení odlupování .....	49
3.5.3	Vizuální hodnocení celkové degradace upraveného povrchu podle směru ročních kruhů .....	50
3.5.3.1	I. Způsob.....	50
3.5.3.2	II. Způsob .....	50
	Diskuze .....	52
	Závěr .....	54
	Bibliografie .....	55
	Seznam příloh .....	61
	Příloha 1. Znázornění klasifikace stupně odlupování pro hodnoty 5–10 (samostatné zpracování).....	I

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Koeficient sesychání u vybraných druhů dřevin (Ugolev, 1991) .....	19
Tabulka 2 Procentuální sesychání vybraných u vybraných druhů dřevin (Bergstedt, 2007) (Giagli, 2019) (Anonymous, 2010) .....	20
Tabulka 3 Jeden cyklus v UV-komoře podle modifikované normy EN 927-6 .....	35
Tabulka 4 Seskupení vzorků podle úhlů ročních kruhů (samostatné zpracování, 2021)	37
Tabulka 5 Klasifikace množství prasklin dle ČSN 4628-4.....	39
Tabulka 6 Klasifikace velikosti prasklin dle ČSN 4628-4 .....	39
Tabulka 7 Klasifikace plochy, vykazující odlupování dle ČSN 4628-4.....	40
Tabulka 8 Klasifikace plochy, vykazující odlupování (samostatné zpracování).....	40
Tabulka 9 velikost ploch vykazujících odlupování dle ČSN 4628-4 .....	41
Tabulka 10 Rozdělení vzorků dle konkrétního typu dřeviny a úhlu sklonu ročních kruhů (samostatné zpracování, 2021) .....	42

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Řezy a směry ve dřevě (Požgaj, 1997).....	18
Obrázek 2 Odlupování pigmentovaného nátěru u jehličnanů. Exteriérová expozice vzorků trvala 5 let (Browne, 1947).....	24
Obrázek 3 Uživatelské rozhraní programu IC – Measure firmy Viewrun; karta „Measures“ obsahuje různé nástroje pro měření nahraných obrázků. Námí byl použit nástroj „Angle“(samostatné zpracování, 2021) .....	36
Obrázek 4 Příklad měření úhlů ročních kruhů pro DG a DB v programu „IC Measure“ (samostatné zpracování, 2021) .....	38

## Seznam grafů

Graf 1 Stupeň praskání DB v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů .....	43
Graf 2 Stupeň odlupování DB v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů .....	44
Graf 3 Stupeň praskání SM v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů.....	45
Graf 4 Stupeň odlupování SM v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů .....	45
Graf 5 Stupeň praskání DG v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů.....	46
Graf 6 Stupeň odlupování DG v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů .....	47
Graf 7 Stupeň praskání MD v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů .....	47
Graf 8 Stupeň odlupování MD v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů.....	48
Graf 9 Stupeň praskání dle jednotlivých druhů dřevin .....	49
Graf 10 Stupeň odlupování dle jednotlivých druhů dřevin.....	49
Graf 11 Celková degradace u všech dřevin podle směru ročních kruhů .....	50
Graf 12 Celková degradace u všech dřevin pro skupiny úhlů 0°–45° a 46°–90° .....	51

## Seznam použitých zkratk a symbolů

%	procenta
°	stupeň
$CeO_2$	oxid ceričitý
ČSN	Československá technická norma
DB	dub
DG	douglaska
DTD	dřevotřískové desky
EN	evropská norma
h	hodiny
HALS	stabilizované světelné stabilizátory aminu
IČ	infračervené
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
Ks	kus
$K_\beta$	koeficient sesychání
MD	modřín
MDF	středně husté dřevovláknité <b>desky</b>
mm	milimetr
Nm	nanometr
SM	smrk
$T_g$	teplota skelného přechodu
$TiO_2$	oxid titaničitý
UV	ultrafialové
$ZnO$	oxid zinečnatý

## Úvod

Dřevo jako stavební materiál disponuje celou sadou unikátních vlastností: není to pouze udržitelný a ekologický zdroj suroviny. Dřevo může absorbovat toxické plyny a páry, má silný difúzní odpor (prodyšnost materiálu pro prostup vodní páry), akumulární schopnosti a odolnost vůči elektrostatickým nábojům. Další výhodou je jeho snadná obrobitelnost a manipulace – je to léty prověřený materiál a patří k těm nejstarším. Přirozená krása a estetický vzhled dřevěných výrobků jsou vysoce oceňovány i dnes.

Navzdory všem svým pozitivním stránkám je dřevo jako organický materiál velmi náchylné k degradačním vlivům, obzvláště se to týká výrobků používaných venku. I když jeho životnost může být zajištěna a prodloužena řadou faktorů – jako jsou například vlastnosti jednotlivých druhů dřevin, kvalita výroby a konstrukční ochrana, využití dřeva v exteriéru zásadně požaduje i chemickou ochranu, kterou zajišťují nátěrové hmoty.

Na jednu stranu v dnešní době je trh nátěrových hmot velice rozmanitý a nabízí širokou škálu ochranných prvků. Dobrou ochrannou funkci poskytují například pigmentované nátěrové systémy. Na druhou stranu jedním z důsledků estetické přitažlivosti dřeva je požadavek spotřebitelů na transparentní povrchovou úpravu, která má za úkol jednak chránit dřevěný povrch před nepříznivými vlivy, jednak zlepšit jeho vlastnosti a zachovat přirozenou krásu.

Bohužel v současnosti většina existujících transparentních nátěrových systémů stále není schopna zabezpečit dostatečnou ochranu dřeva v exteriéru a neustále se hledají efektivnější způsoby průhledných povrchových úprav. Dle výzkumu posledních let bylo zjištěno, že efektivitu transparentních nátěrů lze výrazně zlepšit modifikací samotného nátěru nebo dřevěného podkladu.

Dalším důležitým bodem je skutečnost, že neexistuje jediný mechanismus degradace nátěrových systémů, který by byl zodpovědný za poškození filmu a často i dřeva – je to vždy unikátní kombinace faktorů jak z pohledu nátěrových hmot, tak i z pohledu struktury a vlastností jednotlivých typů dřevin.

Tato bakalářská práce je zaměřena na zkoumání vlivu směru ročních kruhů povrchově upraveného dřeva vzhledem k míře praskání, odlupování a celkové degradaci nátěru. V rámci praktické části bude po umělém urychleném stárnutí hodnocena vystavená plocha vzorků u dubu letního (*Quercus robur*), smrku ztepilého (*Picea abies*), modřínu evropského (*Larix decidua*) a douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*).

### **Cíle práce**

Hlavním cílem této bakalářské práce je prozkoumat, zda směr ročních kruhů na exponovanou plochu má vliv na celkovou životnost filmu nátěru po stárnutí.

K naplnění tohoto cíle byly vybrány vzorky dubu letního (*Quercus robur*), smrku ztepilého (*Picea abies*), modřínu evropského (*Larix decidua*) a douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*). Po umělém urychleném stárnutí budou hodnoceny z pohledu směru ročních kruhů vzhledem k míře praskání nátěrového filmu, odlupování nátěru z povrchu dřevěného podkladu a celkové degradaci vystavené plochy.



## 1. Literární řešerše

### 1.1 Směry a řezy ve dřevě a anizotropní charakter sesychání

Dřevo je přírodní materiál, který má složitou mikro- i makrostrukturu a jeho tvar je charakterizovaný kuželovito-válcovitou vrstevnatou stavbou. Různě uspořádané stavební elementy dřeva jsou příčinou jeho anizotropie – znamená to, že vlastnosti dřeva záleží na jeho směru (Vlastnosti dřeva a dřevostaveb, 2016).

#### 1.1.1 Směry a řezy ve dřevě

Mezi základní řezy patří transverzální, radiální a tangenciální:

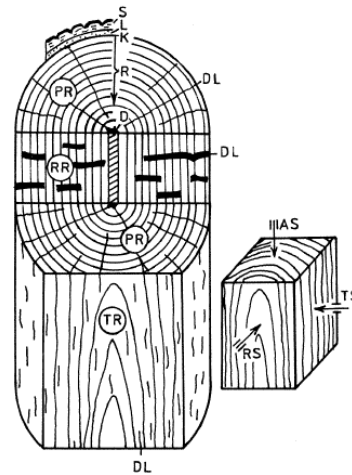
- **Transverzální (nebo příčný, celní)** – je řez vedený kolmo k ose kmene napříč vláknitou a převážně vertikálně orientovanou osou kmene. Je lehce rozpoznatelný podle koncentricky uložených vrstev ročních kruhů;
- **Radiální (středový, poloměrový)** – je řez, vedený rovnoběžně s osou kmene a prochází jeho středem. Je odlišitelný díky lesklým plochám dřeňových paprsky (zrcátkům). Na celé ploše řezu má rovnoběžný průběh letokruhů;
- **Tangenciální (tečnový, fládrový)** – je řez vedený rovnoběžně s osou kmene v určité vzdálenosti od osy. Kuželovitá vrstvená stavba dřeva kmene způsobuje, že tento řez je v rovině tečnou k jedinému ročnímu kruhu v určitém bodu. Letokruhy vytvářejí na tomto řezu parabolické útvary – „fládry“ (Požgaj, 1997).

Stojí za zmínku, že kromě těchto základních řezů se při technologickém zpracování dřeva vyskytují i jiné řezy. Jsou to tzv. „přechodné“ řezy, které v praxi se nazývají **poloradiální** nebo **polotangenciální** (Požgaj, 1997).

Je důležité rozeznávat 3 základní směry ve dřevě – axiální, radiální a tangenciální:

- **Axiální směr** – je rovnoběžný s podélnou osou kmene a kolmý na plochu příčného řezu;
- **Radiální směr** – vede ve směru dřeňových paprsků a je kolmý na plochu tangenciálního řezu;
- **Tangenciální směr** – je tečnou k ročním kruhům a je kolmý na plochu radiálního řezu (Požgaj, 1997).

Obr. 3.3 Rezy a směry v dřevě: PR — příčný rez; D — stržeň; R — ročně kruhy; DL — stržňový lúč; K — kambium; L — floém (lyko); S — suberoderm (korok); RR — radiální rez; TR — tangenciální rez; AS — axiální smer; RS — radiální smer; TS — tangenciální smer.



Obrázek 1 Řezy a směry ve dřevě (Požgaj, 1997)

### 1.1.2 Anizotropní charakter sesychání

Jeden z problémů, se kterým se stále setkáváme, tkví v neustále se měnícím tvaru a formě dřeva. Důvodem jsou specifické relace mezi dřevem a vodou. Ve vztahu k okolnímu prostředí je totiž hygroskopické a schopné přijímat a odevzdávat vodu v kapalném nebo plynném stavu. Je známo, že dřevo sesychává nerovnoměrně ve 3 směrech. Závislost vlastností dřeva na různých směrech svědčí o jeho anizotropii (Gandelová, 2009).

Sesychání a bobtnání jsou základními vlastnostmi dřeva. Jsou vyjádřené jeho tvarovými a rozměrovými přeměnami, které nastávají jako výsledek vlhkostních změn. Jde o ně, když se mění vlhkost dřeva v rozsahu vázané vody (0–30 % absolutní vlhkosti dřeva). Tento proces je lokalizovaný v buněčné stěně, kde dochází k oddalování či přibližování fibrilární struktury (Požgaj, 1997).

Sesychání je proces, při kterém dochází ke zmenšení lineárních rozměrů plochy nebo objemu dřeva v důsledku úbytku vázané vody.

Sesychání má anizotropní charakter a svědčí o tom rozdílné hodnoty v jednotlivých anatomických směrech. Rozměry dřeva se nejvíce zmenšují napříč vláknou a v nepatrné míře i podél nich. Příčinou toho jsou rozdílné úhly sklonu fibril od podélné osy buňky. Obvykle při větším úhlu sklonu fibril v podélném směru sesychání je menší, napříč vláknou je sesychání větší (Požgaj, 1997).

## 1.2 Sesychání v tangenciálním a radiálním směru vybraných listnatých a jehličnatých dřevin

Jak už bylo napsáno výše, sesychání dřeva je rozdílné v závislosti na jednotlivých směrech (hlavně napříč vlákny) a navíc je ovlivněno i konkrétním druhem dřeva.

Obecně platí, že v tangenciálním směru je sesychání 1,5 až 2krát větší než v radiálním směru. Podél vláken je sesychání nejmenší (Požgaj, 1997).

Průměrné sesychání dřeva podle jednotlivých směrů (v procentech) (Makartičan, 2014):

- Podélný: 0,1 až 0,3 %;
- Radiální: 3 až 7 %;
- Tangenciální: 8 až 10 %;
- Celkové objemové: 11 až 17 %.

V praktické části této práce budou hodnoceny vzorky 4 druhů dřevin: modřínu, douglasky, smrku a dubu. Níže jsou uvedeny informace o sesychání pro příslušné dřeviny:

**Tabulka 1** Koeficient sesychání u vybraných druhů dřevin (Ugolev, 1991)

Druh dřeva	Koeficient sesychání ( $K_{\beta}$ )		
	objemového	radiálního	tangenciálního
Modřín	0,52	0,19	0,35
Smrk	0,43	0,16	0,28
Dub	0,43	0,18	0,27

**Tabulka 2 Procentuální sesychání vybraných u vybraných druhů dřevin (Bergstedt, 2007) (Giagli, 2019) (Anonymous, 2010)**

Druh dřeva	Procentuální sesychání (%)		
	Radiální směr	Tangenciální směr	Objemové sesychání
Modřin	3,3	7,8	11,4
Smrk	3,6	7,8	11,9
Dub	5,6	10,5	16,3
Douglaska	5,2	7,6	12,6

### 1.3 Letokruhy a podíl jarního / letního dřeva u zkoumaných dřevin

Tloušťkový přírůstek dřeva, který byl vytvořen během vegetačního období, se nazývá letokruh. Pro všechny dřeviny mírného pásma obvykle platí, že roční kruhy jsou makroskopicky anebo alespoň lupou rozlišitelné a skládají se ze dvou barevně odlišných vrstev jarního a letního dřeva. Na příčném řezu letokruhy tvoří převážně koncentrické vrstvy (též roční přírůstek dřeva). Na radiálním řezu se jeví jako svislé rovnoběžné pásy a na tangenciálním –zvlněné elipsy rozmanitého tvaru (parabolické útvary ve střední části řezu) (Požgaj, 1997).

