

NÁTĚRY OKEN - HISTORIE A SOUČASNOST

Irena Kučerová

1. Povětrnostní stárnutí dřeva

Dřevo je tvořeno z 90-98 % z makromolekulárních látek, které formují strukturu buněčných stěn: celulózy, hemicelulóz a ligninu. Celulóza je lineární homopolymer, který se skládá z opakujících se jednotek β -D-glukopyranózy. Hemicelulózy jsou lineární polysacharidy s krátkými postranními řetězci. Lignin je amorfní polymer trojrozměrné struktury. Skládá se z jednotek fenyl-propanu, které jsou různě substituované na jádře i v bočním řetězci hlavně hydroxylovými a methoxylovými skupinami.

Dřevo, které je umístěno v exteriéru, podléhá řadě chemických, fyzikálních a biologických vlivů, které ovlivňují a znehodnocují jeho estetický vzhled, technickou funkci a jeho trvanlivost. Výzkumy prokázaly, že nejvýznamnější vliv na stárnutí dřeva a jeho nátěru v exteriéru má sluneční záření a voda (srážky a vlhkost).

1.1 Sluneční záření

Nejvýznamnější složkou slunečního záření z pohledu povětrnostního stárnutí dřeva je UV záření, které ve dřevě vyvolává fotochemické reakce. Molekuly dřeva absorbují světelné kvantum, které iniciuje fotodegradaci dřeva. Fotodegradace probíhá až do hloubky cca 3 mm od povrchu dřeva.

Fotodegradaci podléhá především lignin, který velmi dobře absorbuje UV záření. V přítomnosti kyslíku se lignin účastní fotooxidačních reakcí, při nichž je odbouráván až na středně a nízkomolekulární polární produkty. Navenek se tyto reakce projevují barevnými změnami (žloutnutím až hnědnutím) a zdrsněním až popraskáním povrchu dřeva. Barevná změna dřeva je v první fázi spojena se vznikem chromoforních skupin (karbonylů, karboxylů, peroxidů a konjugovaných dvojných vazeb), které zvyšují absorpci dalších světelných kvant. Tím se fotodegradací proces stává intenzivnější.

Při současném působení dešťové vody se polární nízkomolekulární degradační produkty ligninu ze dřeva vyplavují a na povrchu dřeva zůstává nerozpustná vrstva, zbarvená šedě. Vzniklá šedá vrstva se skládá z podílů odolnějších k extrakci, tj. celulózy. Tato vrstva je odolná i k další degradaci vlivem UV záření. Složení vnitřních vrstev dřeva je několik mm pod vnější šedou vrstvou podobné jako u nestárnutého dřeva.

Pokud je dřevo vystaveno působení slunečního záření, zvyšuje se také teplota jeho povrchu, u světlého dřeva až na 40 °C a u tmavých dřev až na 80 °C. V důsledku malé tepelné vodivosti dřeva se tak urychluje vznik malých a velkých trhlin. U smrku, modřínu a borovice dochází k výronu pryskyřice. Zvýšená teplota také urychluje chemické degradační procesy v povrchových vrstvách dřeva.

1.2 Voda

Kapalná voda (dešťová voda, rosa, tající sníh) nebo vodní pára (vzdušná vlhkost) rychle proniká povrchovou vrstvou nechráněného dřeva vlivem kapilárních sil až do buněčných stěn dřeva. To způsobuje změnu obsahu vlhkosti dřeva. Se změnou obsahu vázané vody (vody vázané v buněčné stěně dřeva pomocí fyzikálních vazeb – vodíkových můstků) dochází k rozměrovým změnám dřeva v důsledku oddalování a přiblížování řetězců celulózy. Dřevo zvětšuje svůj objem při sorpci vody a naopak při desorpci se smršťuje. Vlivem rozdílného obsahu vlhkosti na povrchu a uvnitř dřeva vzniká ve dřevě napětí, v jehož důsledku se ve dřevě vytvářejí mikropraskliny až makropraskliny, dochází k deformacím dřeva a zdrsnění povrchu dřeva.

