

**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická**

**BAKALAŘSKÁ PRÁCE**

**2008**

**Svatopluk Chytil**

# **Metody konsolidace dřeva polymery**

**Svatopluk Chytil**

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická





## **ABSTRAKT**

Tato práce je zaměřena na užití přírodních i syntetických polymerů při restaurování a konzervování dřeva. V první části práce se zabývám stavbou dřeva z hlediska jeho chemické struktury a fyzikálních vlastností.

Ve druhé části popisuji konkrétní polymery, které se za určitých podmínek dají použít ke stabilizaci dřeva.

Ve třetí části uvádím možné metody a aplikační formy konsolidace dřeva polymery.

## **ABSTRACT**

The thesis is focused on the application of natural and synthetic polymer at wood renovation and conservation.

In the first part of my thesis I am concerned with wood anatomy in term of it's chemical structure and physical propertis.

In the second part I describe concrete polymer, which can be applied to wood stabilization.

In the third part I mention possible methods and application forms of wood consolidation by polymer.

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Doc. Ing. Antonínu Blahovi, CSc. za poskytnuté konzultace, cenné informace, rady a podnětné připomínky, které přispěly ke vzniku této práce.

## OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 DŘEVO JAKO PŘÍRODNÍ POLYMER.....</b>	<b>10</b>
1.1 Chemická stavba dřeva .....	10
1.2 Anatomická stavba dřeva .....	13
1.2.1 Složení buněčné stěny .....	13
1.2.2 Stavba jehličnatých dřev .....	14
1.2.3 Stavba listnatého dřeva .....	14
1.3 Vlastnosti určující vztah dřeva k vodě.....	14
1.3.1 Vlhkost .....	14
1.3.2 Měření vlhkosti .....	15
1.3.3 Bod nasycení vláken .....	16
1.3.4 Pohyb vlhkosti ve vodě .....	16
1.3.5 Hydroskopická rovnováha .....	16
1.3.6 Hysteréze .....	16
1.3.7 Sesychání dřeva.....	17
1.3.8 Bobtnání dřeva .....	17
1.3.9 Borcení dřeva .....	17
1.4 Fyzikální vlastnosti dřeva .....	17
1.4.1 Objemová hmotnost, objemová hustota .....	17
1.4.2 Objem pórů dřeva.....	18
<b>2 POLYMERY VHODNÉ KE SPOJOVÁNÍ SE DŘEVEM .....</b>	<b>19</b>
2.1 Živočišně klihy .....	19
2.1.1 Želatina a kliš .....	19
2.1.2 Kasein.....	19
2.2 Rostlinné oleje .....	20
2.3 Vosky .....	22
2.3.1 Včelí vosk.....	22
2.3.2 Lanolin .....	23
2.3.3 Karnaubský vosk.....	23
2.3.4 Montánní vosk.....	23
2.3.5 Parafín .....	24
2.4 Přírodní pryskyřice .....	24
2.4.1 Kalafuna .....	24
2.4.2 Damara .....	25
2.4.3 Mastix.....	25
2.4.4 Šelak .....	25
2.5 Přehled syntetických polymerů.....	26
2.5.1 Polyethylen (PE) .....	26
2.5.2 Polyvinylacetát (PVAC).....	26
2.5.3 Polyvinylalkohol (PVAL) .....	26
2.5.4 Polyvinylbutyral (PVB) .....	27
2.5.5 Polymethakryláty a polyakryláty .....	27
2.5.6 Fenolformaldehydové, močovinoformaldehydové a melaminofomaldehydové pryskyřice.....	28
2.5.7 Cyklohexanonové pryskyřice.....	28

2.5.8	Polyethylenglykoltereftalát (PETP) .....	29
2.5.9	Epoxidové pryskyřice (EP) .....	29
2.5.10	Polyurethany (PUR) .....	29
2.5.11	Polyethylenglykol (PEG) .....	29
2.5.12	Deriváty celulózy .....	30
<b>3</b>	<b>METODY KONSOLIDACE A APLIKAČNÍ FORMY POLYMERŮ .</b>	<b>32</b>
3.1	Prostředky zpevňování dřeva .....	32
3.1.1	Přírodní .....	32
3.1.2	Syntetické .....	32
3.2	Metody impregnace dřeva .....	33
3.3	Aplikace a technologické postupy při konsolidaci dřeva .....	34
3.3.1	Povrchová impregnace .....	34
3.3.2	Infúzní metoda .....	35
3.3.3	Ponoření za atmosférického tlaku .....	35
3.3.4	Vakuová impregnace .....	35
3.3.5	Za sníženého tlaku v plastovém obalu .....	35
3.4	Metody konzervace vodou nasyceného dřeva .....	36
3.4.1	Zpevňování v nevodných rozpouštědlech .....	36
3.4.2	Zpevňování vodnými roztoky .....	36
	<b>DISKUZE .....</b>	<b>38</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>40</b>
	<b>LITERATURA .....</b>	<b>41</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....</b>	<b>42</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>43</b>



## ÚVOD

Dřevo je jeden z nejstarších přírodních materiálů, které používali už naši předkové. Je to dáno jeho vlastnostmi, jako je nízká objemová hmotnost, lehká opracovatelnost, dobré mechanické vlastnosti, nízká tepelná vodivost a estetický vzhled. Má dobrou odolnost proti chemikáliím.

Dřevo má i své špatné vlastnosti, jako jsou navlhavost a nasákavost, jejichž důsledkem jsou změny v rozměrech, snadná zápalnost a hořlavost, nízká odolnost vůči působení biologických činitelů – dřevokaznými houbami a hmyzu, nízká odolnost proti vlivům povětrnosti [7].

Pro tyto nedostatky dřeva se uplatnilo mnoho přírodních látek, především polymerů, na jeho konzervaci. S rozvojem chemie a především chemie polymerů, syntetické polymery nahrazují v restaurátorské praxi přírodní látky nebo se s nimi kombinují. Z polymerů se připravují nátěry, tmely ke spojování dřeva i impregnační materiály na restaurování historických objektů, tak i na ošetření dřeva pro použití v současnosti.

V této práci se věnuji látkám na ošetřování dřeva, vhodným metodám a aplikacím pro toto použití.

# 1 DŘEVO JAKO PŘÍRODNÍ POLYMER

## 1.1 CHEMICKÁ STAVBA DŘEVA

Dřevo jako biologický materiál je složitý po stránce anatomické i chemické. Kromě vody a vzduchu obsahuje dřevo převážně makromolekulární látky sacharidické (cukernaté) i ligninové (aromatické) povahy. Ty jsou navzájem chemicky vázané. Sacharidových podílů v jehličnanech je asi 70%, v listnatých dřevinách okolo 80%. Hlavní podíl tvoří celulóza, zbytek tvoří hemicelulózy. Ligninových látek bývá u jehličnanů okolo 25%, u listnatých méně. Absolutně suché dřevo různých dřevin má prakticky stejné elementární složení. Zpravidla obsahuje 49,5% uhlíku, 44,2% kyslíku a 6,3% vodíku.

### Celulóza

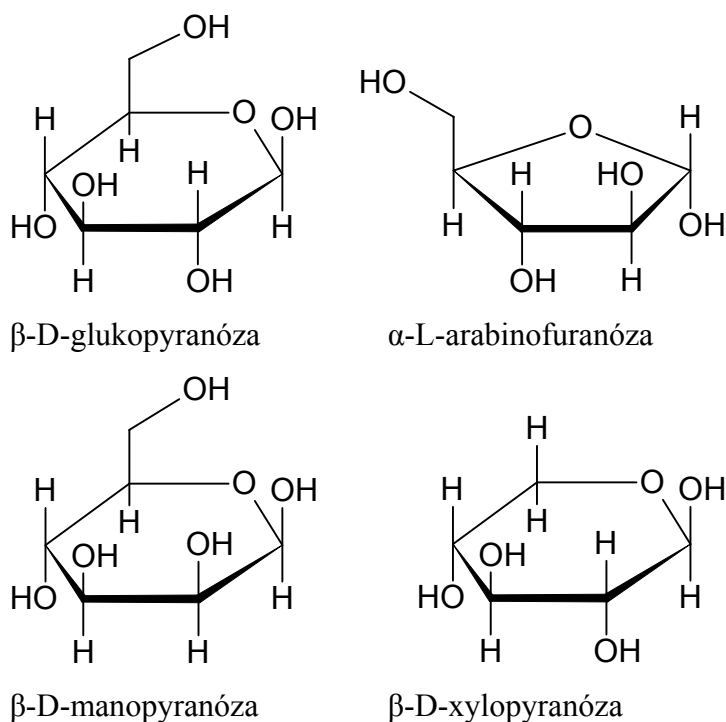


*Obr. 1: Celulóza*

Celulóza je látka obsažená v buněčné bláně dřevních vláken a představuje základní jednotku buněčné stěny. Představuje cca 43 - 52% hmotnosti dřeva. Celulóza ve své makromolekulární podobě se nerozpouští v běžných rozpouštědlech, pouze působením silných kyselin a zásad podléhá hydrolýze, což vede ke snížení polymeračního stupně. Je to způsobeno tím, že při izolaci dochází vlivem chemických činidel a vzdušného kyslíku k roztržení celulózových řetězců. Chemické vlastnosti celulózy závisí ve značné míře na chemické aktivitě funkčních skupin  $-\text{OH}$  [1]. Vlastnosti celulózy jsou však také závislé na makromolekuly. Délka řetězce značně kolísá. V průměru dosahuje délka řetězce polymeračního stupně 8000-10000. S délkou řetězce roste pevnost dřeva. Řetězce celulózy

vytvářejí krystalické i amorfní oblasti [13]. V krystalických oblastech jsou řetězce navzájem propojeny sekundárními vazbami, z nichž nedůležitější jsou vodíkové můstky. Ty způsobují vysokou odolnost krystalických oblastí proti působení vody a rozpouštědel. Přibližně čtyřicet řetězců celulózy se spojuje do elementárních fibril, ve fibrilách tvoří celulóza krystalické oblasti [7].