Dřevo je velmi citlivé na měnící se podmínky prostředí. Kvůli tomu je šířka letokruhů značně proměnlivá. Závisí ale i na dalších faktorech: druhu dřeviny a jeho stáří, stanovištních podmínkách, pěstebních opatřeních atd. U většiny hospodářsky významných dřevin se šířka letokruhů pohybuje v rozmezí 1 až 5 mm (Gandelová, 2009).

Podíl letního dřeva se u jehličnanů pohybuje od 10–50 %, u listnáčů je to 30–95 % (Bosshard, 1974).

U douglasky obecně průměrný podíl letního dřeva tvoří od 32, 2 ± 5, 8 % a blízko dřeni se tento podíl zvyšuje až do 50.3 ± 5.4 % (Giagli, 2019).

Průměrný podíl letního dřeva v modřínu je přibližně 35 % (při roční šířce letokruhu 2,5 mm), což je více než u smrku ztepilého (*Picea abies*) nebo borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (Bergstedt, 2007).

Dřevo smrku se obvykle skládá z letokruhů o šířce 1–4 mm a podílem letního dřeva v rozmezí 5–20 %. Gryc V. uvádí procentuální hodnotu u smrku pichlavého (*Picea pungens*) – 12,55 % (Gryc, 2009). U Požgaje V. je podíl letního dřeva 17,8 % pro smrk ztepilý (*Picea abies*) (Požgaj, 1997). Roček zjistil u smrku pichlavého (*Picea pungens*) hodnotu 31 % (Roček, 2005).

Dub jako listnatá dřevina má ze všech výše zmíněných druhů nejvyšší podíl letního dřeva. Procentuálně jeho průměrná hodnota činí 60 % (například u dubu letního – *Quercus robur*), u dubu zimního (*Quercus petraea*) od 48,5 % až do 70 %) (Heneca, 2005) (Knapic, 2007), (Büyüksarı, 2018).

## **1.4 Nátěrové systémy a jejich vliv na životnost dřeva v exteriéru**

### **1.4.1 Vznik a druhy defektů v nátěrech na dřevě v exteriéru**

Povrchová úprava dřeva pomocí nátěru pomáhá prodloužit životnost dřevěných výrobků, eliminuje nevýhody, zachovává a zlepšuje vlastnosti použitého dřeva. Ale účinnost této chemické ochrany dřeva je omezena časově kvůli biotickým a abiotickým vlivům. V exteriéru totiž na něj působí hlavně kombinace atmosférických, termických a chemických vlivů – **sluneční záření, proudění vzduchu, déšť, změny teploty, smog apod.** Tyto složky způsobují vznik různých defektů a ve výsledku dochází k poškození funkčnosti nátěru a degradaci dřeva. I když se stále hledají a testují nové látky, které mají za účel prodloužit dobu životnosti nátěrů, je to i dnes aktuální problém (Evans, 2015).

#### **1.4.1.1 Mechanismy degradace nátěrů**

Některé druhy dřevin udržují nátěry v exteriéru déle než jiné. I když jsou všechny desky ze stejného druhu dřeva, u některých nátěrů drží lépe než u ostatních. Když se nátěrová vrstva odloupne, odhalí se původní textura dřeva (Browne, 1947).

Příznaky degradace nátěrových hmot jsou známé: znehodnocení nátěru začíná od jeho povrchu a projevuje se zpravidla ztrátou lesku a sprašováním, které jsou projevem porušení kompaktnosti nátěru. V další fázi degradace nátěru dochází ke vzniku trhlinek a k odprýskávání nátěru od podkladu (Kučerová, 2005).

V důsledku nepříznivých vlivů venkovní expozice (biotičtí škůdci, vítr, vlhkost, deště, sněhy, mráz, slunce a objemové změny) hlavně transparentní nátěry praskají, odlupují se, kvůli tomu dochází k tmavnutí dřevěného podkladu a k dalším změnám (Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků, 1998).

Avšak nemůžeme říct, že existuje jediný mechanismus degradace nátěrových hmot, který je zodpovědný za rychlé znehodnocení nátěru a často i samotného dřeva – je to vždy unikátní kombinace faktorů (Evans, 2015).

Například pro lazury je důležitým faktorem „míra průhlednosti“ neboli „**transparentnost**“ nátěru. Transparentní nátěry jsou totiž mnohem náchylnější k delaminaci oproti pigmentovaným nátěrům kvůli citlivější reakci na sluneční světlo a UV-záření (Evans, 2015).

Mezi další důležité faktory patří **typ používaného pojiva a míra, v jaké je nátěr vystaven nežádoucím vlivům (UV – záření, krupobití, viditelné světlo, voda a mikroorganismy)** (Evans, 2015).

Nátěry, které obsahují pojiva a jsou náchylné k photodegradaci, mohou degradovat komplexně – znehodnocením samotného nátěru a dřevěného podkladu. Projeví se to změnou barvy (žloutnutím), ztrátou lesku a změnami fyzikálních a mechanických vlastností nátěrů (Evans, 2015). Dalšími příklady jsou transparentní nátěrové systémy, obsahující epoxidové, uretanové, polyamidové, alkydové nebo fenolové pryskyřice. Polyuretanové nátěry degradují působením dlouhovlnného UV-záření. Zmenší se jim tloušťka nátěrové vrstvy (Miniutti, 1967). Epoxidové nátěry mohou degradovat odlupováním (Ashton, 1967).

První známkou degradace u lazur mohou být světle zbarvené skvrnky nebo pruhy, které připomínají malé perforace nebo mikrotrhliny v povlaku. Když mikrotrhliny nejsou viditelné, tímto příznakem může být zesvětlení samotného nátěru (Browne, 1951).

Praskání je dalším příznakem znehodnocení a objevuje se obvykle v místech, kde je nátěr tenčí, nebo tam, kde dřevěný podklad obsahoval mikrotrhliny (Browne, 1951) (Miniutti, 1964).

**Ztráta pružnosti** je pravděpodobně dalším faktorem, který ovlivňuje sílu praskání nátěrového filmu. Praskliny způsobují průnik vlhkosti a následné napadení dřeva dřevozbarvujícími houbami. Skvrny se rozrůstají a povlak postupně odlupává kvůli špatné přilnavosti nátěrů k dřevěnému podkladu. Pokud je povlak křehký, může se spíše

probíhat delaminace, než odlupování (Evans, 2015). Výše popsaný mechanismus je docela běžný, avšak může probíhat i jinak: například velmi tvrdé a nepružné povlaky praskají značně rychleji a delaminace nátěrového filmu je výraznější (Vollmer, 2013).

#### **1.4.1.2 Druhy defektů nátěrových systémů**

Pro hodnocení degradace nátěrových systémů na dřevo v exteriéru se používá norma ČSN 4628 – „Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěru – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu“ (dle ČSN 4628).

Tato norma definuje systém pro klasifikaci množství a velikosti defektů a intenzity změn vzhledu nátěrů a uvádí obecné principy systému používaného v ISO 4628. Používání tohoto systému se uvažuje zejména při hodnocení defektů způsobených stárnutím a namáháním vlivem povětrnostních podmínek a při hodnocení jednotných změn, jako jsou změny barevného odstínu, např. žloutnutí.

Norma se skládá z 10 samostatných částí. 1. Část obsahuje obecný úvod a definuje systém pro klasifikaci množství a velikosti defektů a intenzity změn nátěrů. Tento systém je vhodný pro hodnocení defektů způsobených stárnutím a namáháním vlivem působení počasí. Ostatní části této normy poskytují číselné schéma a obrázkové standardy pro hodnocení určitých typů defektů. Ve výsledku dostáváme popis typu, množství a velikosti defektu, případně jejich intenzitu (dle ČSN 4628).

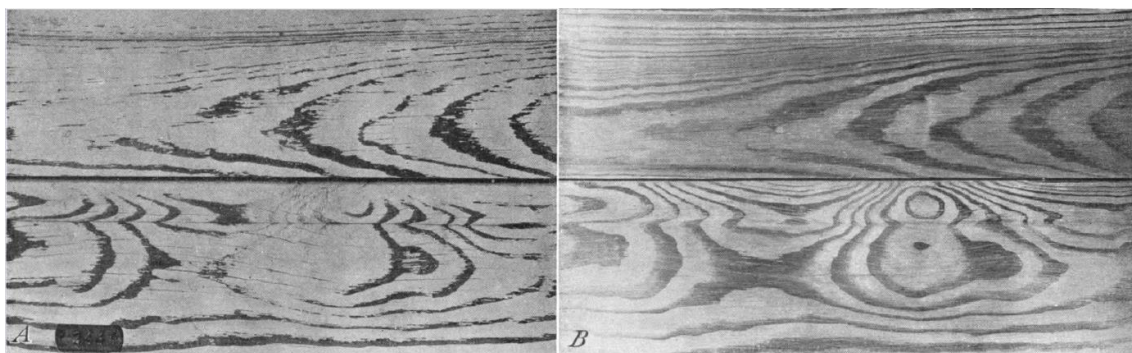
Podle této normy můžeme ohodnotit následující defekty:

1. Puchýřkování;
2. Prorezavění;
3. Praskání;
4. Odlupování;
5. Křídování;
6. Delaminace;
7. Nitková koroze.

### 1.4.1.3 Vliv plochy dřeva na životnost nátěrů

V této práci nás zajímá, zda a jakým způsobem může natíraná plocha ovlivňovat životnost nátěrových hmot.

Browne uvádí, že u jehličnanů životnost nátěru závisí na podílu a rozložení letního dřeva. Například nátěry na bázi olejů pronikají více do letního dřeva než do jarního. Olej ale je oddělený od samotného nátěru a v tomto případě nepomáhá udržet nátěr na místě. Nově nanesená barva pevně přilne k jarnímu a letnímu dřevu, ale během času se nátěr stává křehkým a odlupování probíhá hlavně u hladšího letního dřeva. Pokud jsou pásy letního dřeva dost úzké, nátěr může překlenout přes letní dřevo a neodpadne, ale když pásy budou široké, povlak se z nich pravděpodobně uvolní (Browne, 1947).



**Obrázek 2 Odlupování pigmentovaného nátěru u jehličnanu. Exteriérová expozice vzorků trvala 5 let (Browne, 1947)**

Na obrázku 2 „A“ je vidět, jak se nátěr nejprve odlupuje z letního dřeva. Na obrázku 2 „B“ jsou zobrazeny stejné vzorky po celkovém odstranění nátěru (které znázorňují tmavé pruhy letního dřeva z obrázku 2 „A“).

Způsob pořezu kulatiny ovlivňuje šířku pásů letního dřeva na plochách opracovaných nátěrem. Například desky, které při pořezu mají úhel sklonu ročních kruhů  $60^{\circ}$ – $90^{\circ}$ , jsou charakterizovány užšími pásy letního dřeva než desky s úhlem ročních kruhů do  $30^{\circ}$ – $45^{\circ}$ . Jsou vyřezané z kulatiny pod pravým úhlem k letokruhům a okraje letokruhů jsou na zkoumané ploše viditelné (Browne, 1947).

Orientace letokruhů na vystavené ploše má vliv na množství a hloubku trhlin v dřevěném podkladu, což může následně ovlivnit i životnost nátěru. Například u jehličnatých dřevin byl zaznamenán menší výskyt trhlin na radiálním řezu, jejichž letokruhy byly kolmé k exponovanému povrchu, ve srovnání s tangenciální plochou (Evans, 2008). Tangenciální řezivo má větší a hlubší trhliny než radiální. Trhliny



v tangenciální části se vyskytují často jak v jarním, tak i v letním dřevě. Na radiální ploše se trhliny objevují především podél hranic ročních kruhů, ale do určité míry i v jarním dřevě (Sandberg, 2006).

Co se týká životnosti nátěrů podle sklonu letokruhů, Arnold uvádí, že pro jehličnaté dřeviny (smrk, modřín) byl během přirozeného stárnutí vliv směru ročních kruhů na životnost nátěru téměř zanedbatelný, mezitím při umělém stárnutí byl tento vliv značně větší. Pro listnaté dřeviny nebyly důkazy vlivu sklonu ročních kruhů zjištěny (Arnold, 2015).

## **1.4.2 Povrchová úprava dřeva v exteriéru**

Povrchovou úpravou se rozumí polymerní matrice, přes niž se uskutečňují hlavní interakce mezi podkladem a ovzduším (Tesařová, 2012).

Povrchová úprava se uskutečňuje různými způsoby, ale v rámci této práce nás zajímá dokončování povrchu pomocí nátěrových hmot.

### **1.4.2.1 Definice nátěru a nátěrových hmot**

Nátěr je ucelený povlak na povrchu dřeva, který vznikl nanesením a zaschnutím jedné nebo více vrstev nátěrových látek (Kučerová, 2005).

Nátěrové hmoty je souhrnný název pro všechny hmoty, jejichž hlavní součástí jsou filmotvorné látky. Nanášejí se v tekutém, těstovitém nebo práškovém stavu na podklad, v našem případě na podklad na bázi dřeva (např. masivní dřevo, zadýhovaná DTD, MDF), aby na něm vytvořily nátěrový film, tím tedy povrchovou úpravu požadovaných vlastností (Tesařová, 2012).

Nátěrová hmota je soustavou několika složek, které osobitým způsobem ovlivňují vlastnosti a použití nátěrové látky. Nátěrové látky jsou tvořeny netěkavými složkami a těkavou složkou (rozpouštědly či ředidly). Soustavnými složkami jsou plniva, pojiva a aditiva (Kučerová, 2005). Různé kombinace složení nátěrů, ale nevyžadují mít všechny tyto složky (Nejad, 2017).

Nátěrové hmoty a systémy se používají na dřevěné části staveb za účelem zachování nebo zlepšení vlastností dřeva (např. na ochranu proti jeho znehodnocení biotickými škůdci, povětrnostní vlivy, UV-zářením apod.) (Ptáček, 2021).

### 1.4.2.2 Nátěry používané v exteriéru

Požadavky na povrchovou úpravu v exteriéru jsou mnohem náročnější než na nátěry v interiéru, protože se na degradaci dřeva podílí silnější vliv UV záření a IČ záření ze slunce, vyšší výkyvy teplot, výraznější vliv srážkové nebo zkondenzované vody, případně tvorby ledu při minusových teplotách (Pánek, 2015).

Pro nátěry vystavené povětrnostním vlivům se nejčastěji používají alkydové nátěrové hmoty, akrylátové disperze, kombinace alkyd–akryl a polyuretanové nátěrové hmoty (Ptáček, 2021).