Také led při svém vzniku způsobuje trhliny ve dřevě, které jsou důsledkem zvětšení původního objemu vody. Tyto trhliny se vytvářejí ve dřevě s vysokým obsahem volné vody. K mrazovému poškození dřeva dochází také v důsledku nerovnoměrného rozložení vody ve dřevě. Vázaná voda zůstává ve dřevě v kapalné formě i při teplotách pod bodem mrazu.

Trhlinkami do dřeva pronikají spory hub a dřevokazný hmyz, což vede za vhodných podmínek k biodegradaci dřeva.

Voda se podílí na hydrolyze hemicelulóz (v čisté vodě a při nízké teplotě je hydrolyza pomalá) a rozpouštění degradačních produktů dřeva. Intenzita hydrolyzy a rozpustnost degradačních produktů ve vodě roste s rostoucí teplotou.

1.3 Další faktory atmosférické degradace dřeva

Povrch dřeva obvykle tmavne vlivem adsorpce různých nečistot obsažených v ovzduší a zdrsňuje se nejen následkem extrakce degradovaného ligninu, ale i mechanickým působením větru, ledu, písku, prachu apod. Následkem eroze jsou zpřístupňovány další vrstvy dřeva pro atmosférickou degradaci, celý proces se opakuje a hmota dřeva postupně ubývá. Byla publikována řada údajů o erozních úbytcích dřeva během 100 let, které se pohybují v rozmezí 1-13 mm v závislosti na klimatických podmínkách. Erozní odbourávání povrchu dřeva je intenzivnější u jehličnatých dřevin v porovnání s tvrdými listnatými dřevinami. Erozní úbytky jsou vyšší v poréznějším jarním dřevě než v hustším letním dřevě. To se navenek projevuje tvorbou plastické textury na povrchu dřeva. Znečištění ovzduší SO_2 , NO_x urychluje procesy degradace dřeva.

1.4 Mikroskopické změny ve stavbě dřeva

Lignifikované buňky dřeva jsou tvořeny buněčnou stěnou a buněčnou dutinou. Buněčná stěna dřeva je souvrstvím submikroskopicky a chemicky odlišných vrstev: střední lamely, primární a sekundární stěny. Stavbu buněčné stěny znázorňuje *obrázek 1*. Střední lamela je ze 70 hm. % tvořena ligninem. Směrem k buněčné dutině obsah ligninu v jednotlivých vrstvách buněčné stěny klesá. Celulóza je obsažena nejvíce v sekundární buněčné stěně (cca 43 hm. %).

Obrázek 1: Struktura buněčné stěny;