### Hemicelulózy



**Obr. 2: Hemicelulóza**

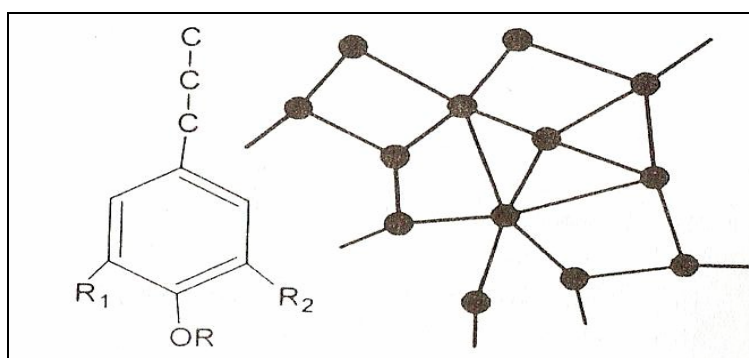
Sacharidická část dřeva obsahuje kromě vysokomolekulárního chemicky homogenního polysacharidu - celulózy - i polysacharidy s kratšími řetězci. Tyto se nazývají hemicelulózy a nejsou chemicky homogenní polysacharidy. Podle hlavních komponentů, které polysacharidy tvoří, rozdělujeme hemicelulózy na xylany, manány a galaktány. Ostatní monosacharidy, které hemicelulózy obsahují, se nachází přímo v hlavním řetězci polysacharidu nebo tvoří postranní řetězce. Do této skupiny monosacharidů patří glukóza, arabinóza, kyselina glukoronová, galakturonová a kyselina 4-*O*-metylglukoronová.

## Pektiny

Jsou to první látky zjištěné při zakládání nové buněčné stěny při dělení buněk. Z chemického hlediska se jedná o polysacharidy kyselé povahy. Pektiny jsou obsaženy hlavně mladém dřevě, především v listech a kůře.

## Lignin

Tvorba ligninu v dřevní hmotě není dostatečně objasněna. Lignin má ve dřevě nejvyšší zastoupení z nesachariditických složek. Způsobuje dřevnatění buněk, čímž dodává buňce a tím i dřevu mechanickou pevnost. Zvyšuje odolnost buněčných stěn vůči mikroorganizmům a snižuje pronikání vody přes buněčné stěny, protože je hydrofobní. Po stránce chemické je lignin vysokomolekulární látka síťové struktury, která má aromatický charakter.



*Obr. 3: Základní stavební jednotka ligninu*

## Vedlejší složky dřeva

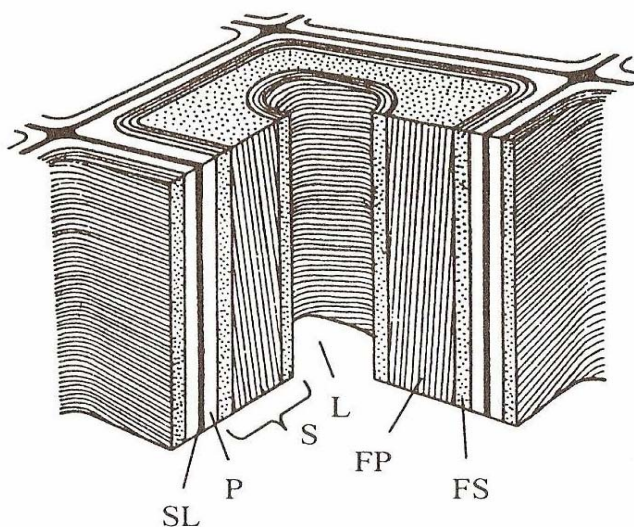
Anorganické látky: Tyto tvoří přibližně 0,5 - 1% vedlejších složek. Hlavní zastoupení mají soli Ca, K, Mg, Na, Mn aj. Organické látky: Sacharidy, terpenoidy, látky fenolického typu, alkaloidy, kyseliny, alkoholy, barviva a další (bílkoviny, tuky a vosky) [1].

## 1.2 ANATOMICKÁ STAVBA DŘEVA

Anatomické složení dřeva ukazuje, jak se tyto nejmenší stavební části dřeva vzájemně spojují, prolínají a doplňují.

### 1.2.1 Složení buněčné stěny

Celulóza a hemicelulózy vytvářejí vzájemným stáčením mikroskopicky tenkých vláken postupně vyšší útvary, a to micely a fibrily. Svazky fibril uložené vedle sebe pak tvoří vrstvu buněčné stěny. Pět vedle sebe uložených vrstev dává buněčnou stěnu. Svazky fibril neprobíhají rovnoběžně s podélnou osu buňky, ale odklánějí se od ní. V každé vrstvě buněčné stěny je odklon fibril jiný. To má význam mechanický. Zajišťuje se tak pevnost buněčné stěny ve směru kolmém na podélnou osu. Odklon fibril od osy buňky je příčinou toho, že dřevo pracuje i v podélném směru, byť jen o 0,2% [2].



**Obr. 4: Struktura buněčné stěny**

Na příčném řezu buněk lze pozorovat několik vrstev buněčné stěny, které se od sebe odlišují. Pro tyto vrstvy je vžitě toto označení:

SL - střední lamela. Slouží ke vzájemnému spojení jednotlivých buněk.

P - primární stěna. Je první stěna, která se vytváří v rostoucí buňce.

S - sekundární stěna. Dává buňce konečnou formu. Výrazně ovlivňuje mechanické vlastnosti dřevního vlákna. Má tři základní vrstvy (S1, S2 a S3).

L - lumen. Buněčná dutina.

## 1.2.2 Stavba jehličnatých dřev

Jehličnaté dřeviny se vyznačují jednoduchou, téměř pravidelnou stavbou dřeva. Podstatnou část dřeva jehličnanů tvoří tracheidy (90%), tracheje a libriform chybějí. Mimo tracheidy se dřevo jehličnanů skládá z parenchymatických buněk, tvořících dřevové paprsky, pryskyřičných kanálků a podélného parenchymu. Tracheidy mají funkci vodivou i mechanickou. Jarní jsou tenkostěnné se širokým lumenem - vedou vodu a v ní rozpuštěné minerální látky. Letní tracheidy jsou tlustostěnné s menšími lumeny a mají funkci mechanickou.

## 1.2.3 Stavba listnatého dřeva

Dřevo listnatých dřevin má složitější stavbu, než dřevo jehličnanů. Listnatá dřeva jsou tvořena třemi druhy buněk:

- cévy (tracheje) a cévice (tracheidy) - vodící elementy
- libriformní vlákna - mechanické elementy
- parenchymatické buňky dřevových paprsků - zásobní elementy

## 1.3 VLASTNOSTI URČUJÍCÍ VZTAH DŘEVA K VODĚ

### 1.3.1 Vlhkost

Je to množství vody obsažené ve dřevě, vyjádřené v % z hmotnosti dřeva. V rostoucím stromě je velmi potřebná jako nezbytná podmínka existence rostlinného organismu. Ve skáceném dřevě je přítomnost vody nežádoucí, protože vyvolává mnoho jevů, hlavně změny objemové. Množství vody ve dřevě dělíme na:

- vodu volnou, neboli kapilární
- vodu vázanou, neboli hydroskopickou
- vodu molekulární, neboli chemicky vázanou

Praktický význam má voda volná a vázaná, jejíž množství klesá při sušení nebo stoupá při zvlhčování dřeva, voda se při tom pohybuje.

Voda volná dopravuje výživné látky z kořenů do koruny stromu. Po setnutí stromu lehce uniká čely a při tom nezpůsobuje objemové změny. Její množství závisí na pórovitosti dřeva, stupni nasycení dřeva a na místě v kmeni. Tato voda se nachází v lumenách buněk a v mezibuněčných prostorech převážně v kapalném skupenství. Volnou vodu neobsahuje dřevo vysušené na vzduchu nebo uměle.