Bezbarvé nátěry nejsou příliš vhodné pro použití v exteriéru. Aby byla zajištěna trvalá ochrana, vyžadují totiž časté opětovné nanášení (každý jeden až dva roky) (Nejad, 2017). Kvůli tomuto požadavku se stává dřevo vysoce náročnou surovinou ve srovnání s jinými stavebními materiály (Gibbons, 2020). Nicméně je velice populární, a když je budeme chtít využít pro venkovní prostor, je vhodné je napustit nejprve bezbarvým napouštědlem (např. s biocidními přísadami), které bude chránit dřevo před znehodnocení škůdci. Poté by bylo vhodné použít ve dvou tenkých vrstvách olejový nebo syntetický venkovní lak. Pro venkovní nátěry dřeva není vhodné používat tvrdé křehké laky (např. epoxidové) (Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků, 1998).

Pro exteriérové použití se ale více budou hodit lazurovací laky, které jsou schopné chránit dřevěný podklad do hloubky a na povrchu nevytváří film, protože právě u filmu často hrozí popraskání a odlupování. Avšak i pod lazurovací laky je vhodné použít napouštědla s biocidními látkami. Pokud budeme chtít dlouhodobější trvanlivost nátěru, můžeme aplikovat lazurovací lak ve třech vrstvách a vždy v některém barevném odstínu. Na tyto laky už dále neaplikujeme bezbarvý lak (Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků, 1998).

V rámci této práce nás budou zajímat 3 druhy nátěrů pro ošetření výrobků ze dřeva v exteriéru:

- 1. Olejové nátěry;**
- 2. Alkydové nátěry;**
- 3. Akrylátové nátěry.**

## **Olejové nátěry**

Olejové nátěry se skládají z přírodních olejů a různých druhů pryskyřic. Povrch zůstává dlouho měkký a je zbarven do žluta až žlutohněda podle materiálu. Zasychají velmi pomalu i 48 h a proschlé jsou v řádech dní (Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků, 1998).

Můžeme zde vyčlenit:

- **Fermeže**

Fermeže jsou filmtvorné látky, které jsou vyráběny zpracováním rostlinných olejů za současného přidávání vysychavých látek. Jsou vláčné, pružné, měkké a málo pevné. Navíc jsou bio-degradovatelné a málo chemicky odolné (Liptáková a Sedliačík, 1989) (Pánek, 2015).

- **Olejové laky**

Vyrábějí se s přídavkem různých přírodních nebo syntetických živíc. Přídavnými látkami mohou být kopály, kolofonie, jantar, syntetické živice (Pánek, 2015).

- **Olejové nátěry na bázi přírodních rostlinných olejů**

V současné době se z ekologických hledisek začaly opět prosazovat např. nátěry na bázi oleje sójového nebo slunečnicového. Je to kombinace s lihovými rozpouštědly, která umožňují hlubší průnik do dřeva. Vyrábějí se také s obsahem přírodních pigmentů, které nezatěžují přírodní prostředí, nebo UV absorbentů. Jsou rychleschnoucí a na dřevě vytváří tenký povlak. Nátěry tohoto druhu je potřeba pravidelně obnovovat v kratších intervalech, např. jednou ročně (Oberhofnerová, 2018).

## **Alkydové nátěry**

Alkydové nátěrové látky patří mezi syntetické živice. Jsou složeny z alkydů modifikovaných oleji, popřípadě živicemi. Vysychají procesem autooxidace za vzniku nátěrových filmů, jež jsou nerozpustné v původních rozpouštědlech. Vedlejšími filmtvornými látkami bývají přírodní a syntetické živice nebo monomerní a polymerizované oleje. Rozpouštědla jsou většinou nepolární, např. lakový benzín, xylen apod. Jsou rychleji vysychavé než olejovité nátěry, dobře se nanášejí stříkáním, ale i natíráním a máčením. Suché nátěrové filmy jsou tenké, dobře přilnavé, ohebné a tažné, poměrně tvrdé a tepelně odolné. Alkydové nátěrové hmoty mohou obsahovat

různé přídatné modifikující látky zlepšující jejich vlastnosti. Mohou to být pigmenty na zlepšení fotostability a ochrany vůči UV záření, fungicidy a insekticidy na zvýšení bioodolnosti a jiné. Pigmentované alkydové nátěry jsou vhodnější pro použití v exteriéru (Pánek, 2015).

### **Akrylátové nátěry**

Akrylátové nátěry jsou rychleschnoucí, pigmentované, se základní složkou polyakrylátů nebo akrylátové kopolymerní suspenze. Před zaschnutím jsou vodorozpustné a po zaschnutí voděodolné. Jejich vlastnosti se mění podle obsahu akrylátu, pigmentů a vodní složky. Pro exteriér jsou nejvýhodnější 100% akrylátové živice pro jejich elastické vlastnosti. Po přidavku aditiv případně biocidů jsou více odolné vůči UV záření, popřípadě bio-ataku (Pánek, 2015).

## **1.4.3 Prodloužení životnosti nátěrů jejich modifikací**

### **1.4.3.1 Životnost nátěrů**

Stejně jako u ostatních typů nátěrů je i pro nátěry na dřevo důležité zachování jejich vlastností a vzhledových charakteristik co nejdéle. Jinými slovy jde o životnost – schopnost nátěru chránit dřevo před nepříznivými vlivy a zachovávat jeho estetický vzhled (Bulian, 2009).

Životnost nátěru je jejich schopnost odolávat nepříznivým vlivům prostředí (ČSN 4628).

Životností se také rozumí očekávaná doba, než bude potřebná obnova nebo údržba nátěru (Čím ošetřit dřevo v exteriéru, 2020).

Mezi faktory, které ovlivňují trvanlivost nátěru, se zahrnují:

- Chemické složení nátěrové látky;
- Způsob nanášení látky na povrch;
- Počet vrstev;
- Úhel vystavení nepříznivým podmínkám (slunce, déšť apod.);
- Místní klimatické a povětrnostní podmínky (Browne, 1947).

Mezi těmito faktory je třeba zdůraznit UV záření a vlhkost, protože ty mají největší vliv na míru degradace nátěrů (Nejad, 2017).

Dřevo ale jako přírodní materiál ovlivňuje svými vlastnostmi také životnost nátěru. Jsou to:

- Hustota;
- Textura;
- Pryskyřice;
- Vlhkost;
- Vady (Browne, 1947).

#### 1.4.3.2 Požadované vlastnosti pro nátěry v exteriéru

Podle Bulian, F. a Graystone, J. A. vlastnostmi, které musí obsahovat dobrý nátěr, jsou: **odolnost vůči UV záření, pružnost a dobrá adheze (přilnavost)**. V neposlední řadě musí být kladen důraz i na **využívané pojivo a celkové složení nátěru**. Avšak autoři tvrdí, že i přesto není možné jasně říct, zda konkrétní nátěrový systém bude mít dlouhou životnost (Bulian, 2009).

Mezi požadované vlastnosti exteriérových nátěrů (na dřevěné okna) lze zařadit **dlouhodobou pružnost a houževnatost, polopropustnost, odolnost vůči UV záření a dřevokazným činitelům a barevnou rovnoměrnost** (Pánek, 2015).

Vysoce účinné nátěrové hmoty by měly být schopny **jednak zajistit vynikající hydrofobní schopnosti, jednak mít dobrou propustnost vodní páry**, aby vlhkost mohla unikat z povrchu dřeva (Gibbons, 2020).

#### 1.4.3.3 Modifikované vlastnosti nátěrů

Evans et al. uvádí, že jedním ze základních požadavků na ošetření dřeva v exteriéru je údržba jeho atraktivního přírodního vzhledu dřeva současně s dlouhodobou ochranou. Aby bylo možné uspokojit požadavky spotřebitelů již od 50. let 20. století, snaží se najít účinné průhledné nátěrové systémy, ale doposud neexistuje nátěr, který by v plné míře odpovídal těmto požadavkům. Zkoušky různých nátěrových systémů probíhaly ve Spojených státech, Evropě a Kanadě, ale výsledky nebyly optimistické (Evans, 2015).

V poslední době se hodně věnuje modifikaci nátěrových látek a vlastnostem povlaku za účelem zvýšit jejich kvalitu provedení a životnost (Evans, 2015).

## **Pružnost**

Pružností se rozumí schopnost nátěru odolávat mechanickému poškození bez praskání, ztráty přilnavosti nebo jiného selhání v důsledku rozměrových změn dřeva, negativních vnějších vlivů apod. (Flexibility. Coating solutions, 2021).

Jedním z hlavních příznaků chybějící pružnosti je praskání. Je to důkaz, že povlak už není schopný se přizpůsobovat změnám napětí dřevěného podkladu. Toto napětí není totiž rozloženo rovnoměrně a je soustředěno v oblastech, kde je povlak tenčí (například nad pryskyřičnými kanálky). Pokud nátěru chybí pružnost, ale přilnavost je stále dobrá, vytvoří se prasklina. Jako indikátor pružnosti nátěru může sloužit teplota skelného přechodu  $T_g$ . Je známo, že nátěry s vysokou hodnotou  $T_g$  budou křehké a náchylnější k praskání, proto by exteriérové nátěry ideálně měly mít relativně nízké hodnoty  $T_g$ . (Schmid, 1988) (Podgorski, 1996).

Ashton testoval pružnost různých nátěrů a připustil, že pružnost jako taková není tak důležitá pro životnost v exteriéru jako například proces přijímání a odevzdávání vody a transparentnost (Ashton, 1979).

## **Tloušťka a jednotnost**

Nátěr je překážka mezi okolím a materiálem, který natíráme, a proto je jeho tloušťka nerozlučně spjata s jeho účinností. Tloušťka vrstvy závisí na zvoleném nátěru. Nátěr nesmí být ani příliš silný, ani příliš tenký. Naneseme-li nátěr v příliš silné vrstvě, může se začít sloupávat. Příliš tenké nánosy nátěru však rychle degradují, neposkytují dřevu dostatečnou ochranu a dřevo se proto rychleji kazí (Jak začít s natíráním, 2021).

Black a Mráz nezjistili významnější vliv tloušťky silikonového nátěru v rozmezí 51–152  $\mu\text{m}$  na trvanlivost dřeva v exteriéru u borovici ponderosa a u západního červeného cedru (Black, 1974). Browne zaznamenal nutnost nanášení minimálně 3 vrstev nátěrů na nově ošetřované dřevo a 1 vrstvu v případě jeho obnovení (Browne, 1951). Pozitivní účinek 2 vrstev oproti 1 vrstvě u polyuretanového nátěru byl nalezen pro překližky z douglasky, ačkoli žádný účinek u tohoto nátěru nebyl nalezen pro západní červený cedr (Williams, 1974).

Další důležitou věcí je potřeba rovnoměrného pokrytí nátěrů na povrch dřeva. Transparentní nátěry totiž mohou být velmi tenké nad póry kruhovitě pórovitých listnatých dřevin. V těchto oblastech povlak rychleji praská, odlupuje se a vytvářejí se na něm puchýřky (Van Loon, 1966).

Cassens a Feist však varují, že bez ohledu na počet nanášených vrstev ztratí ve většině případů transparentní nátěry svou životnost do 2 let (Cassens, 1986).

### **Složení a typ pojiva**

Typ pojiva používaného pro transparentní nátěr má značný vliv na jeho trvanlivost v exteriéru. Složení těchto nátěrů je obvykle různé a je to tak kvůli snaze najít optimální flexibilitu (Evans, 2015).

Například Ashton a kol. zjistili, že fenolické nátěry s tungovým olejem jsou obecně odolnější než lněné olejové nátěry, oba byly méně náchylné degradaci než dehydratované ricinové a sójové oleje (Ashton, 1980) (Harris, 1964).

#### **1.4.3.4 Optimalizace transparentních nátěrů přísadami**

Pro zvýšení kvality transparentních nátěrů v exteriéru se do něj často přidávají pomocné látky: UV-absorbéry, UV-stabilizátory aminu (neboli stabilizované světelné stabilizátory aminu) a transparentní anorganické částice.

### **UV-absorbéry**

UV-absorbéry zmírňují škodlivé účinky slunce a mohou poskytovat ochranu dvěma způsoby: pevné látky, jako jsou saze, oxid titaničitý  $TiO_2$  a oxid zinečnatý  $ZnO$ , snižují UV záření tím, že ho absorbují (v případě sazí), nebo je odrážejí (v případě  $TiO_2$  a  $ZnO$ , které jsou čistě bílé barvy). Organické chemikálie mohou poskytovat ochranu proti UV-záření tím, že chemicky absorbují UV záření a vytvářejí teplo. Tyto materiály neovlivňují transparentnost materiálů (Co je UV absorbér?, 2021).

UV-absorbéry byly komerčně zveřejněny ve 40. letech 20. století. Od té doby jejich přidávání do transparentních nátěrů bylo hodně populární mezi vědci. Používaly se hlavně 2 typy UV-absorbérů – benzophenone a benzotriazole. Výsledky ale byly hodně různorodé. Hlavním problémem byl nedostatek informací ohledně používaných typů a jejich koncentrací, nutných pro zvýšení efektivity transparentních nátěrů v exteriéru (Evans, 2015).

V novějších výzkumech se používaly různé UV-absorbéry typu benzotriazole. Byla prokázána jeho efektivita proti zabarvení jak nátěrů, tak i dřevěného podkladu u modifikovaných akrylových, polyuretanových a polyesterových transparentních nátěrů. Dalším pozitivním účinkem je potlačení praskání nátěru jedle obrovské (*abies grandis*) a duba letního (*quercus robur*) (Chang, 2000) (Chou S. T., 2008) (Evans, 2015).

UV-absorbéry se obvykle přidávají v množství 1 % až 5 % ke stabilizaci transparentních nátěrů v exteriéru. Lze použít i menší množství, pokud jsou kombinované se stabilizovanými světelnými stabilizátory aminu (HALS). Ale v některých případech zvýšení „normální“ koncentrace může mít také pozitivní účinek na životnost nátěrů (Evans, 2015).

Většina studií ukazuje, že UV-absorbéry mají pozitivní vliv na životnost transparentních nátěrů, ale kromě slunečního záření může degradovat vlivem vody, plísní apod. (Evans, 2015).

### **Stabilizované světelné stabilizátory aminu**

Stabilizované světelné stabilizátory aminu (HALS) – jsou chemické sloučeniny, které se používají k ochraně polymerů proti účinkům fotooxidace. HALS neabsorbují UV záření, ale inhibují degradaci polymeru kontinuálním a cyklickým odstraňováním volných radikálů, které jsou produkovány fotooxidací polymeru (Stabilizované světelné stabilizátory aminu, 2021).