SL – střední lamela,

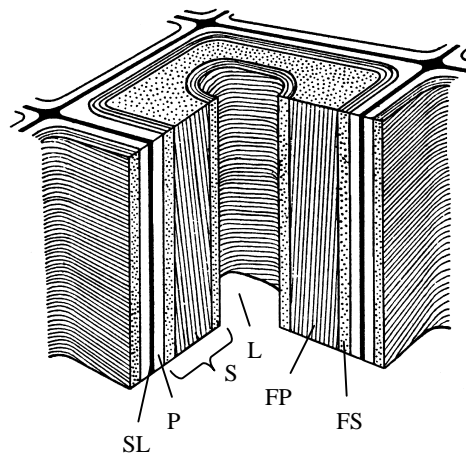
P – primární stěna,

S – sekundární stěna,

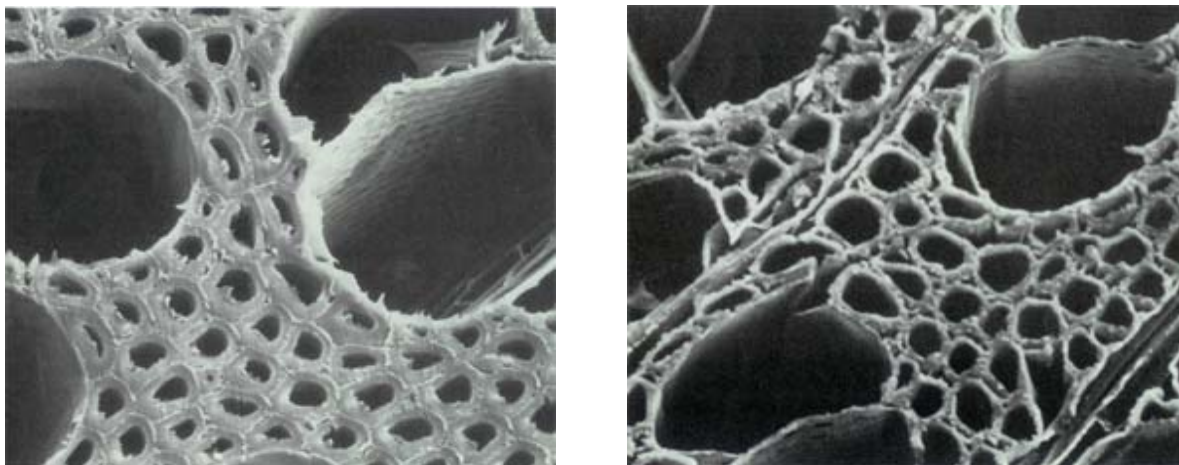
L – lumen,

FP – podélně uložené fibrily celulózy,

FS – spirálově uložené fibrily celulózy



Chemické změny ve složení dřeva, které nastávají při atmosférické degradaci dřeva, způsobují poškození mikroskopické stavby dřeva. Dochází postupnému poškozování střední lamely až k její konečné destrukci. Poškozeny jsou i další vrstvy buněčné stěny. Výsledkem je ztráta soudržnosti dřevní tkáně, jak je patrné na *obrázku 2*.



Obrázek 2: Ztráta soudružnosti dřevní tkáně topolového dřeva po 30 dnech expozice dřeva na povětrnosti je dokumentována na příčném řezu topolového dřeva. Na pravém obrázku je patrná destrukce střední lamely. Zvětšeno 500×.

2. Nátěry dřeva

Nátěr je ucelený povlak na povrchu dřeva, který vznikl nanesením a zaschnutím jedné nebo více vrstev nátěrových látek. Na nátěry dřeva umístěného v exteriéru jsou kladeny vysoké nároky. Nátěr musí dřevo chránit před působením povětrnosti. Musí být dostatečně pružný, aby kopíroval rozměrové změny dřeva v důsledku jeho navlhavosti. Musí být dostatečně houževnatý, aby odolával mechanickému namáhání a i povětrnostním vlivům, např. kroupám. Kvalitní nátěrové látky na okna a vchodové dveře musí splňovat normu EN 927.

Nátěrový systém je určení jednotlivých nátěrových látek a jejich sledu při zhotovování určitého nátěru. *Nátěrový postup* udává všechny podrobnosti zhotovení nátěru určitým systémem, tj. způsoby nanášení, podmínky zasychání a veškeré mezioperace, jako broušení atd.

Každá nátěrová látka (hmota) je složitou směsí složek, které osobitým způsobem ovlivňují vlastnosti a použití nátěrové látky. Nátěrové látky jsou tvořeny netěkavými složkami a těkavou složkou (rozpuštědly či ředidly). Mezi netěkavé složky nátěrové látky patří pojivo, pigmenty, plniva a pomocné látky (např. změkčovadla, sikativa, fungicidy, insekticidy). Pojivo, nebo-li filmotvorná látka, po vyschnutí nátěrové hmoty spojuje součásti nátěrové látky v celek – film (nátěrovou vrstvu) požadovaných vlastností. Pojivo je hlavní složkou nátěrových látek. Chemické složení pojiva ovlivňuje aplikační vlastnosti konkrétních typů nátěrových látek i způsob jejich vysychání (fyzikální či chemický děj). Pigmenty a plniva upravují vlastnosti nátěrových látek a z nich vzniklých nátěrů. Pigmenty také ovlivňují barevnost nátěru. Pomocné látky upravují aplikační vlastnosti nátěrové látky či vlastnosti zaschlého nátěru.

V současné době nátěrové látky představují velmi široký sortiment výrobků, který se neustále mění a vyvíjí. Proto nelze provést jednoznačné doporučení toho kterého výrobku nebo skupiny výrobků pro určitou aplikaci. Vždy je potřeba se rozhodovat pro danou aplikaci nátěrové látky individuálně vzhledem k objektu a technologickým možnostem. Při výběru nátěrové látky je třeba vzít v úvahu nejen její chemickou podstatu, ale i formu (krycí či lazurní, roztoková či disperzní).