Voda vázaná je přítomna ve dřevě od 0% vlhkosti do bodu nasycení vláken tj. cca do 30% vlhkosti. Nachází se v buněčných stěnách v plynném skupenství a zapříčiňuje objemové změny. Ze dřeva uniká pomaleji než voda volná.

Z praktického hlediska se vlhkost dělí podle těchto stupňů:

- mokré dřevo - nad 100% vlhkosti (uložené ve vodě)
- čerstvě pokácené dřevo - 50 až 100% vlhkosti podle ročního období kácení
- dřevo vysušené na vzduchu - 15 až 20% vlhkosti
- dřevo vysušené uměle - vysušené v sušárnách, obvykle na 4 až 12% vlhkosti
- dřevo absolutně suché - 0% vysušené při 100 až 105°C

### 1.3.2 Měření vlhkosti

- elektrickým vlhkoměrem - na principu měření elektrického odporu, který se zvýšenou vlhkostí klesá a naopak. Tento způsob měření lze použít jen v rozsahu 6 až 25%.
- vážením- je to nejpoužívanější metoda a má nejpřesnější výsledky
- destilací dřeva xylenem - je to laboratorní metoda, která se používá pro zjišťování vlhkosti impregnovaného dřeva
- pomocí mikrovln - elektromagnetické vlnění, které při průchodu dřevem je pohlcované v závislosti na obsahu vlhkosti

### 1.3.3 Bod nasycení vláken

Při vysoušení čerstvě pokáceného dřeva nejprve uniká voda volná. Po jejím vypaření zůstane ve dřevě voda vázaná, kterou jsou vlákna prosycena. Tento stav se nazývá bod nasycení vláken. V buněčných stěnách je maximální množství vody vázané, ale lumény buněk a mezibuněčné prostory jsou prázdné, bez vody. Bod nasycení vláken není u všech dřevin stejný. Pohybuje se od 23 do 35% vlhkosti.

### 1.3.4 Pohyb vlhkosti ve vodě

Vlhkost dřeva se stále přizpůsobuje vlhkosti okolního vzduchu, voda je tedy stále v pohybu. Když přijde do styku se suchým vzduchem, začne se z jeho povrchu vypařovat voda. Tím se sníží vlhkost v povrchových vrstvách, ale uvnitř zůstává v původní hodnotě. Vzniklý rozdíl vlhkosti povrchových a vnitřních vrstev se nazývá vlhkostní spád. V důsledku vlhkostního spádu se vlhkost z vnitřních vrstev k povrchu.

### 1.3.5 Hydroskopická rovnováha

Přijímání vlhkosti dřevem ze vzduchu se nazývá absorpce. Odevzdávání vlhkosti ze dřeva okolnímu suššímu vzduchu se nazývá desorpce. Výměna vlhkosti mezi dřevem a vzduchem probíhá stále. Schopnost dřeva přijímat a odevzdávat vlhkost okolnímu vzduchu se nazývá hygroskopická dřeva. Je to nežádoucí jev. Stanovuje se podle normy ČSN 490104 [14].

### 1.3.6 Hysteréze

Je rozdíl mezi hodnotami vlhkosti stavu vlhkostní rovnováhy při adsorpci a desorpci. Při vícenásobném opakování adsorpci a desorpci se rozdíl zvětšuje. Hysteréza je vysvětlena tím, že suché dřevo má micely sblížené k sobě. Jejich roztažení vodní parou je spojeno s překonáváním velkého odporu do - mikroprostorů se už nedostane tolik vody, kolik bylo



původně ve vlhkém dřevě. Rozdíl je 2 až 3%. To znamená, že dřevo jednou vysušené nikdy nepřijme zpět tolik vody, kolik ji původně mělo.

### **1.3.7 Sesychání dřeva**

Při vypařování vody pod nasycení vláken z buněčných stěn se řetězce celulózy k sobě vzájemně přibližují a tím se zmenšují buněčné stěny. Navenek se tento úkaz projeví zmenšením rozměrů dřeva. Sesychání závisí na směru vláken a druhu dřeva. Rozdílné sesychání v různém směru vláken se vysvětluje sklonem mikrofibril k ose vláken (jsou orientovány téměř podél osy, proto je sesychání podél vláken minimální).

### **1.3.8 Bobtnání dřeva**

Je to opačný proces než sesychání - zvětšují se rozměry dřeva při pohlcování vody vázané. Hydroskopická voda se ukládá do buněčných stěn, vniká mezi fibrily a tlačí je od sebe. Tím se zvětšují rozměry buněčných stěn a celého dřeva. Sesychání a bobtnání dřeva, jako dva neustále střídavě a protisměrně probíhající procesy se nazývají pracování dřeva. Oba se řídí stejnými zákony, ale probíhají pouze v opačných směrech. Bobtnání je negativní jev a stanovuje se podle normy ČSN 490126 [15].

### **1.3.9 Borcení dřeva**

Jsou to tvarové změny způsobené nestejným sesycháním dřeva ve směru podélném, radiálním a tangenciálním. Rozlišujeme tvarové změny příčného průřezu a v podélném směru [1].

## **1.4 FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA**

### **1.4.1 Objemová hmotnost, objemová hustota**

Objemová hmotnost dřeva byla předmětem výzkumu dříve, než všechny ostatní fyzikální vlastnosti dřeva, protože byla pokládána za nejlepší měřítko pro posouzení jeho

pevnostních vlastností. I když jsou mechanické vlastnosti dřeva ovlivněny dalšími faktory, jako např. směrem vláken a obsahem vlhkosti, může objemová hmotnost sloužit za základní míru mechanických vlastností dřeva.

Je nutné rozlišovat objemovou hmotnost dřevní hmoty a objemovou hmotnost dřeva. Objemová hmotnost dřevní hmoty se vztahuje na suchou hmotu buněčných stěn dřeva bez pórů. Její hodnota kolísá v úzkém rozmezí podle způsobu stanovení a chemického složení dřeva. Za průměrnou hodnotu pro všechny druhy dřeva je možno považovat hodnotu  $1560 \text{ kg/m}^3$ .

Objemová hustota dřeva je definována jako hmotnost absolutně suchého dřeva v objemové jednotce dřeva maximálně zbobtnalého vodou [1]. Hustota dřeva se stanovuje podle normy ČSN 490108 [10].

#### **1.4.2 Objem pórů dřeva**

Objem pórů ve dřevě spolu s jeho objemovou hmotností a dále i hodnotou nasákavosti dřeva podává základní informaci o tom, jaký bude příjem impregnačních kapalin do dřeva. Při vyšší objemové hmotnosti a malém objemu pórů má dřeva nižší nasákavost. V důsledku tohoto je průběh impregnace pomalejší a dosahuje se nižšího příjmu impregnační látky ve dřevě. Impregnovatelnost dřeva je dále ovlivněna také strukturou buněčných stěn, zejména jejich perforací, a proto je možné, že dřevo o stejné objemové hmotnosti a objemu pórů nebude dosahovat stejných hodnot příjmu kapalin. Stanovení hodnot objemové hmotnosti, objemu pórů a nasákavosti dřeva přesto do značné míry charakterizuje výchozí vlastnosti dřeva, které má být konzervováno a může udávat kvantitativní měřítko stupně jeho poškození [3].

## 2 POLYMERY VHODNÉ KE SPOJOVÁNÍ SE DŘEVEM

Látky, které se používají ke konsolidaci dřeva dělíme na látky přírodní a na látky syntetické. Přírodní materiály, jako oleje, klihy, vosky, kasein a pryskyřice se ke spojování dřeva používají od nepaměti, jako lepidla, či pojidla. Byly a jsou součástí konzervování a restaurování dřeva.

Syntetické látky, ve formě monomerů, oligomerů i polymerních řetězců, které se uplatňují ke spojování se dřevem mají lepší fyzické i chemické vlastnosti, než dosud používané přírodní látky a dají se poměrně snadno přizpůsobit potřebám konsolidace[5].

### 2.1 ŽIVOČIŠNĚ KLIHY

#### 2.1.1 Želatina a klich

Želatina a klich jsou vodorozpustné proteiny získané částečnou hydrolyzou kolagenu. Kolagen se ve velkém množství vyskytuje v živočišných kůžích, šlachách a kostech. Lze jej hydrolyticky štěpit přes stadium želatiny a klichu na sloučeniny s nižší molekulovou hmotností. V suché formě je želatina průhledný amorfni materiál, v roztoku nažloutlý. Klihy jsou nažloutlé až hnědé.

Dříve se klich používal k lepení dřeva nebo jako pojivo do barev. V současnosti se klich používá k lepení dřevěných dých, lepení papíru nebo při vázání knih.