HALS byly testovány samotně jako přídavek do transparentních nátěrů, ale nebyly tak účinné jako v kombinaci s UV-absorbéry. Například synergický efekt byl zaznamenán při současném použití UV-absorbérů a HALS, jejichž mix značně zpomaluje zabarvení u polymerních a akrylových nátěrů (Pereira, 2006) (Forsthuber B., 2010).

### **Anorganické fotostabilizátory**

Anorganické částice se obecně používají jako pigmenty pro transparentní nátěry. Jejich transparentnost se ale může zvýšit díky zmenšování rozměrů samotných částic, což vedlo k růstu zájmu o používání nanočástic oxidu kovu jako fotoprotekci pro transparentní nátěry. Například Nikolic a kol. došli k závěru, že anorganické nanočástice mohou být efektivní jako UV-absorbéry v závislosti na typu, rozměru a dispersi nanočástic (Nikolic, 2015). Nanočástice mohou mít také pozitivní vliv na schopnost povlaků omezovat absorpci vlhkosti dřevem. Oba tyto efekty prodlužují



životnost nátěrů. Allen a kol. zjistili, že rutil modifikace nanočástic oxidu titaničitého  $TiO_2$  byla účinným stabilizátorem transparentních nátěrů pro borovici a jeho efektivita byla trochu větší než u organických UV-absorbérů a HALS. Navíc k tomu nanočástice o rozměru 70 nm byly efektivnější než rozměr 90 nm (Aloui, 2007).

Bylo také zjištěno, že účinnost takto modifikovaných nátěrů se zvyšuje z pohledu zabránění zbarvení, pokud bylo dřevo předem ošetřeno organickým stabilizátorem ligninu (Weichelt, 2010).

Nejlepší fotoprotekce byla obdržena při dodání nanočástic oxidu zinečnatého  $ZnO$  a kombinací organických a neorganických UV-absorbérů ukázala synergický efekt na zachování lesku nátěru (Auclair, 2011).

Podle Schallera a kol. je nejlepším anorganickým fotostabilizátorem proti degradaci u transparentních nátěrů oxid titaničitý  $TiO_2$ , který prokázal nejlepší výsledek vůči oxidu zinečnatému a oxidu ceričitému  $CeO_2$  (Schaller, 2012).

Stojí však za poznámku, že nanočástice mohou mít i negativní účinky jako pokles průhlednosti nátěrů nebo snížení jeho flexibility (Evans, 2015).

## 2. Praktická část

### 2.1 Metodika

Pro praktickou část této bakalářské práce byly použity dřevěné vzorky z jiných experimentálních zkoušek. Samotná metodika se skládala z následujících kroků:

1. Rozdělení vzorků dle typu dřeviny;
2. Předvolba vhodných vzorků pro budoucí vyhodnocení (definování tangenciálního a radiálního směru letokruhů u zkušebních vzorků pouhým okem);
3. Výběr dvojic vzorků dle číselného kódu tak, aby se dva vzorky mezi sebou lišily úhlem sklonu letokruhů;
4. Měření sklonu úhlů letokruhů u každého vzorku pomocí programu IC Measure;
5. Hodnocení degradace nátěrů na vybraných vzorcích a konkrétně:
  - měření stupně odlupování;
  - měření stupně praskání;
  - celkové vizuální hodnocení degradace na upraveném povrchu.
6. Rozdělení vzorků jednotlivých dřevin na podskupiny dle intervalu naměřených úhlů;
7. Analýza obdržení dat a představení výsledků.

#### 2.1.1 Materiál

##### 2.1.1.1 Druhy dřevin

V rámci této práci byly vybrány jehličnaté a listnaté dřeviny.

Jehličnany:

- a) Smrk ztepilý (*Picea abies*);
- b) Modřín evropský (*Larix decidua*);
- c) Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*);

Listnáče:

- d) Dub letní (*Quercus robur*).

### 2.1.1.2 Velikost vzorků

Veškeré hodnocené vzorky měly velikost 150 mm × 40 mm × 20 mm. Plocha vystavená umělému stárnutí pro všechny vzorky představovala 100 mm × 30 mm.

### 2.1.1.3 Počet vzorků

Celkem bylo vybráno 292 vzorků, a to pro smrk – 82 ks, dub – 76 ks, douglasku – 40 ks a modřín – 94 ks.

### 2.1.1.4 Podmínky expozice

Použité vzorky podlely procesu umělého stárnutí. Zkouška byla provedena v UV-komoře QUV (Q-Lab, Clevelande, á USA) na základě upravené normy EN 927-6 (viz tab. 3).

Během týdenního cyklu ozařování a postřiku byly vzorky také přeneseny do stabilizační komory Discovery My DM340 (ACS, Massa Martana, Itálie) a vystaveny tříhodinovým cyklům teplotních změn od 25 °C do 80 °C (s 25% relativní vlhkostí vzduchu). Tyto cykly trvaly celkem 6 hodin. Střídání UV- záření, postřiku a nízkých teplotních cyklů vede k přesnější imitaci vnějších podmínek v Evropě a ke zrychlení procesu umělého stárnutí. Celková doba zkoušky činila 1008 h (6 týdnů) pro cykly se střídáním UV záření a 36 h pro teplotní cykly (Pánek, 2017).

**Tabulka 3 Jeden cyklus v UV-komoře podle modifikované normy EN 927-6**

Stárnutí v UV komoře se rovná 1 týdnu (168 h)		Funkce	
1. krok	24 h	Teplota 45±3 °C, postřik (ne), UV (ne)	
2. krok	A	2,5 h	Teplota 65 ±3 °C postřik (ne), UV záření 1.10W_m-2, 340 nm.
	B	0,5 h	Teplota 20 ± 1 °C postřik (ano), UV (ne)
	A + B	3 h	Sub-cyklus (A+B): 48 sub-cyklu × 3h cykl – celkem 144 h

### 2.1.1.5 Povrchová úprava

Vzorky byly povrchově ošetřeny transparentními nátěrovými systémy s různým vrstvením. Použité nátěrové systémy:

1. Olejový nátěr;
2. Alkydová lazura;
3. Akrylátová lazura.

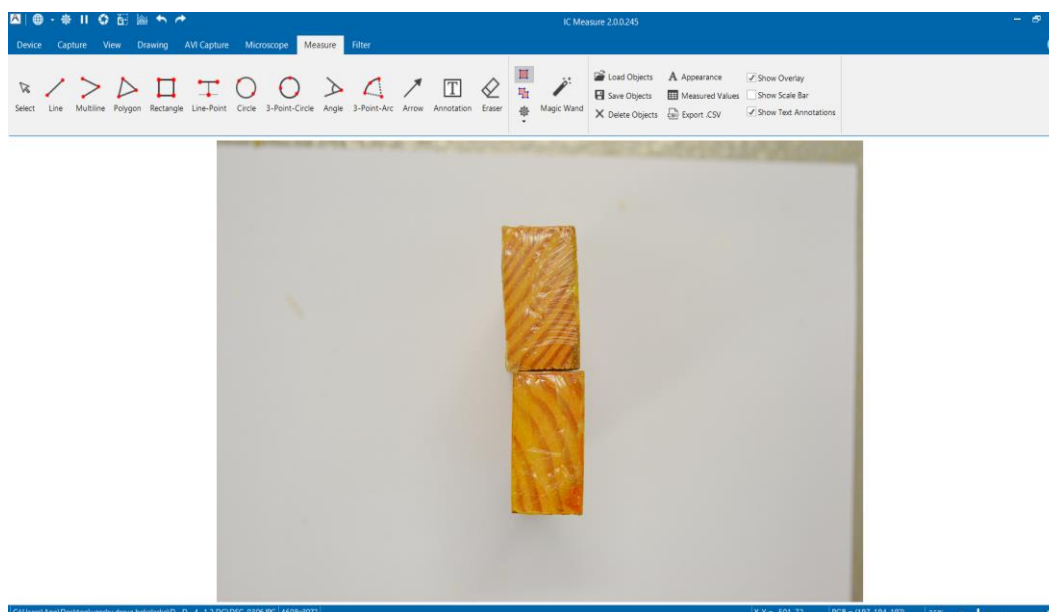
### 2.1.2 Zkušební metody

V předkládané bakalářské práci bylo provedeno měření úhlů letokruhů a vizuální hodnocení stupňů praskání, odlupování a celkové degradaci nátěru u zkušebních vzorků.

#### 2.1.2.1 Měření sklonu úhlů letokruhů

##### 2.1.2.1.1 Použitý software

Pro přesnější měření úhlů byl použit nástroj IC Measure. Je to bezplatný program, který umožňuje kalibraci a měření přímo na obrazovce. Obsahuje nástroje pro ruční měření délek, úhlů, kruhů a mnohoúhelníků, optickou korekci používaných obrázků apod. © VIEWRUN.



**Obrázek 3** Uživatelské rozhraní programu IC – Measure firmy Viewrun; karta „Measures“ obsahuje různé nástroje pro měření nahraných obrázků. Námí byl použit nástroj „Angle“ (samostatné zpracování, 2021)

### 2.1.2.1.2 Seskupení zkušebního materiálu podle naměřených úhlů

V rámci naší metodiky byly experimentální vzorky rozděleny na skupiny podle sklonu úhlů ročních kruhů. Tabulka 4 znázorňuje jednotlivé skupiny.

Tabulka 4 Seskupení vzorků podle úhlů ročních kruhů (samostatné zpracování, 2021)

Seskupení vzorků podle úhlů ročních kruhů						
10°–20°	21°–30°	31°–40 °	41°–50°	51°–70 °	71°–90°	91°–120 °

### 2.1.2.1.3 Postup

Každá dvojice vzorků byla vyfocena kamerou NIKON D3100 ze tří pohledů:

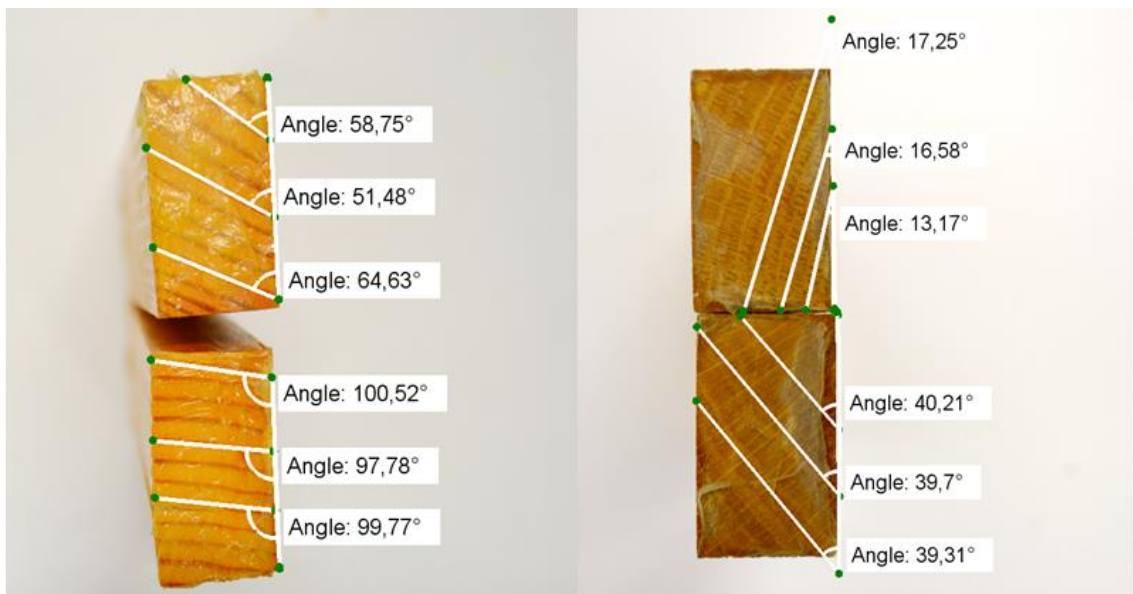
1. Přední plocha s ID vzorkem;
2. Čelní plocha v místě řezu se sklony úhlů letokruhů;
3. Zadní plocha, která byla vystavena zkouškám umělého stárnutí.

Poté byly fotografie zkopírovány na počítač a rozříděny do příslušných složek dle ID vzorků.

Na čelní ploše každého vzorku byly změřeny 3 úhly, a to tak, aby se každý úhel ideálně nacházel ve vrchní, střední a dolní části příčného řezu vzorku. Vstupní a výstupní body pro měření probíhaly středem letokruhu, vrchol byl vztažen ke zdegradované ploše (viz obr. 4).

Ve zvláštních případech, když nebylo možné změřit 3 úhly (například při sklonu úhlu 0° až 10° správně zachytit vstupní a výstupní bod letokruhu neumožňovaly hranice fotografie), byly změřeny 2 úhly. Tato skutečnost moc neovlivňovala výsledky, protože odchylka většinou nepřevyšovala 10°.

Dál pro každý vzorek byly vypočteny průměrné úhly sklonu letokruhů a toto číslo bylo použito při dalším zpracování dat.



**Obrázek 4** Příklad měření úhlů ročních kruhů pro DG a DB v programu uhlů úhlů „IC Measure“  
(samostatné zpracování, 2021)

### 2.1.2.2 Hodnocení degradace nátěrů

Vizuální hodnocení vzorků bylo provedeno na základě normy ČSN EN ISO 4628 a konkrétně části 1, 4, 5 (2004).

#### 2.1.2.2.1 Hodnocení praskání

Praskání se hodnotí na základě normy ČSN 4628-4 Hodnocení stupně praskání.

Stupeň praskání – číselné ohodnocení charakterizující praskliny v nátěru, pokud jde o jejich množství, velikost a hloubku.

Množství prasklin se hodnotí podle údajů uvedených v tabulce 5 (viz dole) a pomocí obrázkových standardů (pro praskliny v určitém směru a pro různé směry) přiřazením stupně výskytu defektů 1–5).

**Tabulka 5 Klasifikace množství prasklin dle ČSN 4628-4**

<b>Stupeň</b>	<b>Množství prasklin</b>
0	Žádné; tj. žádné zjistitelné praskliny
1	Velmi málo; tj. malý, téměř nevýznamný počet prasklin
2	Málo; tj. malý, ale důležitý počet prasklin
3	Mírný počet prasklin
4	Značný počet prasklin
5	Povrch hustě pokrytý prasklinami

**Tabulka 6 Klasifikace velikosti prasklin dle ČSN 4628-4**

<b>Stupeň</b>	<b>Velikost prasklin</b>
0	Neviditelné bez 10× zvětšení
1	Viditelné pouze při zvětšení na 10×
2	Viditelné volným okem nebo s korekcí zrakových vad
3	Zřetelně viditelné volným okem nebo s korekcí zrakových vad (do 0.5 mm)
4	Dlouhé praskliny, obecně do šířky 1 mm
5	Velmi dlouhé praskliny obecně širší než 1 mm

Pokud se na zkoušené ploše vyskytují praskliny různých velikostí, zahrnuje se do hodnocení jejich velikosti největší praskliny, kterých je tak velký počet, aby byly typické pro zkoušenou plochu.