Nátěrové látky, které se používají pro nátěry oken a vchodových dveří je možné rozdělit na krycí (pigmentované) nátěry nebo lazurní (transparentní) nátěry. *Krycí nátěry* tvoří na povrchu dřeva neprůhledný film. Nátěrový systém při nanášení krycích nátěrů je zhruba následující: napouštědlo, 1-2 vrstvy základního nátěru a 1-2 vrstvy vrchního nátěru. Existují dva druhy lazurních nátěrů:

- tlustovrstvý lazurní nátěr,
- tenkovrstvý lazurní nátěr.

Tlustovrstvý lazurní nátěr vytváří na povrchu dřeva průsvitný neporézní film, který chrání dřevo proti degradaci a zpomaluje pronikání vlhkosti. Tenkovrstvý lazurní nátěr proniká povrchem dřeva a na jeho povrchu film nevytváří. Proto tenkovrstvý lazurní nátěr poskytuje dřevu v exteriéru horší ochranu vůči povětrnostním vlivům a není pro konečnou úpravu přesných stavebních dílů, jako jsou vnější okna a vchodové dveře, vhodný. Tenkovrstvá lazurní nátěrová látka se však může použít jako napouštědlo oken a dveří. Nátěrový systém při aplikaci tlustovrstvých lazurních nátěrů je následující: napouštědlo a 2 vrstvy tlustovrstvého lazurního nátěru.

Z hlediska ochrany dřeva před UV zářením je lepší krycí nátěr než tlustovrstvý lazurní nátěr. Lazurní nátěr totiž propustí část UV záření k povrchu dřeva a dřevo pod nátěrem vlivem UV záření degraduje, jak bylo popsáno výše. Aby se nepříznivý vliv UV záření při aplikaci tlustovrstvého lazurního nátěru omezil, přidávají se do lazurních nátěrových látek tzv. UV filtry. UV filtry absorbují UV záření, ale mají pouze omezenou životnost.

Nátěrové látky se mohou také dělit na:

- roztokové, kde jsou těkavou složkou organická rozpouštědla či ředidla,
- disperzní, kde je těkavou složkou voda.

Disperzní nátěrové látky jsou v dnešní době velmi oblíbené především z ekologického a hygienického hlediska. Jak ale praktické zkušenosti ukazují, disperzní nátěrové látky však v exteriérových podmínkách stále nedosahují kvality roztokových nátěrových látek, i když se jejich kvalita stále zlepšuje.

Pojivem disperzních nátěrových látek jsou vodné disperze polymerů. *Disperze polymerů* jsou dvousložkové systémy, kde polymer tvoří rozptýlenou (dispergovanou) složku ve vodě, která vytváří spojité prostředí. Polymer je ve vodě (v kapalném prostředí) nerozpustný. Aby byla disperze polymeru stabilní, to znamená, aby částice polymeru byly ve vodném prostředí rozptýlené, neslepovaly se a nesedimentovaly, jsou v disperzích přítomny tenzidy a ochranné koloidy a další pomocné látky. Vznik filmu, z disperzní nátěrové hmoty je fyzikální děj, který je založen na odpaření vody a jejím oddifundování do porézního pokladu. Částice polymeru, které si lze představit jako velmi malé lepkavé kuličky, se ukládají vedle sebe, poslepují se či se slijí dohromady a nakonec vytvoří film. Tvorba filmu je však významně ovlivněna teplotou prostředí – minimální filmotvorná teplota. *Minimální filmotvorná teplota* je teplota, pod níž se z disperze již nevytvoří souvislý film.

Film (nátěr), který vznikne z disperzní nátěrové látky je porézní. Pokud tento film vložíme do vody, voda na základě osmotického tlaku proniká do filmu a botná disperzní film. Nabotnění disperzního nátěru samozřejmě vede časem k poškození nátěru. Rychlost botnění disperzního filmu je různá pro různé typy disperzí. Ale obecně platí, že disperzní nátěry nejsou vhodné do trvale vlhkého prostředí. Proto nejsou disperzní nátěry vhodné na ochranu dřeva, které je pravidelně namáháno srážkovou vodou a na němž může stát po určitou dobu voda. Disperzní nátěry nejsou tedy na objekty, u kterých se nachází konstrukční prvek, ze kterého voda odtéká hůře. Příkladem takového konstrukčního prvku mohou být okapničky na historických oknech nebo ozdobné prvky na dveřích.