#### 2.1.2 Kasein

Kasein je hlavní protein mléka. Je to složitý heterogenní soubor bílkovin. Kasein je srážen z odstředěného mléka okyselením na pH 4,5. Kasein na rozdíl od želatiny a kostního klichu je ve vodě nerozpustný. Pouze bobtná. Rozpouští se ve vodných roztocích alkálií za vzniku kaseinátů. Roztoky kaseinátů jsou napadány bakteriemi a plísněmi, čímž se mění jejich kvalita. Z tohoto důvodu jsou do roztoků přidávány ochranné látky. Kaseinát vápenatý byl v minulosti používán jako pojivo pigmentů pro nástěnnou malbu. V průmyslovém měřítku je kasein znám jako výborné lepidlo dřeva a papíru, především

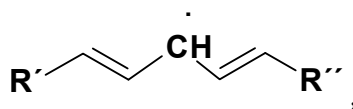
tam, kde jsou spojované plochy porézní. Odolnost kaseinu proti vodě lze dosáhnout pomocí formaldehydu.

## 2.2 ROSTLINNÉ OLEJE

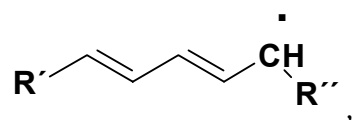
Rostlinné oleje se už od 14. století používaly jako olejové pojivo do maleb. Tato technika použití je založena na vysychavosti olejů. Jsou to převážně rostlinné oleje lněný, makový, ořechový a čínský dřevný (tungový). Rostlinné oleje jsou tvořeny směsí esterů glycerolu a vyšších mastných kyselin. Stupeň nenasycenosti těchto kyselin způsobuje vysychání olejů vlivem působení vzdušným kyslíkem. Obvyklým kritériem nenasycenosti je jodové číslo. Podle hodnot jodového čísla dělíme oleje do tří skupin:

- rychle vysychavé oleje - hodnota jodového čísla 160 - 200, vysoký obsah kyseliny linoleové. Nejznámější zástupci jsou lněný a čínský dřevný olej.
- pomalu vysychavé oleje - jodové číslo: 120 - 150. Zástupci jsou makový a ořechový olej.
- nevysychavé oleje - jodové číslo nižší než 100. Jsou po především olivový a ricinový olej.

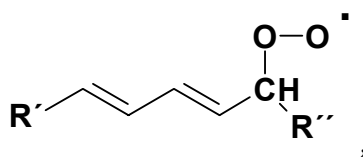
Vysychání olejových barev je spojeno nejen s odpařování rozpouštědla, ale především polymerací mastných kyselin iniciovanou kyslíkem za vzniku hydroxiperoxidů. První krok schnutí oleje je odštěpení vodíku v aktivované pozici za vzniku volného radikálu:



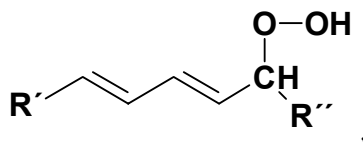
vzniklý radikál se přeskupuje do stabilnější polohy, obsahující konjugované vazby:



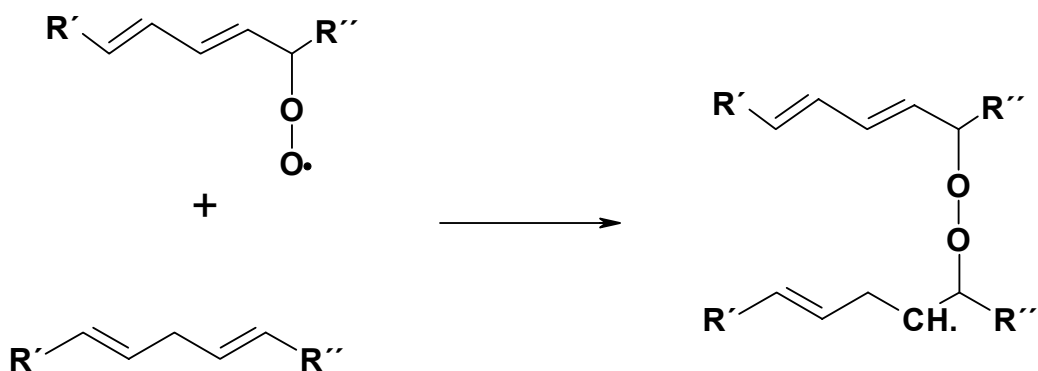
radikál dále s kyslíkem reaguje na peroxidový radikál:



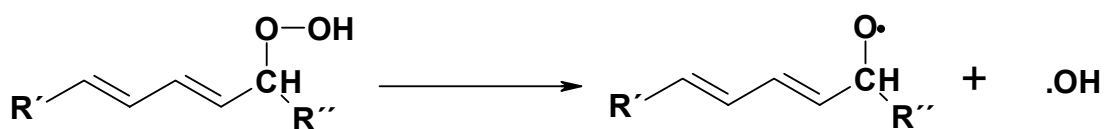
který se odtržením vodíku od jiné molekuly stabilizuje na hydroperoxid:



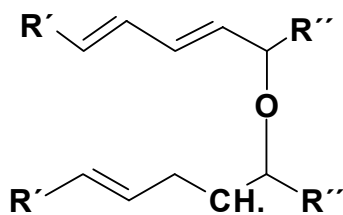
peroxidový radikál může reagovat s dvojnou vazbou molekul sousedních kyselin:



Peroxidové sloučeniny jsou nestabilní, štěpí se působením světla a světla na peroxidické, alkoxylové nebo hydroxilové radikály:



Alkoxylový radikál vytváří opět reakcí s dvojnou vazbou příčné vazby:



Tyto reakce vedou ke vzniku trojrozměrné struktury a jsou základem procesu vysychání oleje. Vyschlý film oleje obsahuje zesíťované molekuly glyceridů mastných kyselin. Při první fázi polymerace nebyly vyčerpány všechny možnosti oxidace a následné reakce. Tyto následné reakce vedou k polymeraci, ale především k degradačním reakcím, které jsou příčinou stárnutí malby. Stárnutí se projevuje žloutnutím, ztrátou pružnosti, snížením adheze, praskáním, až konečným rozpadem.

Rostlinné oleje se dále používají k impregnaci dřeva a spolu s přírodními pryskyřicemi jako nátěr pro povrchovou úpravu dřeva.

## 2.3 VOSKY

Svým chemickým složením jsou příbuzné olejům a tukům. Obsahují estery mastných kyselin. Pro stabilitu vosků je významné, že obsahují jen nepatrné množství nenasycených kyselin a alkoholů.

### 2.3.1 Včelí vosk

Nejvýznamnější z přírodních vosků. Surový včelí vosk se získává přetavením včelích plástů v horké vodě. Skládá se ze 72% alkylesterů mastných a voskových kyselin. Zbytek tvoří estery cholesterolu s mastnými kyselinami, laktony, barviva a propolis.

Včelí vosk je rozpustný v benzenu, toluenu, tetralinu, terpentýnu, chloroformu a sirouhlíku. Patří mezi mimořádně stálé organické materiály. Bylo dokázáno, že včelí vosk se nezměnil ani za tisíciletí. Pro tyto vlastnosti byl a je používán v roztaveném stavu nebo rozpuštěný v organických rozpouštědlech jako pojivo do malířských barev. Mimo to je včelí vosk používán v konzervátorské a restaurátorské praxi jako konzervační, impregnační a zpevňovací prostředek[3].

### 2.3.2 Lanolin

Voskovitá látka, která se získává rafinací tuku odpadajícího jako vedlejší produkt při čištění vlny. Nejedná se o tuk v pravém slova smyslu, neboť alkoholickou složkou esterů není glycerin, ale alifatické a aromatické alkoholy.

Lanolin obsahuje 58% mastných kyselin, především kyseliny palmitovou a kapronovou vázaných do esterů, 40% alkoholů, steroly a lanosterol. Zbytek tvoří ketony, laktony a parafiny. Lanolin je žlutá, až světlehnědá látka. Přítomnost cholesterolu je příčinou jeho schopnosti přijímat vodu a vytvářet s ní emulze typu voda / olej. Tato vlastnost se využívá při konzervaci usní a při přípravě barev.

Rozpouští se v benzenu, chloroformu, etherech, málo v ethylalkoholu[8].

### 2.3.3 Karnaubský vosk

Tento vosk vytváří ochrannou vrstvu na listech brazilské karnaubské palmy. Z povrchu usušených listů se získává mechanickým oddělením a čistí se přetavením. Karnaubský vosk obsahuje až 81% voskových esterů, zbytek tvoří volné voskové kyseliny, laktony, volné alkoholy, uhlovodíky a pryskyřice. Vosk je bělavý, tvrdý a křehký. Je možno jej zmýdelnit silnými alkáliemi. Z přírodních vosků má nejvyšší bod tání 86°C. V konzervátorské praxi bývá používán v případě, že je nutné zvýšit bod tání a tvrdost jiných vosků ke konsolidaci dřeva.

### 2.3.4 Montánní vosk

Surový montánní vosk se získává extrakcí lignitu a hnědého uhlí rozpouštědly. Chemické složení vosku je obdobné rostlinným voskům. Obsahuje estery kyselin ( $C_{27}$  -  $C_{31}$ ) a alkoholů ( $C_{24}$  -  $C_{30}$ ). Montánní vosk má vysoký bod tání a tvrdost. Používá se k výrobě leštících past.