Rozlišují se také 3 typy porušení nátěru praskáním:

- a) povrchové praskliny, které neproniknou zcela vrchní vrstvou nátěru (tj. vlasové trhliny);
- b) praskliny, které proniknou vrchní vrstvou nátěru, ale výrazně nezasáhnou do spodních vrstev;
- c) praskliny, které proniknou celým nátěrovým systémem.

### 2.1.2.2.2 Hodnocení odlupování

Odlupování se hodnotí na základě normy ČSN 4628-5 „Hodnocení stupně odlupování“.

Odlupování je roztržení starého nátěru minimálně v jedné vrstvě zpravidla souběžnými, nejprve vlasovými trhlinami. Později dochází k šupinovému odlupování (Poruchy nátěrů a jejich odstraňování, 2021).

Stupeň odlupování – číselné ohodnocení charakterizující plochy nátěrů s výskytem odlupování, pokud jde o jejich množství, velikosti a hloubku.

Rozsah odlupování se hodnotí podle údajů v tabulce 7 a pomocí obrázkových standardů, přiložených k normě.

Zkušební vzorky používané pro tuto práci měly nejvyšší stupeň odlupování podle klasifikace CSN-4628-5 a pro naše účely tato klasifikace nebyla dostačující. V souvislosti s touto skutečností jsme rozšířili klasifikaci, kde plocha vykazující odlupování byla vyjádřena rozsahem procentuální míry odlupování (viz tabulka 8). V příloze (příloha 1) je vizuální zobrazení této klasifikace.

**Tabulka 7 Klasifikace plochy, vykazující odlupování dle ČSN 4628-4**

Stupeň	Plocha vykazující odlupování
0	0 %
1	0.1 %
2	0.3 %
3	1 %
4	3 %
5	15 %

**Tabulka 8 Klasifikace plochy, vykazující odlupování (samostatné zpracování)**

Stupeň	Plocha vykazující odlupování
5	do 35 %
6	do 50 %
7	do 75 %
8	do 90 %
9	do 100 %

Dále se hodnotila i velikost ploch vykazujících odlupování (největší rozměr).



**Tabulka 9 velikost ploch vykazujících odlupování dle ČSN 4628-4**

<b>Stupeň</b>	<b>Velikost ploch vykazujících odlupování</b>
0	Neviditelné bez 10 × zvětšení
1	Do 1 mm
2	Do 3 mm
3	Do 10 mm
4	Do 30 mm
5	Větší než 30 mm

Jestliže se na zkoušené ploše vyskytují plochy různých velikostí vykazující odlupování, zahrnují se do hodnocení jejich velikosti ty největší plochy, kterých je tak velký počet, aby byl typický pro zkoušenou plochu.

#### **2.1.2.2.3 Celkové vizuální hodnocení degradace povrchově upravených ploch**

Dalším bodem praktické části této práce bylo celkové vizuální hodnocení degradace zkoumaných vzorků dřeva. Hodnocení bylo provedeno dvěma způsoby:

1. Způsob: vzorky každého druhu dřeva byly rozděleny na dvojice, kde pro jeden vzorek převládal radiální sklon letokruhů a pro druhý – tangenciální. Každá dvojice se hodnotila vizuálně z pohledu celkově poškozené plochy. Ve výsledku byl zaznamenán ten vzorek, který byl poškozený více, a jeho směr letokruhů (tangenciální nebo radiální).
2. Způsob: ze všech dvojic byly vybrány ty, kde jeden vzorek měl sklon úhlů letokruhů v rozmezí od 0° do 45° a byl definovaný jako „tangenciální“, druhý měl sklon od „46° do 90°“ a byl definovaný jako „radiální“. Další postup hodnocení je shodný s 1. způsobem.

#### **2.1.2.3 Analýza dat**

Veškerá získaná data byla zaznamenána do tabulky MS Excel 2019 (©microsoft corporation). Ve stejném programu probíhala analýza a vyhodnocení dat, výpočet průměrných hodnot a vytváření grafů.

### 3. Výsledky

V rámci této práce bylo celkem vyhodnoceno 292 vzorků. Jejich rozdělení dle konkrétního typu dřeviny a úhlu sklonu ročních kruhů je znázorněno v tab. 10.

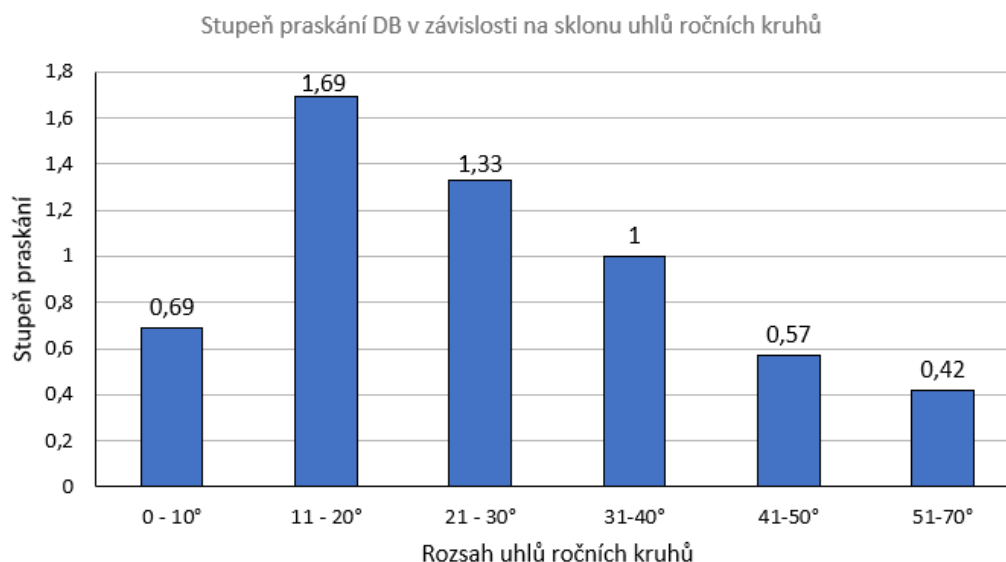
**Tabulka 10 Rozdělení vzorků dle konkrétního typu dřeviny a úhlu sklonu ročních kruhů  
(samostatné zpracování, 2021)**

Rozsah	Počet vzorků			
	DB	SM	MD	DG
0–10°	23	7	41	0
11–20°	13	34	27	0
21–30°	15	17	16	6
31–40°	9	9	3	12
41–50°	7	8	4	8
51–70°	7	6	3	10
71°–90°	0	1	0	0
91–120°	0	0	0	4
Celkem	74	80	94	40

#### 3.1 Dub letní (*Quercus robur*)

##### 3.1.1 Hodnocení praskání

Získané výsledky ukazují závislost míry praskání po směru ročních kruhů. Z grafu je vidět skoro dvakrát vyšší stupeň praskání dubu na tangenciální ploše (příčměž v rozsahu 11° až 20°) a jeho postupné klesání s růstem sklonu letokruhů.



**Graf 1 Stupeň praskání DB v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů**

Stojí za poznámku, že u 41 vzorků nebylo možné ohodnotit velikost a množství prasklin kvůli skoro celé zdegradované ploše a nejvyššímu stupni odlupování (skoro 100 % plochy). U ohodnocených vzorků byla velikost prasklin viditelná pouhým okem a nepřekročila délku 0,5 mm.

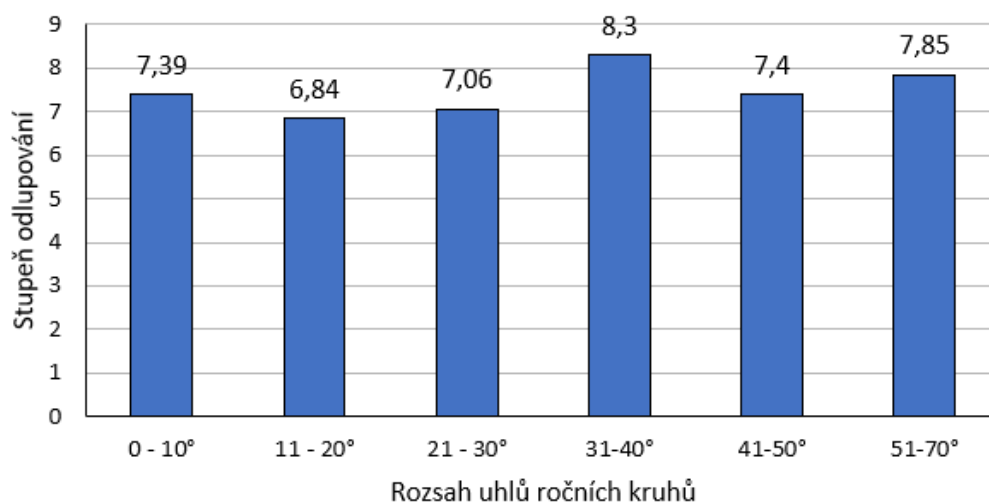
### **3.1.2 Hodnocení odlupování**

Graf 2 znázorňuje vysoký celkový podíl odlupování pro dub a jde většinou o 50 % až 90 % odlupované plochy. Závislost odlupování na směru ročních kruhů je téměř zanedbatelná.

Nejvyšší stupeň odlupování (od 90 % do 100 %) je v rozsahu 31° až 40°, ale tento rozdíl není tak velký v porovnání s jinými hodnotami. Z obdržených údajů nemůžeme jasně říct, jestli existuje závislost mezi směrem úhlu ročních kruhů a stupni odlupování.

Co se týká velikosti ploch vykazujících odlupování, většina vzorků měla nejvyšší – 5. stupeň (odlupovací plocha > 30 mm). Přes 80 % vzorků, u nichž bylo možné ohodnotit hloubku odlupování, bylo typu „b“, což znamená odlupování celého nátěrového systému od podkladu.

Stupeň odlupování DB v závislosti na sklonu uhlů ročních kruhů

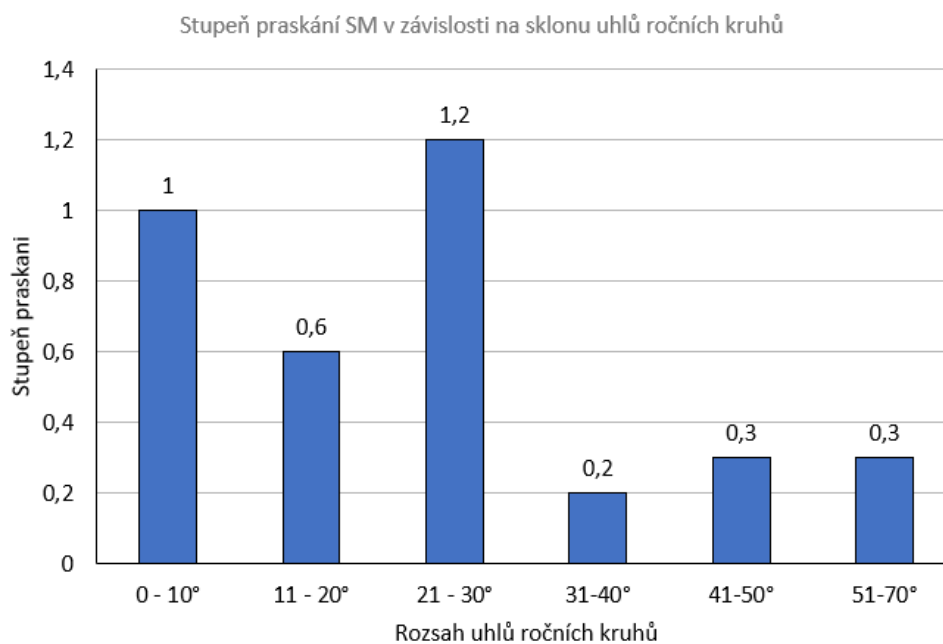


Graf 2 Stupeň odlupování DB v závislosti na sklonu uhlů ročních kruhů

## 3.2 Smrk ztepilý (*Picea abies*)

### 3.2.1 Hodnocení praskání

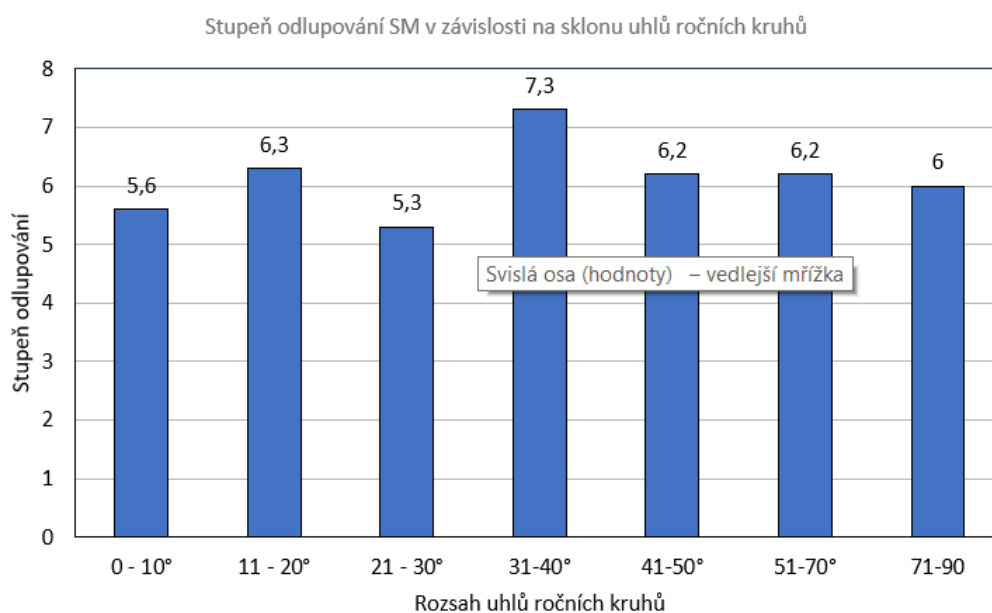
Následující graf znázorňuje rozdíl v stupni praskání mezi tangenciální a radiální plochou u smrku. Pro tangenciální plochy v rozmezí 0° až 30° je praskání vyšší než pro radiální plochy s úhly od 41° do 70°. Nejvyšší stupeň praskání (1,2) se nachází v rozmezí 21° až 30°. Radiální plochy (41° až 70°) ukazují značně nižší hodnoty (0,3). Je třeba zmínit, že v rámci tohoto grafu stále hovoříme o celkově nízkých hodnotách: Stupně 1. a 2. jsou definovány jako „malý počet prasklin“.