Dnes se převážně používají nátěrové látky, jejichž pojivem jsou syntetické polymery. *Pojivy krycích nátěrů* jsou alkydové pryskyřice a polyuretany (roztokové nátěrové látky) nebo převážně akrylátové disperzní nátěrové látky (vodou ředitelné nátěrové látky). *Pojivy silnovrstvých lazurních nátěrů* jsou nejčastěji alkydové pryskyřice a vysychavé oleje (nátěry ředitelné organickými rozpouštědly) nebo polymerní disperze (vodou ředitelné nátěrové látky) založené nejčastěji na akrylátech a alkydových pryskyřicích, případně i na kombinaci akrylátů s alkydovými pryskyřicemi, méně pak na polyuretanech a jejich kombinaci s akryláty.

2.1 Historické nátěrové hmoty – rostlinné oleje

Olejové nátěry byly známé v Číně před více než 2000 lety. V Evropě bylo používání vysychavých olejů rozšířeno již v 8. stol. n.l. Ve 14.-17. století byla již známá příprava a použití fermeže ze lněného a konopného oleje a používání sikativ (sušidel).

Základem olejových nátěrových látek jsou rostlinné vysychavé oleje. Rostlinné oleje jsou tvořeny směsí triglyceridů vyšších mastných (nenasycených) kyselin. Tvorba filmu z rostlinného oleje, tedy nátěru, je chemický děj. Olej v průběhu tzv. „vysychání“ podléhá autooxidační polymerizaci za působení vzdušného kyslíku, vytváří se trojrozměrná síť. Vzdušný kyslík reaguje s molekulami oleje za vzniku hydroperoxidů, které se rozkládají na radikály iniciující polymerizaci oleje. Jelikož kyslík difunduje do olejového filmu velmi pomalu, zůstává spodní oblast filmu dlouho měkká. Proto musí být tloušťka naneseného olejového filmu velmi malá, cca 25-30 μm na vertikálních a 40-50 μm na horizontálních površích. Pokud se nanese tlustá vrstva, nebo dvě vrstvy olejového filmu příliš rychle za sebou, může dojít k zvrásnění olejového nátěru. Přítomnost sikativ (mýdla kovů, např. kobaltu, olova) urychluje průběh polymerizace oleje. Obdobný účinek má i řada pigmentů.

Nátěry na bázi olejů jsou tažné, ale nejsou příliš tvrdé a vykazují omezenou trvanlivost v exteriéru. Velmi rychle ztrácí svůj lesk a žloutnou výrazněji než ostatní pojiva. Dnes se olejové nátěrové látky používají poměrně málo, častěji pak jako chemicky modifikované alkydy či polyuretany.

Fermeže – vznikly zpracováním rostlinných olejů za přídavku sikativ. Používají se jako napouštědla dřeva (omezují nasákavost dřeva).

Fermežové barvy jsou suspenzí pigmentů a plniv ve fermeži. Obsah pigmentů a plniv upravuje některé vlastnosti nátěrových fermežových barev, především tvrdost, pevnost a chemickou odolnost. S rostoucí tvrdostí a pevností se však snižuje pružnost a vláčnost fermežového nátěru. Fermežové nátěry vynikají výbornou přilnavostí k dokončované ploše.

Olejové barvy jsou suspenzí pigmentů a plniv v oleji modifikovaném pryskyřičnou složkou, např. kalafunou. Olejové barvy se užívají jako podkladové i vrchní nátěry stavebně truhlářských výrobků.

Nevýhodou nátěrových látek na bázi olejů je dlouhý čas potřebný pro vyschnutí olejového filmu.

2.2 Alkydové pryskyřice

Alkydové pryskyřice se na trhu objevily roku 1931. Alkydové nátěrové látky jsou nejčastěji oleji nebo mastnými kyselinami modifikované polykondenzační polymery polykarboxylových kyselin a polyalkoholů. Alkydy se také modifikují i pryskyřicemi (kalafunou), izokyanáty (uretanové alkydy), akryláty aj. Typ a obsah modifikujících složek určuje konečné vlastnosti nátěru. Alkydové nátěrové látky vysychají chemickou reakcí za přítomnosti sikativ. Alkydové nátěrové látky nahradily olejové nátěrové látky díky tomu, že zasychají rychleji a vzniklý nátěr je tvrdší a více odolný povětrnosti.