### 2.3.5 Parafin

Parafin je připravován z vyšších destilačních frakcí ropy. Skládá se ze směsi vyšších alkanů s malou příměsí rozvětvených a cyklických sloučenin. Parafiny se rozlišují podle bodu tání. Měkké parafiny mají bod tání okolo 50°C, tvrdé parafiny tají při teplotách až o 10°C vyšších. Dobře čištěný parafin je bílá, křehká krystalická látka, průsvitná s nádechem do modra. Parafin se rozpouští v teplém terpentýnu, benzínu, sirouhlíku, aromatických uhlovodících, chlorovaných uhlovodících a také v olejích a tucích. Parafin se používá k přípravě vodoodpudivých nátěrů. Bývá součástí různých leštících past a prostředků k odstraňování starých nátěrů a laků.

## 2.4 PŘÍRODNÍ PRYSKYŘICE

Pryskyřice nacházely v minulosti rozsáhlé použití v konsolidaci dřeva. Donedávna byly používány i průmyslově k přípravě nátěrových barev, laků a spojovacích tmelů. V posledních letech jejich význam klesá, neboť jsou vytlačovány syntetickými polymery. V restaurátorské praxi bývají součástí barev a laků, ve směsi s vosky slouží k přichycení odlepené polychromie, či rekonstrukci historického nábytku. Přírodní pryskyřice jsou obdobně jako přírodní kaučuky vylučovány z poraněných rostlin. Výjimkou je šelak. Pryskyřice bývají děleny na recentní, to je na ty, které jsou získávány čerstvým poraněním stromů (kalafuna, damara, mastix), a na fosilní, které jsou nacházeny v zemi (jantar, kopál). Hlavními složkami pryskyřic jsou terpenoidy.

### 2.4.1 Kalafuna

Získává se z pryskyřic a balzámů získané ze stromů rodu pinus – borovice. Kalafuna obsahuje asi 90% abietadienových kyselin, dále směsí fenolických sloučenin a menší množství pimaradienových kyselin. Dvojně vazby těchto kyselin jsou příčinou nestálosti kalafuny, která časem hnědne. Kalafuna vykazuje nežádoucí stárnutí, bez přídavku plastifikátorů způsobuje křehnutí dřeva. Její aplikace se nedoporučuje v případech, kdy je třeba objekt lepit klijem. K lepení je potřeba objekt nahřát, což způsobí měknutí



pryskyřice [6]. Používá se jako příměs vosko – pryskyřičnatých směsí k rekonstrukci malých objektů v restaurátorství.

### 2.4.2 Damara

Damara je produkována tropickými stromy jihovýchodní Asie, Podstatou této pryskyřice jsou damarové sloučeniny odvozené od triterpenoidního skeletu, který bývá doplněn karbonylovou a hydroxylovou skupinou. Obsahuje 23% damarové kyseliny. Nízké jodové číslo svědčí o malém obsahu dvojných vazeb a vysvětluje její stálost. Přírodních pryskyřic damary nejméně žloutnou. Jsou proto používány k přípravě obrazových laků, čímž je zvyšován jejich lesk a transparence. Používají se i směsi damary a vosků k přípravě tmelů a pojiv ke stabilizaci dřeva.

### 2.4.3 Mastix

Získává se z balzámů stromů rodu Pistacia, rostoucích v oblasti středomoří. Mastix je složen z triperthenů a polymerních uhlovodíků. Obsahuje asi 42% pryskyřičnatých kyselin 50% nezmýdelnitelných látek. Rozpouští se v terpentýnu, chlorovaných a aromatických uhlovodících. Má obdobné vlastnosti jako damara , a stejně jako ona je přidávána k olejovým a temperovým barvám k dosažení vyššího lesku.

### 2.4.4 Šelak

Je to směs esterů odvozených od hydroxykyselin. Na rozdíl od předchozích pryskyřic není šelak rostlinného původu, ale živočišného. Je produkován hmyzem Lucifer Lacha, který parazituje na stromech a keřích rostoucích v Indii. Šelak obsahuje barvivo, cukry, slizy a asi 5% vosku. Neobsahuje terpenové kyseliny. Rozpouští se v alkoholech a za horka v alkalických roztocích. Tyto roztoky se používaly jako pojivo k přípravě čínských tuší. V současnosti se používá k přípravě politur na nábytek [9]

## 2.5 PŘEHLED SYNTETICKÝCH POLYMERŮ

V současné době se vyrábí celá řada polymerů. Ne však všechny mají význam v konsolidaci dřeva. Proto uvedu pouze ty polymery, se kterým konzervátor přichází do styku.

### 2.5.1 Polyethylen (PE)

Polyethylen se svým vzhledem a strukturou podobá parafínu s tím rozdílem, že má mnohem větší molekulovou hmotnost. PE je za normální teploty nerozpustný v organických rozpouštědlech. Má výbornou odolnost proti vodě. Restaurátor se setkává s PE převážně ve formě fólií. Jsou používány jako separační prostředek, brání se jimi vysychání čistících past a při vhodné úpravě lze možné fólii použít při vakuové impregnaci dřeva.

### 2.5.2 Polyvinylacetát (PVAC)

Polyvinyl acetát je bezbarvá, průhledná látka, podle polymeračního stupně elastická až tvrdá. Ve vodě se nerozpouští, pouze bobtná. Rozpouští se v benzenu, toluenu a chlorovaných uhlovodících. PVAC je používán jako surovina pro přípravu laků a barev. Laky jsou bezbarvé, vysoce lesklé, elastické, stálé na světle a mají dobrou přilnavost. Kombinací vhodných disperzí PVAC s vhodnými plnivy se připravují různé tmely, vhodné ke spojování se dřevem.

### 2.5.3 Polyvinylalkohol (PVAL)

Polyvinylalkohol se připravuje hydrolyzou PVAC. Vlastnosti PVAL závisí nejen na jeho molekulové hmotnosti, ale i na obsahu zbytkových acetátových skupin. Je to bílý nebo nažloutlý prášek. Rozpouští se ve vodě. Nerozpouští se ve většině organických rozpouštědel, je odolný olejům a tukům. PVAL není odolný vůči mikroorganismům.

Z hlediska konzervace dřeva je významné použití vodného roztoku PVAL jako lepidla a impregnačního prostředku.

#### **2.5.4 Polyvinylbutyral (PVB)**

Polyvinylbutyral vzniká reakcí PVAL s butyraldehydem. PVB je bezbarvý, průhledný polymer s vynikající stálostí vůči atmosférickým vlivům, působení slunečního záření, kyslíku a ozonu. Je rozpustný v alkoholech, ketonech a chlorovaných uhlovodících. V restaurátorské praxi je používán především jako surovina pro přípravu laků a lepidel. Je využíváno jeho pojivých schopností při restaurování papíru. Pro svou odolnost vůči stárnutí byl používán jako obrazový lak.

#### **2.5.5 Polymethakryláty a polyakryláty**

Vznikají polymerací esterů kyseliny methakrylové. Nejznámějším představitelem polymethakrylátů pro restauraci dřeva je polymethylmethakrylát (PMMA). Má vynikající stabilitu vůči povětrnostnímu stárnutí. Působením světla nesíťuje. Rozpouští se v esterech, ketonech, aromatických a chlorovaných uhlovodících a ledové kyselině octové.

Rozsáhlé použití při restauraci dřeva nachází roztoky PMMA, například k přípravě lepených spojů za normální teploty a ke zpevnění dřeva. PMMA při zpevňování dřeva je možné polymerovat gama zářením.

Z ostatních methakrylátů dosáhl uplatnění polybutylmethakrylát. Tento polymer má kaučukovitý charakter. Jeho roztoky jsou používány jako lepidlo nebo jako pojivé látky ke zpevnění omítek.

Významné uplatnění nachází kyselina polyakrylová. Je ve vodě rozpustná a používá se jako zahušťovadlo, případně jako dispergační prostředek pro pigmenty.

### 2.5.6 Fenolformaldehydové, močovinoformaldehydové a melaminoformaldehydové pryskyřice

Tyto pryskyřice vznikají kondenzací fenolu, močoviny a melaminu s formaldehydem. V konzervátorské a restaurátorské praxi se uplatňují především jako lepidla dřeva. Jedná se o lepidla dvousložková, tzn., že k vlastnímu vytvrzení dojde působením tvrdidla.