Graf 3 Stupeň praskání SM v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

### 3.2.2 Hodnocení odlupování

Odlupování u dřeva smrku se pohybuje mezi 5. a 7. stupněm, což odpovídá 35 % až 75 % zdegradované plochy. Nejvyšší bod pro odlupování činí 7,3 stupňů a nachází se v rozmezí 31°–40°. Jinak korelace mezi mírou odlupování a směrem úhlů ročních kruhů není viditelná.

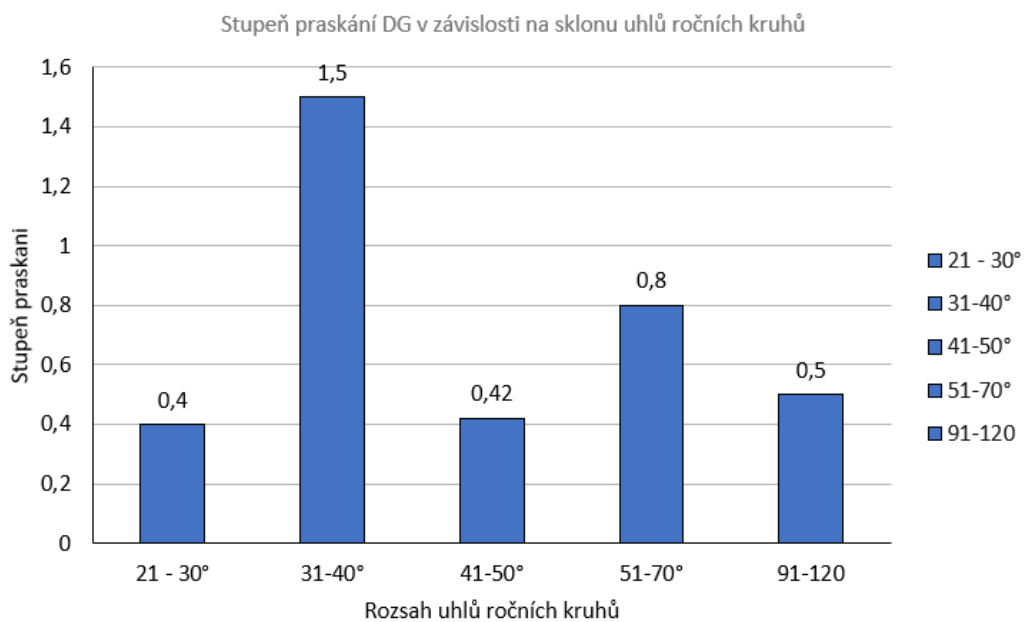


Graf 4 Stupeň odlupování SM v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

### 3.3 Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii*)

#### 3.3.1 Hodnocení praskání

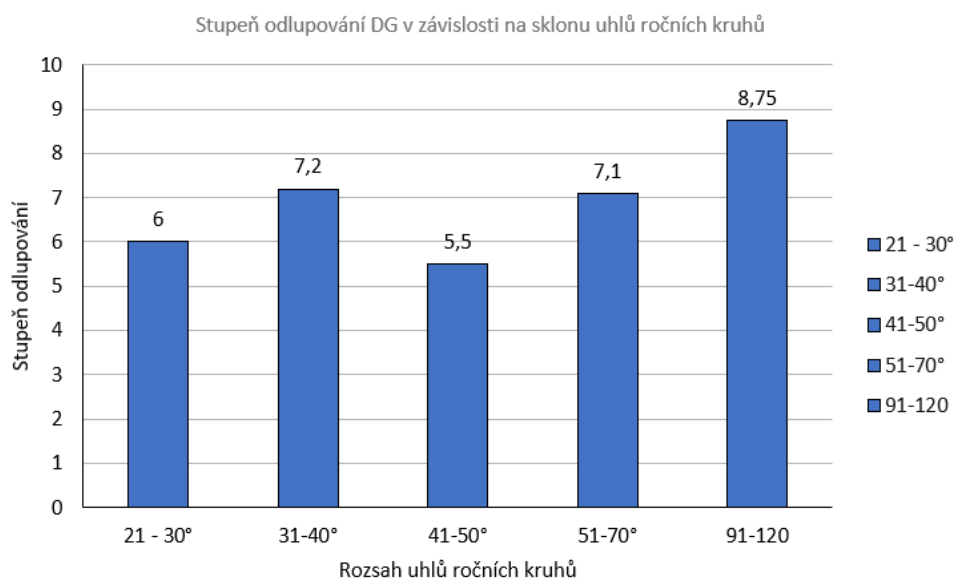
Vysoký podíl prasklin u douglasky je patrný pro tangenciální plochu se sklony úhlů 31° až 40° a tato hodnota je minimálně dvakrát vyšší ve srovnání s jinými podskupinami. Co se týká velikosti prasklin u naměřených vzorků, zde převládaly volným okem zřetelně viditelné praskliny od 0,5 do 1 mm.



Graf 5 Stupeň praskání DG v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

#### 3.3.2 Hodnocení odlupování

Stupeň odlupování douglasky kolísá mezi 6. a 9. stupněm, což procentuálně odpovídá 50 % až 100 % poškozené plochy. Nejvyšší – 9. stupeň odlupování mají vzorky s úhlem 91° až 120° stupňů. Nejnižší hodnoty u douglasky jsou v rozsahu 41° až 50°.

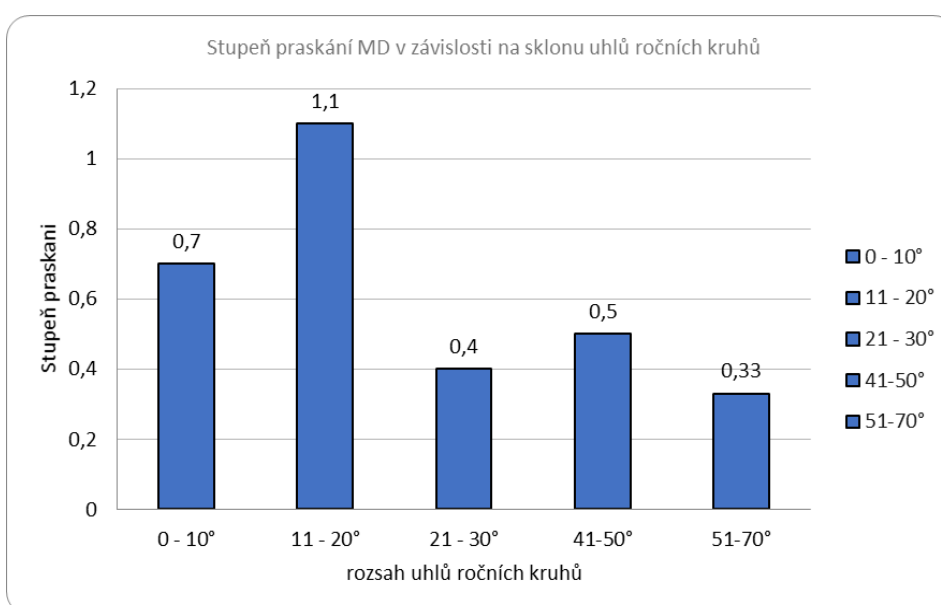


**Graf 6** Stupeň odlupování DG v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

### 3.4 Modřín evropský (*Larix decidua*)

#### 3.4.1 Hodnocení praskání

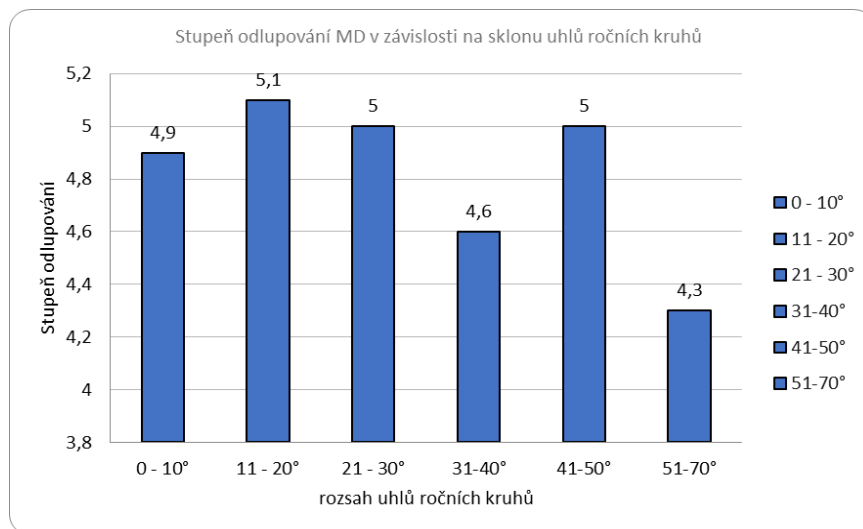
Podle následujícího grafu je patrné, že dřevo modřínu nejvíc praskalo v rozmezí úhlů 11° až 20° s odpovídající hodnotou skoro 1,1 stupně a toto číslo je skoro dvakrát větší než u jiných podskupin. Značně menší jsou tyto hodnoty ve skupinách s úhly 21° až 30° a 51° až 80°. Co se týká velikosti prasklin, většinou to byly dlouhé praskliny do šířky 1 mm a zřetelně viditelné pouhým okem.



**Graf 7** Stupeň praskání MD v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

### 3.4.2 Hodnocení odlupování

Míra odlupování u dřeva modřínu nepřesahuje 50 % celkové vystavěné plochy. Nejvyšší hodnota zde je 5,1, ale u ostatních skupin tento rozdíl není tak značný – je to v rozmezí 1 stupně. Závislost na sklonu úhlu ročních kruhů zde není patrná. Skoro všechny vzorky modřínu měly typ hloubky odlupování „b“ – odlupování celého nátěrového systému od podkladu. Několik dvojic vzorků ale mělo hloubku odlupování typu „a“ – kde se nátěr neodlupoval celkem od dřevěného podkladu, ale od mezivrstvy.



Graf 8 Stupeň odlupování MD v závislosti na sklonu úhlů ročních kruhů

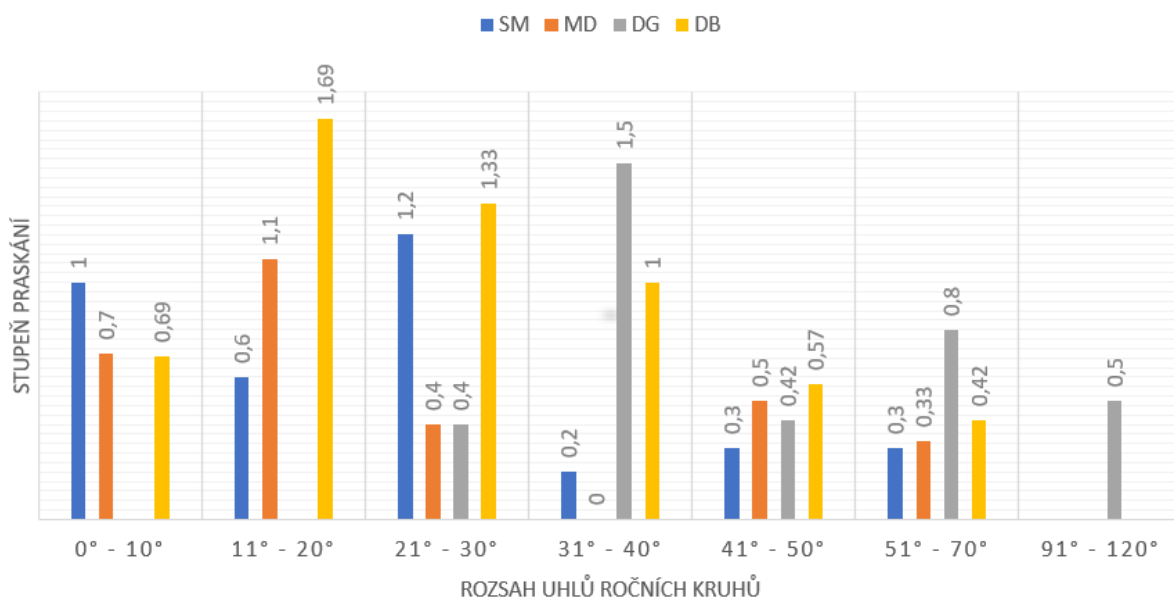
## 3.5 Porovnání degradace nátěrů u zkoumaných dřevin

### 3.5.1 Hodnocení praskání

Následující graf znázorňuje praskání dle jednotlivých druhů dřevin. Je vidět, že u všech zkoumaných typů dřevin nejvyšších hodnot (tj. >1) dosahují vzorky s úhlem mezi 11° a 40° stupni a tyto skupiny můžeme zařadit do „tangenciálů“ (tangenciální ploše odpovídají úhly 0°–45°). V případě „radiálů“ (radiální ploše odpovídají úhly 46°–90°) je vidět značný pokles hodnot praskání všech dřevin (kromě douglasky) a tato hodnota nepřevyšuje 0,5 stupně.