2.3 Akrylátové polymery

Nátěrové látky obsahující akrylátové polymery (polyakryláty) jsou známé od 30. let 20. století. Připravují se polymerací esterů kyseliny akrylové a methakrylové. V závislosti na kombinaci typů esterů kyseliny akrylové a methakrylové, případně dalších monomerů, lze připravit polyakryláty s různými chemickými a fyzikálními vlastnostmi. Akrylátové nátěrové látky lze připravit jako roztokové (rozpuštěné v organických rozpouštědlech) nebo vodou ředitelné – disperzní. Akrylátové nátěrové látky určené na dřevo zasychají fyzikálně.

Nátěry vytvořené z roztoků akrylátových pojiv se vyznačují výbornou chemickou odolností, jsou inertní vůči pigmentům, mají výbornou odolnost proti změně barevného odstínu i na povětrnosti. Jsou pružné, ale málo tvrdé. Z ekologických důvodů se dnes akrylátové nátěrové látky na dřevo vyrábějí především ve formě disperzí, tedy jako vodou ředitelné. Disperzní akrylátové nátěry mají však nižší odolnost povětrnosti než roztokové, z důvodů uvedených výše.

2.4 Polyuretany

Polyuretany se vyrábějí reakcí vícefunkčních izokyanátů s polyalkoholy. Kombinací různých polyizokyanátů a polyalkoholů lze připravit produkty nejrůznějších vlastností. Polyuretanové nátěry mají výborné mechanické vlastnosti (např. odolnost proti otěru, trvalou elasticitu), vynikající odolnost vůči působení chemikáliím, světlu a povětrnosti.

Pro nátěry dřeva se používají polyuretanové nátěrové látky:

- dvousložkové, které vytvrzují na základě chemické reakce po přidavku tužidla,
- jednosložkové, které vytvrzují chemickou reakcí se vzdušnou vlhkostí,
- nereaktivní rozpouštědlové typy, kde vysychání je fyzikální děj – odpaření rozpouštědla,
- disperzní typy, kde je polyuretanové pojivo emulgováno do vody, vysychání je fyzikální děj. Aplikace polyuretanového pojiva ve formě disperze vede k zhoršení výše uvedených vlastností polyuretanového nátěru.

3. Údržba nátěrů

Nátěry, stejně jako dřevo, podléhají působení povětrnostních vlivů; především působení slunečního záření, vody a agresivních látek v ovzduší, ale i mechanickému namáhání. Degradace 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.

Životnost nátěru závisí nejenom na chemické podstatě a formě nátěrové látky, na zvoleném nátěrovém systému a postupu, ale i na celkové tloušťce nátěru. Lze říci, že životnost nátěru je přímo úměrná jeho tloušťce. Tloušťka krycích nátěrů oken a dveří bývá zhruba 80-100 µm, tloušťka silnovrstvých lazurních nátěrů zhruba 50 µm. Platí zásada, že ze dvou nátěrů o stejné tloušťce zhotovených ze stejné nátěrové látky, má lepší vlastnosti ten, který se skládá z více tenčích vrstev. Životnost nátěru je také významně ovlivněna expozičními podmínkami, např. orientací vůči světovým stranám, nátěr je pravidelně smáčen vodou.

Je nezbytné provádět pravidelné prohlídky stavu nátěru a zjištěné závady nátěrů by se měly co nejdříve opravit. Když je degradace nátěru patrná, je třeba celý nátěr obnovit. Pravidelná údržba nátěrů přispívá k prodloužení celkové životnosti nátěru a samozřejmě k ochraně dřeva před povětrnostním stárnutím.

Při obnově nátěru je nezbytné věnovat velkou pozornost přípravě podkladu, tedy povrchu dřeva. Kvalita nátěru totiž závisí na kvalitě povrchu dřeva. Je potřeba zvolit vhodnou nátěrovou látku a nátěrový systém i nátěrový postup (vlhkost dřeva, okolní teplota aj.). Pouze zanedbatelné množství defektů nátěrů lze přičíst nátěrové látce. Hlavní příčinou defektů nátěrů jsou chyby v přípravě podkladu: velkým problémem bývá vysoká vlhkost natíraného dřeva, zárodky plísní a hub, degradovaný povrch dřeva. Tyto defekty, významně snižují přilnavost nátěru ke dřevu.