- **Fenolformaldehydová lepidla** se vytvrzují za normální teploty roztokem kyseliny *p* – toluensulfonové. Tato lepidla, většinou používaná k lepení dřeva, poskytují po vytvrzení spoje odolné vůči vodě, vůči rozpouštědlům i proti vyšším teplotám. Jejich nevýhodou je jejich tmavá barva. Lze je ředit etanolem nebo vodou, zahušťovat plnivy za účelem zvýšení elasticity i modifikovat jinými polymery.
- **Močovinoformaldehydová lepidla** jsou nejrozšířenějším lepidlem dřeva. Jejich výhodou je, že po vytvrzení poskytují čirý, tvrdý film, odolný vůči rozpouštědlům. Odolnost proti vodě je krátkodobá. Vytvrzují se vodnými roztoky chloridu amonného. Lepidla plněná například dřevitou moučkou je možno použít pro lepení nerovných ploch dřeva, kde této lepidla plní funkci spárového tmelu.

Melaminoformaldehydová lepidla mají oproti močovinoformaldehydovým lepidlům lepší odolnost vůči vodě. Používají se na výrobu dřevotřísek.

### 2.5.7 Cyklohexanonové pryskyřice

Tyto pryskyřice vznikají reakcí cyklohexanonu a methylcyklohexanonu s formaldehydem, přičemž průměrný polymerační stupeň je sedm. Používají se jako obrazové laky. Mají obdobné zpracovatelské a mechanické vlastnosti jako přírodní pryskyřice jako damara nebo mastix.

Jsou odolné vůči žloutnutí a oxidaci. Nevýhodou je, že jako přírodní pryskyřice křehnou. Rozpustné jsou v lakovém benzínu.

### 2.5.8 Polyethylenglykoltereftalát (PETP)

Lineární polykondenzáty ethylenglykolu s kyselinou tereftalovou. V restaurátorské praxi jsou úspěšně používány transparentní orientované fólie z tohoto polymeru jako separační fólie při nažehlování na horkém stole. Využívá se zde mimořádné pevnosti těchto fólií a vysoké teploty tání (255°C). Jsou použitelné do 200°C. Jsou známé pod obchodními názvy Mylar, Melinex a Hostaphan.

### 2.5.9 Epoxidové pryskyřice (EP)

Základní epoxidové pryskyřice vznikají reakcí dianu s epichlorhydrinem. Podle poměru výchozích látek lze získat strupovité až tuhé, tavitelné pryskyřice, které jsou rozpustné v běžných rozpouštědlech. Reaktivní koncové epoxidové a hydroxylové skupiny jsou schopny vytvrzovací reakce.

Roztoky epoxidových pryskyřic nacházejí uplatnění jako zpevňovací prostředky porézních materiálů, především dřeva. Tato aplikace je zvláště úspěšná od doby, kdy jsou používána reaktivní rozpouštědla. Určitým nedostatkem EP při těchto použitích je jejich nerozpustnost po vytvrzení, která způsobuje, že konzervátorský zásah je nevratný.

### 2.5.10 Polyurethany (PUR)

Polyuretany vznikají polyadici glykolů s polyisokyanáty. Jsou z hlediska mechanických vlastností dobře odolné povětrnostním vlivům. Na světle žloutnou až hnědnou. Pro práci se dřevem mají význam dva produkty na bázi polyuretanů, a to pěnové hmoty a lepidla. PUR jsou též výchozí surovinou při přípravě kvalitních nátěrových hmot a laků.

### 2.5.11 Polyethylenglykol (PEG)

Polyethylen glykol vzniká polyadici ethylenoxidu na ethylenglykol a představuje lineární polymer zakončený dvěma hydroxylovými skupinami. PEG do molekulové hmotnosti 500 jsou za normální teploty kapalné. Polymery o molekulové hmotnosti vyšší mají

konzistenci tuků až tuhých vosků. Polyethylenglykoly jsou nerozpustné v terpentýnu i alifatických uhlovodících. Nemísí se s minerálními a rostlinnými oleji. PEG nachází v restaurátorské praxi použití jako konzervační prostředek vodou nasyceného dřeva. Nízkomolekulární produkty jsou používány místo glycerinu jako změkčovač, například celofánu a želatiny.

### 2.5.12 Deriváty celulózy

Celulóza je přirozená makromolekulární látka, tvořící základ většiny rostlinných tkání. Její vysoká polarita, vodíkové můstky a krystalinita ji činí v původním stavu obtížně zpracovatelnou. Reakcí hydroxylových skupin celulózy mohou vznikat estery nebo ethery. Některé z těchto produktů nacházejí uplatnění v konzervátorské praxi.

- **Xantát celulózy** po vysrážení do kyselé lázně poskytuje fólie, která jsou důležitým obalovým materiálem. Vzhledem k tomu, že jsou odolné vůči teplu, jsou používány jako separační materiál při zažehlování. Fólie mají dobrou odolnost vůči vlhkosti a stárnutí [3].
- **Nitrát celulózy** je vysoce hořlavý a výbušný. Rozpouští se acetonu, esterech a ve směsi etheru s alkoholem. Lze jej měkčit kafrem a běžnými změkčovadly. Je výchozí surovinou nitrolaků a lepidel. Nevýhody: nízká odolnost, „chudý vzhled“, špatná plnivost (každá následující vrstva rozpouští vrstvy předcházející, takže neustále kopírují povrch), žloutnutí [11].
- **Acetát celulózy** je rozpustný v acetonu a ve směsi aceton a alkohol. Má dobrou odolnost vůči benzínu a minerálním olejům. Změkčuje se běžnými změkčovadly. Z něho připravené fólie jsou transparentní s vysokou propustností UV paprsků. Je používán jako lakařská surovina.
- **Methylcelulóza** je rozpustná ve studené vodě. Používá se jako zahušťovač, ochranný koloid, lepidlo, či pojivo barev.

- **Karboxymethylcelulóza** je sodnou solí kyseliny celulózoglykolové. Je rozpustná ve vodě a je silně hydrofilní. Není rozpustná v organických rozpouštědlech. Jejich viskozita je snižována vlivem mikrobiálního napadení, a proto je nutno je před ním chránit vhodnými fungicidy. Karboxymethylcelulóza se používá jako pojídlo a lepidlo, jako ochranný koloid a zahušťovadlo vodných disperzí polymerů.

### 3 METODY KONSOLIDACE A APLIKAČNÍ FORMY POLYMERŮ

Impregnace dřeva spočívá v jeho impregnaci látkami, které mají působit proti změnám obsahu vlhkosti, proti vlivům povětrnostním, proti napadení dřevokaznými organismy a případně i jako zpevňovací prostředky narušeného dřeva:

- nemá působit bobtnání dřeva, ani ostatního materiálu
- má chránit dřevo proti plísním a houbám
- má chránit dřevo proti novému napadení
- má chránit dřevo proti výměně vlhkosti mezi dřevem a okolním prostředím, vytvrzování zpevňovacího prostředku nemá být provázeno smršťováním dřeva.

Je zřejmé, že žádný současný prostředek nespĺňuje všechny požadavky, vyskytující se v konzervátorské praxi. Při volbě konzervační látky je nutně přistupovat ke každému restaurovanému objektu individuálně.

#### 3.1 PROSTŘEDKY ZPEVŇOVÁNÍ DŘEVA

##### 3.1.1 Přírodní

Nejstaršími zpevňovacími látkami byly roztoky přírodních pryskyřic, jako je šelak, kalafuna, mastix a damara v organických rozpouštědlech, dále včelí vosk v roztoku nebo tavenině, klíž a vysychavé oleje.

##### 3.1.2 Syntetické

Syntetické pryskyřice začaly být užívány asi před 60 – 70 lety. Byla to nejprve disperze methylcelulózy a polyvinilacetátu v alkoholu která byla používána pro přilepování odloupené polychromie i pro zpevňování dřeva.



**Polyethylenglykoly** se používají pro zpevňování dřeva asi 40 let. Jsou vhodné pro zpevňování dřeva nasyceného vodou.

**Polyesterové pryskyřice** se z důvodu snížení viskozity kombinují s monomery, nejčastěji se styrenem. Jejich vytvrzování se provádí chemicky nebo zářením gama.

**Epoxidové pryskyřice** byly s úspěchem použity pro zpevňování dřevěných plastik, zředěné monofunkčním a disfunkčním reaktivním rozpouštědlem.

**Polymery a kopolymery esterů kyseliny akrylové a methakrylové** jsou vhodné ke zpevňování dřeva pro svou vynikající stálost a možnost změn vlastností v závislosti na složení monomerní směsi. Běžně jsou používány roztoky polymerů a kopolymerů methakrylátů nebo kopolymerů methakrylátů s akryláty.

Při zpevňování dřeva roztoky zpevňovacích látek je jedním z hlavních požadavků dosažení dostatečné hloubky průniku látky do dřeva. Hloubka průniku závisí na fyzikálně chemických vlastnostech zpevňující látky, dřeva a na metodě impregnace. Průnik kapalin do dřeva je dán jeho pórovitou strukturou. Při vyšší objemové hmotnosti dřeva a malém objemu pórů je průnik kapalin nižší. Pronikání látek do dřeva závisí na jejich polaritě. Čím je látka polárnější, tím lépe proniká do kapilárního systému dřeva. Na pronikání kapalin má značný vliv jejich viskozita. Pro konzervaci je vhodné, když má impregnační roztok při vysoké koncentraci zpevňovací látky nízkou viskozitu, a tak lze dosáhnout vyššího příjmu látky ve dřevě. Roztok může mít nízkou viskozitu při vysoké koncentraci zpevňující látky, jestliže má látka relativně nízkou molekulovou hmotnost. Roztoky akrylátových a methakrylátových polymerů nejsou zcela vyhovující pro úspěšné zpevňování dřeva pro svou vysokou molekulovou hmotnost.