## Stupeň praskání dle jednotlivých druhů dřevin

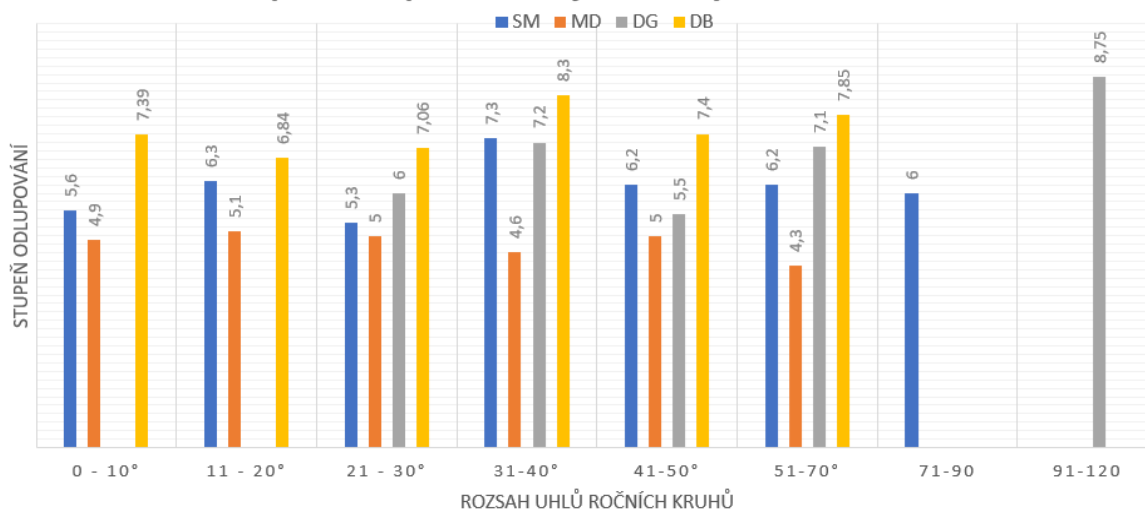


Graf 9 Stupeň praskání dle jednotlivých druhů dřevin

### 3.5.2 Hodnocení odlupování

Podle grafu umístěného dole je vidět, že dub je náchylnější k odlupování než jiné dřeviny a má nejvyšší hodnoty odlupování ve všech zastupujících skupinách. Nejlepší trvanlivost nátěru v rámci naší praktické části prokázaly vzorky modřínu – ten má nejnižší hodnoty ve všech skupinách. Jak už bylo napsáno výše, obdržené výsledky pro odlupování neukazují korelaci mezi úhlem sklonu ročních kruhů a tímto defektem.

## Stupeň odlupování dle jednotlivých druhů dřevin

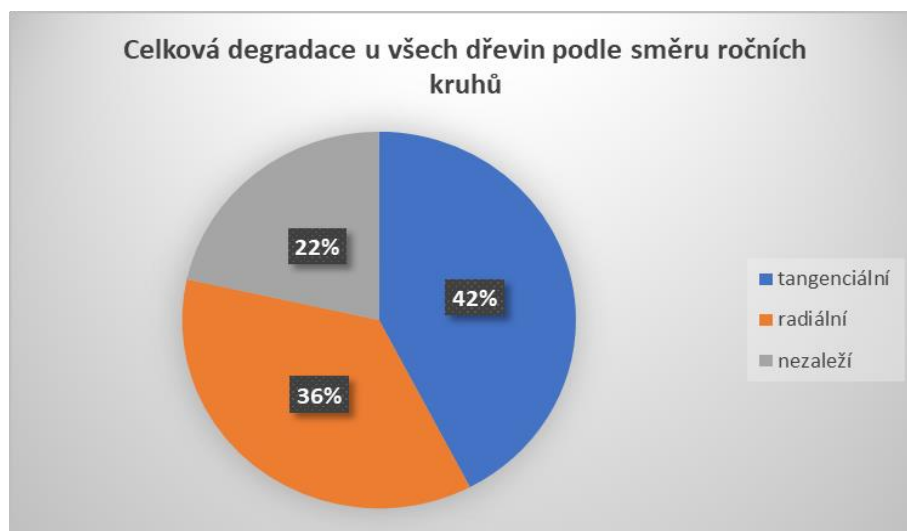


Graf 10 Stupeň odlupování dle jednotlivých druhů dřevin

### 3.5.3 Vizuální hodnocení celkové degradace upraveného povrchu podle směru ročních kruhů

#### 3.5.3.1 I. Způsob

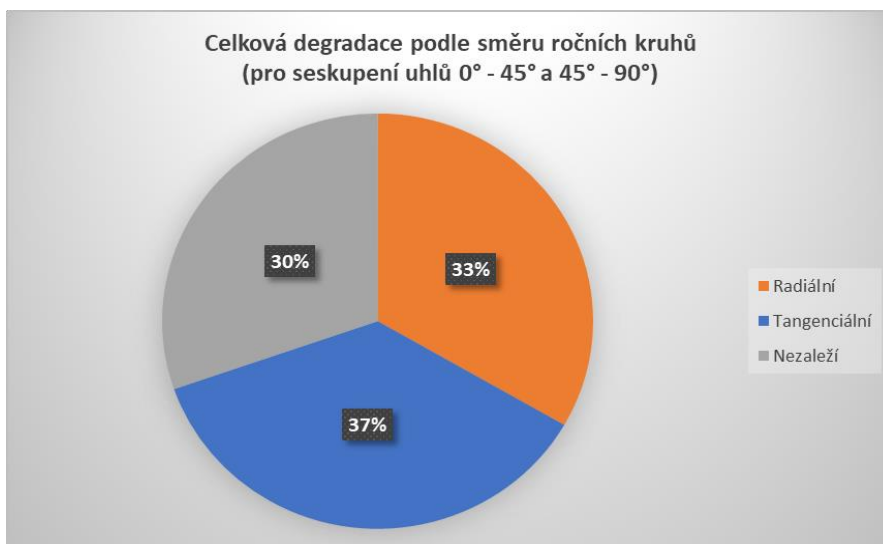
Následující graf nám ukazuje, jaký směr úhlů letokruhů převládá při celkové degradaci plochy vystavené umělému stárnutí. V rámci tohoto způsobu jsme hodnotili „tangenciální“ vs. „radiální“ plochu a to nezáleželo na konkrétnějším rozmezí úhlů. Na grafu je vidět nevýrazné převládání tangenciálního směru letokruhů, který činí 42 % celkového počtu vyhodnocených dvojic. Radiální plocha byla více poškozena u 36 % vzorků. Poměrně značnou část ale představuje i třetí skupina dvojic, kde nebylo možné jednoznačně vybrat více znehodnocenou plochu pouhým okem.



Graf 11 Celková degradace u všech dřevin podle směru ročních kruhů

#### 3.5.3.2 II. Způsob

II. způsob se liší od I. tím, že se se hodnocení zúčastnily pouze ty vzorky, kde bylo přesnější rozdělení „tangenciálního“ a „radiálního“ směru, a to 0°–45° pro „tangenciál“ a 46°–90° pro „radiál“. Podle grafu dole je vidět, že převládání konkrétního směru pro celkovou degradaci je téměř zanedbatelné: 37 % dvojic má více poškozený vzorek s tangenciální plochou, 33 % vzorků více degraduje na radiální ploše a pro 22 % degradace nezáleží na konkrétním směru.



**Graf 12 Celková degradace u všech dřevin pro skupiny úhlů 0°–45° a 46°–90°**

## Diskuze

Praktická část představené bakalářské práce prokázala existující závislost mezi stupněm praskání a směrem ročních kruhů. Nejlépe je tato závislost patrná u dřeva dubu, kde stupeň praskání plynule klesá s růstem úhlů letokruhů. U veškerých dřevin dosahují nejvyšší hodnoty vzorky s tangenciální plochou. Dvojnásobné klesání množství prasklin pro radiální plochu prokázaly všechny dřeviny a u většiny (kromě douglasky) tato hodnota nepřevyšuje 0,5 stupně. Tangenciální plocha více bobtná a sesychává než radiální a tyto rozměrové rozdíly mohou značně ovlivnit degradace nátěrů. Je třeba zmínit, že získané výsledky také prokázaly nízký stupeň praskání pro hodně tangenciální plochy (s úhly 0° až 10°). Tato skutečnost může být ovlivněna tím, že plocha ošetřená nátěrem a vystavená stárnutí se skládá z jednoho homogenního pásu buď jarního, nebo letního dřeva. Vzhledem k tomu v důsledku rozměrových změn nedochází ke zvýšenému napětí mezi jednotlivými pásy jarního a letního dřeva a praskliny se moc nevyskytují. Při stoupání úhlu ročních kruhů se častěji střídají pruhy jarního/letního dřeva a více ročních kruhů prochází upravenou plochou. Výsledný rozdíl v sesychání a bobtnání je větší, a proto stupeň praskání prudce stoupá. Podle Niemze je orientací ročních kruhů ve dřevě způsobeno anizotropní chování dřeva: výraznější je bobtnání a sesychání u tangenciálního dřeva, což podporuje praskání, zatímco radiální plochy jsou k tomu méně náchylné (Niemz, 1993). Další autoři ukazují, že celkové praskání při umělém stárnutí vzniká rychleji než při přirozeném stárnutí (Grull, 2014) (Podgorski, 2003).

Obdržené výsledky pro odlupování neukázaly závislost na směru ročních kruhů. Veškeré typy dřevin mají vysoký podíl odlupované plochy a v tomto případě lze připustit větší vliv jiných faktorů na výskyt tohoto defektu.

Co se týká vizuálního vyhodnocení degradace podle směru ročních kruhů, dle dosažených výsledků je zde možné říct, že úhel sklonu letokruhů nemá velký vliv na celkové znehodnocení nátěrů, jelikož procentuální rozdělení poškozené plochy podle tangenciálního / radiálního směru je skoro totožné.

V rámci evropského projektu „Servowood“, kde byla zkoumána životnost nátěrů přirozeným a umělým stárnutím, se hodnotila životnost nátěrů i z pozice směru ročních kruhů pro různé dřeviny, mezi nimiž byly dub, modřín a smrk. Bylo zjištěno, že největším změnám podléhá dub, menším – smrk a modřín a že během přirozeného

stárnutí vliv směru ročních kruhů na životnost nátěrů byl téměř zanedbatelný, zatímco při umělém stárnutí byl tento vliv značně větší. Jehličnany s tangenciální vystavenou plochou prokázaly značné změny. Pro listnaté dřeviny důkazy vlivu směru ročních kruhů nebyly zjištěny. Nicméně bylo stanoveno, že používaný typ nátěru a obsah pigmentu v nátěrovém systému má dominantní vliv na vznik defektu, tedy větší než směr ročních kruhů (Arnold, 2015).

## Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá exteriérovými nátěrovými systémy a vlivem směru letokruhů na jejich životnost u jehličnatých a listnatých dřevin. Cílem bylo zjistit, zda směr ročních kruhů na exponovanou plochu má vliv na celkovou životnost filmu nátěru po stárnutí.

Po umělém urychleném stárnutí byla hodnocena vystavená plocha vzorků z pozice míry praskání, odlupování a celkového poškození u dubu letního (*Quercus robur*), smrku ztepilého (*Picea abies*), modřínu evropského (*Larix decidua*) a douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii*).

Podle výsledků získaných v praktické části této práce byla zjištěna závislost mezi stupněm praskání a směrem ročních kruhů. Nejlépe je tato závislost patrná u dřeva dubu, kde stupeň praskání plynule klesá s růstem úhlů letokruhů. Pro další zkoumané dřeviny dosahují nejvyšších hodnot vzorky s úhly mezi 11° a 40° stupni. Dvojnásobné klesání množství prasklin pro radiální plochu s úhly 46°–90° prokázaly všechny dřeviny a u většiny (kromě douglasky) tato hodnota nepřevyšuje 0,5 stupně. Je třeba zmínit, že obdržené výsledky také prokázaly nízký stupeň praskání pro hodně tangenciální plochy (s úhly 0° až 10°).

Výsledné údaje pro odlupování neukázaly závislost na směru ročních kruhů. Veškeré typy dřevin mají vysoký podíl odlupované plochy (více 15 % až 50 %). Dub je více náchylný k odlupování (50 % až 100 % poškozené plochy) než jiné dřeviny a má nejvyšší hodnoty odlupování ve všech zastupujících skupinách. Nejlepší trvanlivost nátěru prokázaly vzorky modřínu, kde míra odlupování nepřesahuje 50 % celkové vystavené plochy. Nejvyšší hodnota zde je 5,1, ale u ostatních skupin tento rozdíl není tak značný – je to v rozmezí 1 stupně.

Z výsledků pro celkovou degradaci vyplývá, že směr ročních kruhů spíše neovlivňuje míru poškození nátěrového filmu, poněvadž 37 % zkoumaných dvojic mělo více znehodnocený vzorek s tangenciálním sklonem úhlů letokruhů, 33 % – s radiálním a pro 30 % vyhodnocených dvojic byla míra poškození totožná pro oba směry.

## Bibliografie

- ALOUI, F., A. AHAJJI a Y. GEORGE**, 2007. Inorganic UV absorbers for the photostabilisation of wood-clearcoating systems: Comparison with organic UV absorbers. *Appl. Surf. Sci.* (253), 3737-3745.
- ANONYMOUS**, 2010. *Wood handbook—Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190*. Washington, D.C.: Forest Products Laboratory, 508 s. Dostupné také z: [https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl\\_gtr190.pdf](https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fpl_gtr190.pdf)
- ASHTON, H. E.**, 1980. Predicting durability of clear finishes for wood from basic properties. *J. Coat. Technol.* (52), 63–71.
- ASHTON, H.E.**, 1979. Flexibility and its retention in clear coatings exposed to weathering. *J. Coat. Technol.* (51), 41–52.
- ASHTON, H. E.**, 1967 Clear finishes for exterior wood. Field exposure tests. *J. Paint Technol.* (39), 212–224.
- AUCLAIR, N. a B. RIEDL**, 2011. Improvement of photoprotection of wood coatings by using inorganic nanoparticles as ultraviolet absorbers. *For. Prod. J.* (61), 20–27.
- BERGSTEDT, A. a LYCK C.**, 2007. *Larch wood – a literature review*. 23-2007. Denmark University of Copenhagen: Forest & Landscape Denmark. ISBN 978-87-7903-337-5. Dostupné také z: <https://larchresearch.com/wp-content/uploads/2015/11/Larch-Wood-literature-review-2007.pdf>
- BLACK, J.M. a E.A. MRAZ**, 1974. *Norganic Surface Treatments for Weather Resistant Natural Finishes*. Madison, WI, USA: United States Department of Agriculture, Forest Service, 40 s.
- BOSSHARD, H. H.**, 1974. *Holzkunde*. Basel: Birkhäuser Verlag, 300 s. Lehrbücher und Monographien aus dem Gebiete der exakten Wissenschaften. ISBN 3-7643-0702-1.
- BROWNE, F. L.**, 1947. Wood properties and paint durability. In: *Miscellaneous (Publication No. 629)*. Washington, D. C.: United States Department of Agriculture, Forest Service, s. 1-8.
- BROWNE, F. L.**, 1951. *Natural Wood Finishes for Exteriors of Houses*. WI, USA: United States Department of Agriculture, Forest Service: Madison, 9 s.
- BULIAN, F. a GRAYSTONE, J. A.** 2009. *Wood coatings: theory and practice*. Amsterdam: Elsevier. ISBN 978-0-444-52840-7.
- BÜYÜKSARI, Ü. a T. DÜNDAR**, 2018. Intra-Ring properties of earlywood and latewood sections of sessile oak (*Quercus petraea*) wood. *BioResources*. (13/1), 836–845.