Jsou-li na dřevě patrné projevy povětrnostního stárnutí, je nezbytné před aplikací nátěru dřevo důkladně zbrousit až na zdravé dřevo. V závislosti na délce expozice neošetřeného dřeva povětrnostním podmínkám může být odstraňovaná vrstva tlustá až 2-3 mm, což je velký úbytek hmoty na předmětech jako jsou okna či dveře. Pokud by degradované dřevo před nátěrem nebylo odstraněno, vede to k snížení životnosti nátěru.

3. Závěr

Povětrnostní stárnutí dřeva je nepřetržitý proces. Hlavní faktory, které vyvolávají povětrnostní stárnutí dřeva, jsou sluneční záření (UV, viditelné a IR), vzdušný kyslík, teplota, voda (déšť, rosa, sníh, vzdušná vlhkost) a emise v ovzduší. Tyto faktory vyvolávají degradaci dřeva během jeho déletrvajících expozic v exteriéru. *Již po 4 týdnech expozice neošetřeného a*

nechráněného dřeva v exteriéru se mění kvalita jeho povrchu tak, že se významně snižuje adheze (přilnavost) nátěrů k jeho povrchu.

Hlavní projevy povětrnostního stárnutí dřeva jsou:

- změna zbarvení dřeva vlivem vzniku barevných produktů fotooxidační degradace ligninu,
- šednutí dřeva vlivem extrakce nízkomolekulárních produktů degradace ligninu,
- tmavnutí dřeva vlivem nečistot obsažených v ovzduší (saze, prach atd.),
- zdrsnění povrchu dřeva extrakcí degradačních produktů a mechanickou erozí,
- opakované změny rozměrů dřeva, které vedou až k deformaci a praskání.

Nátěry dřeva v exteriéru slouží především jako ochrana dřeva před povětrnostním stárnutím. Nátěr vytváří dřevu ochrannou bariéru před exteriérovými vlivy. Nátěr je tedy v podstatě obětovaná vrstva, neboť nátěr stejně jako dřevo v exteriéru podléhá povětrnostnímu stárnutí.

Obecně se dá říci, že krycí nátěry s vysokým obsahem pigmentu poskytují dřevu lepší ochranu v exteriéru než tlustovrstvé lazurovací (transparentní) nátěry.

Použitá literatura

- 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.
- Gruber J. a kol.: Příručka nátěrové techniky. STNL, Praha 1963.
- Hon D., Feist W.C.: Weathering characteristics of hardwood surfaces. Wood Science and Technology 20, pp. 169-183, 1986.
- Hon D.: Weathering reactions and protection of wood surfaces. Journal of Applied Polymer Science: Applied Polymer Symposium 37, pp.845-864, 1983.
- Hovorka J.: Nátěry dřeva XII. Spektra nátěrových hmot č. 1, 2003, s.36.
- Hovorka J.: Nátěry dřeva XIII. Nátěrové hmoty na dřevo (2). Spektra nátěrových hmot 2003, č. 2. s. 52-53
- Lukavský, L. a kol.: Katalog nátěrových hmot. Merkur, Praha 1983.
- Milič R., Kupčáková Z.: Vliv pojiva na vlastnosti nátěrové hmoty. 1. část. Spektra nátěrových hmot 2001, č. 3, s. 46-47.
- Reinprecht L.: Procesy degradácie dreva. Technická univerzita vo Zvolene, Zvolen 1997.
- Sell J., Arnold M.: Actual research project on weathering of wood and protection. EMPA Activities 2002. www.empa.ch/abt115 > Wood Technology.
- Šimůnková E., Kučerová I.: Dřevo. STOP, Praha 2000.
- Stoye D., Werner F. (ed.): Paints, Coatings and Solvents. WILEY-VCH Weinheim, 1998.

Ing. Irena Kučerová, Ph.D.

Ústav chemické technologie restaurování památek

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

Technická 5, 166 28 Praha 6

E-mail: irena.kucerova@vscht.cz