Metoda zpevňování dřeva impregnací monomerem a jeho následnou polymerací v objektu je slibná pro snadnou impregnaci dřeva nízkomolekulárními monomery o nízké viskozitě. Nejčastěji užívanými monomery jsou methylmethakrylát a styren [3].

## 3.2 METODY IMPREGNACE DŘEVA

Dřevo je porézní materiál, který představuje systém pórů, kapilár a mikrokapilár. Ty mohou být otevřené nebo částečně, až úplně uzavřené. Tyto dutiny jsou vyplněny vzduchem, který brání pronikání impregnačního roztoku. U dřeva, které bylo narušeno

působením biotických škůdců, vzrůstá příjem impregnačních látek s rostoucím objemem a velikostí takto vzniklých dutin. Při impregnaci dřeva se snažíme vpravit do dřeva co možná nejvíce ochranného prostředku. Pohyb kapalin porézním systémem dřeva může být přirozený nebo ovlivněný tlakovým gradientem. Hnací silou přirozeného pohybu kapalin ve dřevě je difúze (mokrě dřeva) a kapilární síly. Tlakový gradient, vyvolaný snížením nebo zvýšením tlaku porézním systémem dřeva, výrazně urychluje pohyb kapalin. V případě vakuové impregnace k tomu přispívá i odstranění vzduchu z pórů dřeva.

### 3.3 APLIKACE A TECHNOLOGICKÉ POSTUPY PŘI KONSOLIDACI DŘEVA

Způsoby aplikace ochranných prostředků do dřeva závisí na stupni ohrožení, typu ochranného prostředku, vlhkosti a druhu dřeva. Podle způsobu impregnace můžeme účinnost ochrany dřeva rozdělit na:

- **povrchová** – nátěr, postřik, krátkodobý ponor (do 5 minut) umožňuje hloubku průniku prostředku do dřeva do 2 mm
- **polohlubková** – ponorem a dlouhodobým máčením (1 – 48 hod.) umožňuje hloubku průniku do 2 – 10 mm
- **hlubková** – vakuová a vakuotlaká impregnace umožňuje proimpregnování bělového dřeva, jádra do hloubky 2 – 5 mm a smrkového dřeva do hloubky 5 – 15 mm.

#### 3.3.1 Povrchová impregnace

Nátěr a postřik jsou aplikační metody málo účinné. Patří mezi metody pomocné.

### 3.3.2 Infúzní metoda

Metoda, při které se používají injekční jehly, které jsou napojeny na nádobu se zásobním roztokem. Ze zásobní nádoby stéká impregnační kapalina přímo do vyvrtaného otvoru ve dřevě. Jedná se o metodu, která nevyžaduje složité technické vybavení. Konsolidační prostředek se do kapilárního systému dřeva dostává vlivem kapilárních sil. Dokonalému průniku konsolidačního prostředku do kapilár však brání vzduch v nich obsažený. Tato metoda je časově náročná a je vhodná pro menší objekty.

### 3.3.3 Ponoření za atmosférického tlaku

Je to máčení dřeva v impregnační kapalině. Tato metoda je velmi pomalá. Vyžaduje poměrně dlouhou dobu ponoru a příjem kapaliny je omezený. Příjmu kapaliny brání vzduch, který je obsažen v dutinách dřeva. Pro polychromované předměty je tato metoda nevhodná – hrozí poškození polychromie, vlivem bobtnání dřeva i samotné polychromie chemikáliemi.

### 3.3.4 Vakuová impregnace

Je to impregnace ponořením za sníženého tlaku. Vyžaduje podstatně kratší dobu k dosažení maximálního příjmu impregnační látky dřevem, než ponoření za atmosférického tlaku. Při vakuové impregnaci je pronikání kapaliny do dřeva usnadněno odsáváním vzduchu z porézního systému dřeva a vytvořením tlakového gradientu. Díky krátké době impregnace se ve srovnání s předchozí metodou nebezpečí poškození polychromie vlivem bobtnání snižuje.

### 3.3.5 Za sníženého tlaku v plastovém obalu

Impregnovaný předmět je místo ve vakuové nádobě umístěn v zatavené PE fólii. Předmět je zabalen do ochranné sítě, která zabraňuje protržení PE fólie, a navíc vytváří prostor pro pohyb kapaliny mezi fólií a konsolidovaným předmětem. Účinnost impregnace za

sníženého tlaku v obalu z plastu je srovnatelná s impregnací ponořením za sníženého tlaku. Tato metoda je vhodná pro objemné a tvarově členité předměty. Další výhodou je nižší spotřeba impregnačního materiálu, než u vakuové impregnace prováděné v uzavřených nádobách [4].

### **3.4 METODY KONZERVACE VODOU NASYCENÉHO DŘEVA**

Nejjednodušší metodou by bylo uložení objektu v prostředí o poměrné vlhkosti vzduchu vyšší než 98%. Tím by se zabránilo vysychání, ale nebylo by zajištěno mechanické zpevnění.

Při zpevňování mokrého dřeva je nutné splnit několik požadavků. Voda má být odstraněna beze změny struktury dřeva tak, aby byly rozměrové odchylky minimální a aby se zachovala soudržnost a původní vzhled.

#### **3.4.1 Zpevňování v nevodných rozpouštědlech**

Dehydratace dřeva vakuovou sublimací po zmrazení umožňuje zachovat strukturu povrchu s nejmenšími možnými změnami. Metoda spočívá ve zmrazení dřeva pomocí pevného oxidu uhličitého a přeměně ledu na vodní páru za sníženého tlaku, při dodání tepla spotřebovaného na sublimaci zahřátím na 30 – 40°C.

Dehydrataci dřeva je možno provést postupnou výměnou vody za rozpouštědla a dřevo lze potom zpevňovat pomocí roztoků zpevňovacích látek, například roztokem sandaraku v dithyletheru a akrylové pryskyřice v benzenu nebo roztokem damarové pryskyřice a kalafuny v diethyletheru.

#### **3.4.2 Zpevňování vodnými roztoky**

Účinné stabilizace archeologického dřeva bylo dosaženo použitím vodných roztoků nízkomolekulárních síťovatelných pryskyřic, které penetrují do mikroskopických dutin dřeva. Tyto pryskyřice jsou sesíťovány působením katalyzátorů a dřevo je nevratně zpevněno.

V praxi se používá metoda pod názvem Arigal C. Objekt je nutno nejprve promýt vodou do odstranění kyselé reakce, která je výsledkem degradačních procesů dřeva. Voda obsažená ve dřevě je nahrazena 25% roztokem melaminformaldehydové pryskyřice a přidá se katalyzátor. Nastane vytvrzení pryskyřice. Bylo stanoveno, že pryskyřice pronikla i do kapilárního systému dřeva. Tomu odpovídá i výborná rozměrová stabilita, dosažená tímto způsobem konzervace.

Významným prostředkem zpevňování dřeva nasyceného vodou je polyethylenglykol. Roztok tohoto polymeru ve vodě je schopný pronikat do dutin buněčných stěn dřeva. PEG se adsorbuje na polární skupiny obsažené ve dřevě, a zajišťuje tak velmi příznivě rozměrovou stabilitu dřeva při vysychání[3].

## DISKUZE

Tato práce pojednává o metodách konsolidace dřeva polymery. Přednosti dřeva jsou z hlediska uplatnění ve stavebnictví a v nábytkářském průmyslu dostatečně známé a využívané. Tento přírodní materiál se musí ošetřovat, jak proti vlhkosti, tak i proti biologickým škůdcům, ať se jedná o stavební prvky pro současné použití, tak i o objekty historické. Pro opravu a stabilizaci historických předmětů se vžil název restaurování. Tento proces má uchovat původní objekty, tak aby byla zachována jejich životnost i původní estetický vzhled. Sám jsem se s tímto problémem setkal osobně při rekonstrukci staré chalupy, kdy se jednalo o ošetření a stabilizování trámů ze stropní konstrukce. Tehdy jsem na impregnaci použil oleje získané z destilace černouhelného dehtu. V současné době se ke zpevňování dřeva používají syntetické polymery ve formě tmelů, barev, laků, či impregnačních materiálů. K tomuto použití byly vyvinuty nové technologie těchto konsolidantů. Z literatury jsem se dozvěděl o nových ochranných látkách na dřevo s předponou NANO. Nanotechnologie se zabývá vývojem, výrobou a použitím materiálů a struktur, jejichž rozměry se pohybují v rozmezí 1 – 100 nm. Tato nová technologie výroby laků umožňuje ultralehkým a jemným částicím proniknout hluboko do struktury dřeva. Například Nano-perl je prostředek s obsahem polydimethylsiloxanu pro ošetření mořeného, lakovaného, voskovaného, olejovaného nebo přírodního dřeva. Plochy ošetřené tímto prostředkem zůstávají po kontaktu s vodou suché, a tím se prodlužuje jejich životnost bez použití fungicidů a insekticidů [12].