- CASSENS, D. L. a W. C. FEIST**, 1986. *Finishing Wood Exteriors. Selection, Application, and Maintenance*. Madison, WI, USA: United States Department of Agriculture, Forest Service.
- EVANS, P. D., K. URBAN a M. J. A. CHOWDHURY**, 2008. Surface checking of wood is increased by photodegradation caused by ultraviolet and visible light. *Wood Science and Technology* [online]. **42**(3), 251-265 [cit. 2021-04-02]. ISSN 0043-7719. Dostupné z: doi:10.1007/s00226-007-0175-0
- EVANS, P. et al.**, 2015. The Search for Durable Exterior Clear Coatings for Wood. *Coatings* [online]. **5**(4), 830-864 [cit. 2021-03-04]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings5040830
- FORSTHUBER, B. a G. GRULL**, 2010. The effects of HALS in the prevention of photodegradation of acrylic clear topcoats and wooden surfaces. *Polym. Deg. Stab.* (95), 746–755.
- GANDELOVÁ, L., P. HORÁČEK a J. ŠLEZINGEROVÁ**, 1996. *Nauka o dřevě*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 978-80-7375-312-2.
- GIAGLI, K., L. TIMKO a V. GRYC**, 2019. Is the Quality of the Non-native Douglas-fir Wood Produced in the Czech Forests Comparable to Native Softwoods? *BioResources*. **2019**(14/2), 2931–2945. Dostupné také z: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/is-the-quality-of-the-non-native-douglas-fir-wood-produced-in-the-czech-forests-comparable-to-native-softwoods/>
- GIBBONS, M. J. et al.**, 2020. Analysis of a Wide Range of Commercial Exterior Wood Coatings. *Coatings* [online]. **10**(11) [cit. 2021-03-15]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings10111013
- GRÜLL, G. et al.**, 2014. Comparison of wood coating durability in natural weathering and artificial weathering using fluorescent UV-lamps and water. *European Journal of Wood and Wood Products* [online]. **72**(3), 367-376 [cit. 2021-03-23]. ISSN 0018-3768. Dostupné z: doi:10.1007/s00107-014-0791-y
- GRYC, V., H. VAVRČÍK a O. KOTALÍK**, 2009. VYBRANÉ VLASTNOSTI DŘEVA SMRKU PICHLAVÉHO (*Picea pungens* Engelm.) Z NELESNÍCH PŮD. *SBORNÍK MENDELOVY ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ UNIVERZITY V BRNĚ*. Brno, **2008**(2), 37–44.
- HARRIS, J., H. E. ASHTON a G. A. O'DOHERTY**, 1964. *Exterior Exposure of Clear Organic Coatings on Wood*. Ottawa, ON, Canada: National Research Council Canada; Division Building Research.
- HENECA, K.**, 2005. *Tree-ring analyses of European oak: implementation and relevance in (pre-)historical research in Flanders*. Universiteit Gent. ISBN 90-5989-091-4.



- CHANG, S. T. a P. L. CHOU**, 2000. Hotodiscoloration inhibition of wood coated with UV-curable acrylic clear coatings and its elucidation. *Polym. Deg. Stab.* (69), 355-360.
- CHOU, S. T., P. L. CHANG a T. F. YEH**, 2008. Characterizing the conservation effect of clear coatings on photodegradation of wood. *BioResources.* (99), 1073-1079.
- KNAPIC, S. et al.**, 2007. Radial variation of wood density components and ring width in cork oak trees. *Annals of Forest Science* [online]. **64**(2), 211–218 [cit. 2021-03-09]. ISSN 1286-4560. Dostupné z: doi:10.1051/forest:2006105
- KUČEROVÁ, I.**, 2005. *Nátěry oken – historie a současnost* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.studioaxis.cz/images/pamatky2005/kucerova.pdf>
- LIPTÁKOVÁ, E. a M. SEDLIČÍK**, 1989. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: Alfa. Drevárska, celulóžárska a papiernícka literatúra. ISBN 80-05-00116-9.
- MAKARTIČAN, S.**, 2014. *Kontrol vlahnosti drevesiny i upravljenie processom eë sušky*. Moskva: Akademia estestvoznaniija. ISBN 978-5-91327-301-7.
- MINIUTTI, V. P.**, 1967. *Microscopic Observations of Ultraviolet Irradiated and Weathered Softwood Surfaces and Clear Coatings*. United States Department of Agriculture, Forest Service: Madison, WI, USA, 33.
- MINIUTTI, V. P.** Microscale changes in cell structure at softwood surfaces during weathering. *For Prod.* **1964**(14), 571–576.
- NEJAD, M. a P. COOPER**, 2017. Exterior Wood Coatings. CONCU, Giovanna, ed. *Wood in Civil Engineering* [online]. InTech, 2017-03-01 [cit. 2021-03-15]. ISBN 978-953-51-2985-1. Dostupné z: doi:10.5772/67170
- NIEMZ, P.**, 2016., *Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe*. Zürich: ETH-Zürich, **2016**. Dostupné z: doi:10.3929/ethz-a-010635628
- NIKOLIC, M., J. M. LAWThER a A. R. SANADI**, 2015. Use of nanofillers in wood coatings: A scientific review. *J. Coat. Technol. Res.* (12), 445–461.
- OBERHOFNEROVÁ, E.**, 2018. „Barevné změny a povrchové degradace vybraných druhů dřeva po expozici v exteriéru: Disertační práce. Praha: Česká zemědělská univerzita.
- PÁNEK, M.**, 2015. *Nátěry na dřevo a jejich testování*. 1. FLD-CZU v Praze, 111 s. ISBN 978-80-213-2548-7.
- PÁNEK, M., OBERHOFNEROVÁ, E., ZEIDLER, A. a ŠEDIVKA, P.**, 2017. Efficacy of Hydrophobic Coatings in Protecting Oak Wood Surfaces during Accelerated Weathering.

*Coatings* [online]. 7(10) [cit. 2021-03-16]. ISSN 2079-6412. Dostupné z: doi:10.3390/coatings7100172

**PEREIRA, J. a M. EUSEBIO**, 2006. Waterborne acrylic varnishes durability on wood surfaces for exterior exposure. *Prog. Org. Coat.* (56), 59-67.

**PODGORSKI, L., Merlin A a X. DEGLISE**, 1996. Analysis of the natural and artificial weathering of a wood coating by measurement of the glass transition temperature. *Holzforschung*. 50(3), 282–287.

**PODGORSKI, L. a A. MERLIN**, 1996. Analysis of the natural and artificial weathering of a wood coating by measurement of the glass transition temperature. *Holzforschung*. (50), 282–287.

**POŽGAJ, A.**, 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vydanie. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00960-4.

**PTÁČEK, P.**, 2021. *Povrchová úprava a ochrana dřeva v exteriéru* [online]. Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze, 6.1.2021 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/drevene-konstrukce/21695-povrchova-uprava-a-ochrana-dreva-v-exteriuru>

**REMEŠ, J., PULKRAB, K., BÍLEK, L., a PODRÁZSKÝ, V.**, 2020. Economic and Production Effect of Tree Species Change as a Result of Adaptation to Climate Change. *Forests*. 11(4). ISSN 1999-4907. Dostupné z: doi:10.3390/f11040431

**ROČEK, I. a P. NOVÁK**, 2005. *Mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva smrku pichlavého (Picea pungens Engelm.), meliorační a zpevňující dřeviny přínos nebo ztráta pro lesní hospodářství?*. KPL FLE ČZU v Praze, 121-126.

**SANDBERG, Dick a Ove SÖDERSTRÖM**, 2006. Crack formation due to weathering of radial and tangential sections of pine and spruce. *Wood Material Science and Engineering* [online]. 1(1), 12-20 [cit. 2021-04-02]. ISSN 1748-0272. Dostupné z: doi:10.1080/17480270600644407

**SCHALLER, C., ROGEZ, D., a BRAIG, A.**, 2012. Organic vs inorganic light stabilizers for waterborne clear coats: a fair comparison. *Journal of Coatings Technology and Research* [online]. 9(4), 433–441 [cit. 2021-03-09]. ISSN 1547-0091. Dostupné z: doi:10.1007/s11998-011-9380-8

**SCHMID, E. V.**, 1988. Exterior wood-coatings and the glass-transition temperature. *Polym. Paint Col. J.* (178), 460-468.

**TESAŘOVA, D.**, 2012. *Nátěrové hmoty a dokončovací materiály pro povrchové úpravy (Plasty, lepidla a nátěrové hmoty): Presentace*. Mendelova univerzita v Brně.

**UGOLEV, B. N.**, 1991. Fundamentaľnyje issledovanija drevesiny. *Derevoobrabat. Prom.* 26-27.

**VAN LOON, J.**, 1966. The interaction between paint and substrate. *J. Oil Col. Chem. Assoc.* (49), 844-867.

**VOLLMER, S. a P. D. EVANS**, 2013. Performance of clear coatings on modified wood exposed to the weather for 2 years in Australia. *International Wood Products Journal* [online]. 4(3), 177-182 [cit. 2021-03-04]. ISSN 2042-6445. Dostupné z: doi:10.1179/2042645313Y.0000000042

**WEICHELT, F. a R. EMMLER**, 2010. ZnO-based UV nanocomposites for wood coatings in outdoor applications. *Macromol. Mat. Eng.* (295), 130-136.

**WILLIAMS, R. S. a W. C. FEIST**, 1988. Performance of finishes on wood modified with chromium nitrate versus chromic acid. *For. Prod. J.* (38), 32–35.

**Poruchy nátěrů a jejich odstraňování.** *Barvy-eternal.cz* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.barvy-eternal.cz/a/poruchy-nateru-a-jejich-odstranovani#:~:text=Prask%C3%A1n%C3%AD%20a%20olupov%C3%A1n%C3%AD%20E2%80%93%20d%C5%99ev%C4%9Bn%C3%A9%20podklady&text=Roztrhnut%C3%AD%20star%C3%A9ho%20n%C3%A1t%C4%9Bru%20minim%C3%A1ln%C4%9B%20v,pozd%C4%9Bji%20doch%C3%A1z%C3%AD%20k%20C5%A1upinov%C3%A9mu%20odlupov%C3%A1n%C3%AD.&text=Star%C3%BD%20olupuj%C3%ADc%C3%AD%20se%20n%C3%A1t%C4%9Br%20obruste,hadrem%20nebo%20opl%C3%A1chn%C4%9Bte%20C4%8Distou%20vodou>.

**Stabilizované světelné stabilizátory aminu – Hindered amine light stabilizers** Stabilizované světelné stabilizátory aminu - [https://cs.qaz.wiki/wiki/Hindered\\_amine\\_light\\_stabilizers](https://cs.qaz.wiki/wiki/Hindered_amine_light_stabilizers), 2001-. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: [https://cs.qaz.wiki/wiki/Hindered\\_amine\\_light\\_stabilizers](https://cs.qaz.wiki/wiki/Hindered_amine_light_stabilizers)

**IC MEASURE – FREE SOFTWARE FOR ON-SCREEN MEASUREMENT AND IMAGE CAPTURE:** © *VIEWRUN* [online]. [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/viewrunwiki/documentation/ic-measure>

**Co je UV absorbér?** *Netinbag.com* [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.netinbag.com/cs/science/what-is-a-uv-absorber.html>

**Čím ošetřit dřevo v exteriéru.** *Homebydleni.cz* [online]. 24. 12. 2020 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/zahrada/rady-a-tipy/cim-osetrit-drevo-v-exterioru/>

**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*, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

**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*, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

**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*, 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

**Flexibility. Coating solutions** [online]. 2021 [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://apluscoating.com/flexibility/#:~:text=Flexibility%20is%20the%20ability%20of,forming%20operations%20and%20for%20installation>

**Jak začít s natíráním?** *Belinka.com* [online]. [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://www.belinka.com/cs/rady/jak-zacit-s-natiranim/#jaka-musi-byt-tloustka>

**Lexikon nátěrových hmot a pomocných přípravků**, 1998. Opava: Best Trading. ISBN 8090257909.

**Vlastnosti dřeva a dřevostaveb** [online], 2016. Praha [cit. 2021-01-20]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/vlastnosti-dreva-a-drevostaveb/stavba-dreva-cast-1-2/odborny>

## **Seznam příloh**

Příloha 1. Znárodnění klasifikace stupně odlupování pro hodnoty 5–10 (samostatné zpracování).....	62
---	----

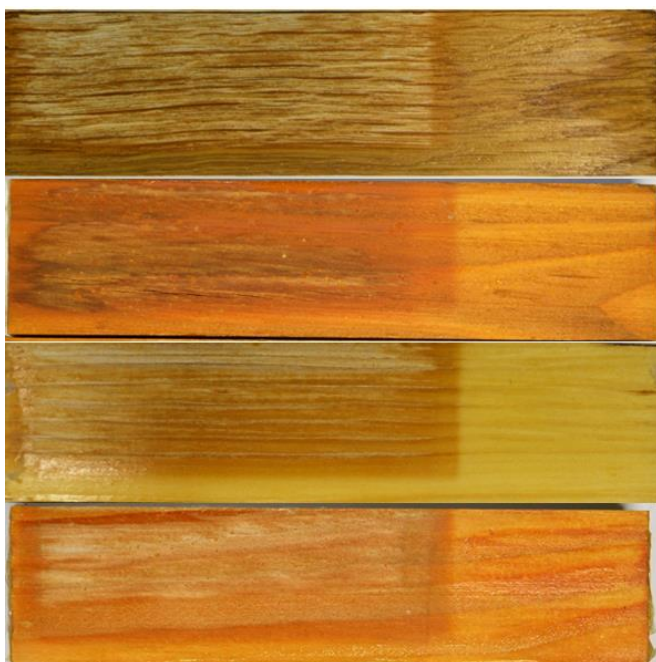
**Příloha 1. Znárodnění klasifikace stupně odlupování pro hodnoty 5–10 (samostatné zpracování)**



**Příloha 1. Obr. 1 „5. stupeň odlupování (poškození do 35% vystavené plochy)“; DB, MD, SM, DG**



**Příloha 1. Obr. 2 „6. stupeň odlupování (poškození do 50% vystavené plochy)“; DB, MD, SM, DG**



**Příloha 1. Obr. 3 „7. stupeň odlupování (poškození do 75 % vystavené plochy“; DB, MD, SM, DG**



**Příloha 1. Obr. 4 „8. stupeň odlupování (poškození do 90 % vystavené plochy“; DB, MD, SM, DG**



**Příloha 1. Obr 5 «9. stupeň odlupování (poškození do 100% vystavené plochy)»; DB, SM, DG**