Koncem minulého století stoupl zájem odborníků v restaurátorské praxi o nové metody a použití polymerů. Důvodem zájmu byl do značné míry rozvoj chemie polymerů, a také vypracování nových analytických metod, které umožnily hlubší pohled do problému konsolidace dřeva.

Stoupající použití polymerů v restaurátorství není nahodilé. Ukazuje se, že použití syntetických polymerů ke stabilizaci dřeva je více úspěšné, než použití přírodních látek. Užití polymerů k zachování starého dřeva má i své problémy, a to především zvolit správnou koncentraci a teplotu impregnačního roztoku. Podmínkou pro aplikaci polyethylenglykolu (PEG) na konzervaci archeologického dřeva je důkladné odstranění nečistot promytím vodou, aby byla umožněna penetrace polymeru do dřeva. Doporučená počáteční koncentrace impregnované lázně je 10 až 30% PEG. Proces je možno urychlit zvýšením teploty postupně od 30°C do 70°C. Lázeň se plynule zahušťuje a voda je

nahrazována stále koncentrovanějším roztokem PEG, zvýšená teplota rovněž zvyšuje difúzi polymeru do dřeva. Proces, který trvá podle velikosti objektu 2 – 6 týdnů, je ukončen, když se lázeň přestane odpařovat. Metoda může mít řadu variant podle molekulové hmotnosti PEG (1000 – 4000), koncentrace roztoku, doby impregnace a teploty lázně.

Švédská loď „Wasa“, která byla konzervována PEG metodou po velmi důkladném průzkumu stupně poškození. Menší díly většinou z dubového dřeva, byly impregnovány ve vyhřáté lázni 30% roztokem PEG 4000, aby polymer nepronikl do dřeva. Lepších výsledků bylo dosaženo s počáteční koncentrací 5% a nakonec byl použit PEG 1500, který penetroval mnohem lépe. Koncentrace PEG roztoku byla pomalu zvyšována a proces vyžadoval dobu asi dva roky. Koncentrace kostry lodi trvala deset let.

Konzervace každého objektu je individuálním problémem. Je možné provést určité rozřídění dřevěných objektů na objekty vytvořené pouze ze dřeva, jako jediného materiálu (takových objektů je poměrně málo) a objekty, kde dřevo je použito společně s dalším materiálem. Pro výběr konzervační techniky je nutné poznání objektu, znalost stavu, v jakém se objekt nachází, neboli stupeň jeho poškození, a také příčiny poškození. Dřevo je materiál, který reaguje na změny prostředí. S měnící se teplotou a vlhkostí se roztahuje a smršťuje. Je napadáno organismy a je známo, že některé typy dřeva jsou citlivější na tento způsob poškození, než jiné druhy. Zjistit a vysvětlit stupeň a příčiny poškození objektu, který je zhotoven z různých druhů dřeva nebo ještě jiných dalších materiálů, je velmi obtížné. Poškození je často způsobeno kombinací materiálů. Dřevěné objekty jsou zvláště citlivé na poškození v místě, kde přichází do vzájemného kontaktu různé materiály. Často se nachází největší poškození červotočem pod polychromií. Studium příčin poškození nemůže být odděleno od pečlivého studia historie objektu. Jedním z důležitých faktorů pro ochranu všech dřevěných objektů je klimatická regulace prostředí kde jsou uloženy[3].

V této práci není obsažena celá problematika konsolidace dřeva polymery. Zabývám se dřevem, jako přírodním materiálem, uvádím nejznámější přírodní a syntetické polymery pro stabilizaci dřeva a způsoby jejich použití.

Literatura, ze které jsem především čerpal, byla zaměřena na restaurování historických objektů.

## ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval konsolidací a stabilizací dřeva polymery.

Dřevo jako přírodní organický materiál podléhá degradačním vlivům, které časem mohou vést až k jeho úplnému zničení. K poškození dřeva dochází působením fyzikálních, biologických i chemických faktorů.

V první části práce se zabývám dřevem z hlediska chemického složení, anatomickou stavbou, a to především složení buněčné stěny. Jsou zde uvedeny fyzikální vlastnosti dřeva, hlavně změny objemu materiálu (borcení, bobtnání) způsobené změnou relativní vlhkosti prostředí. Důležitá je rychlost změny, která má vliv na difúzi vlhkosti do dřevní hmoty.

Ve druhé části uvádím použití polymerů, vhodných ke spojování se dřevem. Tyto polymery se dělí na přírodní, jako jsou např. oleje, klihy, vosky, pryskyřice a na syntetické ve formě monomerů, oligomerů i polymerních řetězců. U jednotlivých materiálů jsou uvedeny chemické a fyzikální vlastnosti, které jsou vhodné pro stabilizaci dřeva polymery.

Ve třetí části své bakalářské práce se zabývám metodami konsolidace a aplikačními formami polymerů. Zde uvádím vhodné technologie pro impregnaci konstrukčního dřeva, např. pro použití ve stavebnictví a restaurování historických objektů. Každý uvedený postup je vhodný jen pro určitý objekt, a proto se musí při výběru technologií a aplikací postupovat individuálně. Zpevňující vhodné prostředky a správně použité technologie prodlužují životnost dřeva. Cílem restaurování historických objektů je zachování maximální funkční a estetické věrnosti.



## LITERATURA

1. KURIÁL, P.: Nauka o dřevě. Učební texty. Vyšší odborná škola uměleckých řemesel, Brno, Husova 10. Brno 2002.
2. UDRŽAL, P., DAVID, S., CÍSAŘ, M.: Řezbářství. 3. vydání. SNTL, Praha 1989.
3. ZELINGER, J., ŠIMŮNKOVÁ, E., KOTLÍK, P.: Chemie v práci konzervátora a restaurátora. Vydavatelství Akademia, 21-066-82, Praha 1982.
4. ŠEVCŮ, O., VINAŘ, J., PACÁKOVÁ, M.: Metodika ochrany dřeva. Vydal Státní ústav památkové péče v Praze, ISBN 80-86234-14-2, Praha 2000.
5. ILČÍKOVÁ, M.: Užití polymerů při opravách a vytváření dřevěných objektů. (Bakalářská práce). UTB ve Zlíně. Fakulta technologická, Zlín 2007.
6. Reštaurovanie a konzervovanie: Diskuzní fórum (online). (cit. 2007 – 2 – 15). Dostupné z WWW: <<http://www.obnova.sk>>
7. KUČEROVÁ, I., ŠIMŮNKOVÁ, E.: Dřevo . 1. vydání. STOP, ISBN 80-902668-4-3, Praha 2000.
8. UNGER, A., SCHWIEWIND, A. P., UNGER, W. Conservation of wood arti facts. Springer, ISBN 978-3-540-41580, Berlin 2001.
9. DUCHÁČEK, V.: Základní pojmy z chemie a technologie polymerů, jejich mezinárodní zkratky a obchodní zkratky. Rejstřík hesel. Dostupné z WWW: <<http://www.vscht.cz/eds/knihy/>> .
10. ČSN 490108 Dřevo. Zisťovanie hustoty.
11. Truhlářské listy: Rozpouštědlový nitrocelulózový lak. . Vydává vydavatelství Truhlářské listy,s.r.o., ISSN 1210-6224, 12 x ročně, 11/2006.
12. Truhlářské listy: Nátěrové hmoty a ochranné látky na dřevo s předponou NANO. Vydavatelství Truhlářské listy, s.r.o., ISSN 1210-6224, 12 x ročně,6/2006.
13. KÜRSCHNER, K.: Technologia dreva, 1.vydání. Vydavatelstvo ROH, Bratislava 1952.
14. ČSN 490104 Skúšky vlastností rostlého dreva. Metóda zjisťovania nasiakavostia navlhavosti.
15. ČSN 490126 Skúšky vlastností rostlého dreva. Metóda zisťovania napúčavosti

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

FP	Podélně uložené fibrily
EP	Epoxidové pryskyřice
FS	Spirálovitě uložené fibrily
L	Lumen
P	Primární stěna
MMA	Methylmethakrylát
PE	Polyethylen
PEG	Polyethylenglykol
PUR	Polyuretany
PVA	Polyvynilacetát
PVAL	Polyvynilalkohol
S	Sekundární stěna
SL	Střední lamela

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1 Celulóza</i> .....	9
<i>Obr. 2 Hemicelulóza</i> .....	10
<i>Obr. 3 Základní stavební jednotka ligninu</i> .....	11
<i>Obr. 4 Struktura buněčné stěny</i> .....	12