

DŘEVO A PAPÍR

DŘEVO

Egypt

- * **dřevěné sarkofágy**
- * nábytek zdobený bohatými, až kontrastními vzory
- * sedačky s pevným vyplétaným sedákem z kůže
- * hračky – panenky
- * první **lodě**

Antika

- * **předměty denní potřeby** – kádě, kolébky
- * hračky – chrastítka, figurky zvířat
- * stavební materiál (i pro lodě)

Středověk

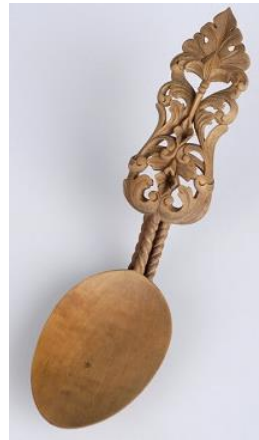
- * stavební materiál
- * zemědělské nářadí
- * zbraně
- * nábytek – lavice, sedačky
- * nádoby – sudy, kádě
- * nádobí
- * předměty osobní potřeby – dýmky, hole, šperky
- * hračky – figurky zvířat
- * deskové obrazy, sochy a sošky (polychromované)

Současnost

- * stavební materiál – okna, dveře, lodě
- * nástroje
- * nábytek
- * nádobí a nádoby
- * Hračky
- * dekorace – sošky, šperky
- * výroba papíru

POUŽITÍ

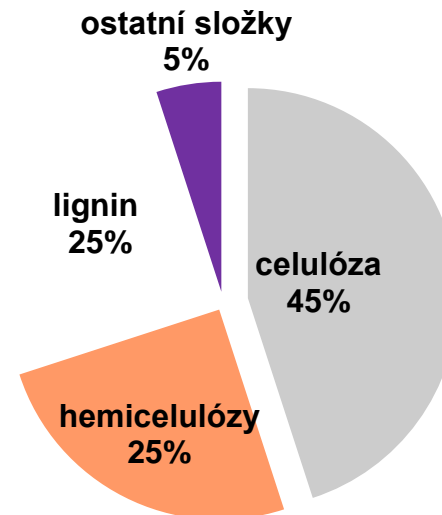
- Výroba nástrojů
- Nábytek
- Stavební materiál
- Palivo
- Papír a celulóza
- Domácí náčiní
- Umělecké účely



Chemické složení

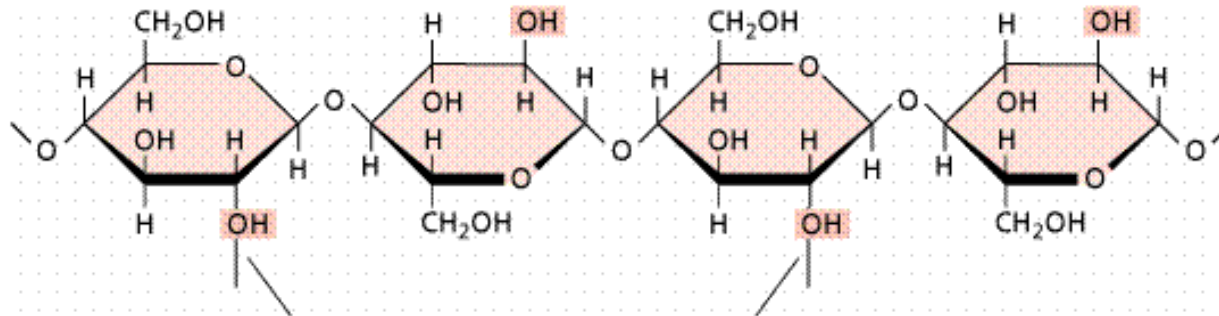
Průměrně dřevo obsahuje:

- 45 % celulózy
- 25 % hemicelulózy
- 25 % ligninu
- 5 % vedlejší složky (škrob, pektiny, třísloviny, vosky, éterické oleje, minerální látky, rostlinná barviva)



Celulóza 40-50 %

- nejrozšířenější biopolymer - základní stavební složka rostlin
- základní jednotka β -D-glukopyranózy
- díky vláknité nadmolekulární struktuře má celulóza velkou pevnost
- tvoří buněčnou stěnu pletiva (nosné stěny)
- hygroskopická
- Rozpustnost je velmi omezená a často při ní dochází ke štěpení hlavního řetězce – **chemicky** (kyselá katalýza) i **enzymaticky** (enzym celulóza).
Rozpustnost závisí na molekulové hmotnosti M_w celulózy.
- ve vodě nerozpustná



Hydrogen bonding to other cellulose molecules can occur at these points

Lignin 20-30 %

- Zabezpečuje dřevnatění buněčných stěn – spojuje mezibuněčná vlákna
- Ovlivňuje pevnost a výhřevnost dřeva
- Tepelně málo stálý – rozklad již při 40 °C – hnědnutí dřeva

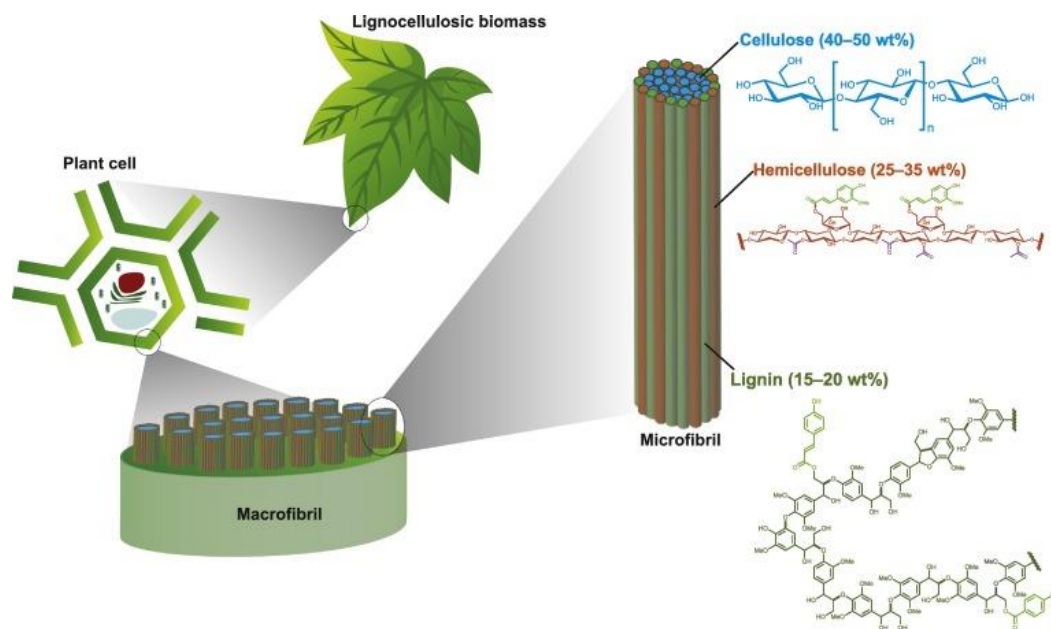
Hemicelulózy 20-30 %

- Kratší molekuly celulózy, často substituované a větvené
- Rovné, lineární řetězce obsahující pentózy i hexózy. Doprovází celulózu v jednotlivých vrstvách buněčné stěny rostlin.
- Tvoří tmelící vrstvu mezi celulózními řetězcovými makromolekulami, váže se na ni lignin.

Organické látky – terpeny, tuky, vosky, pektiny, třísloviny, pryskyřice

Anorganické látky

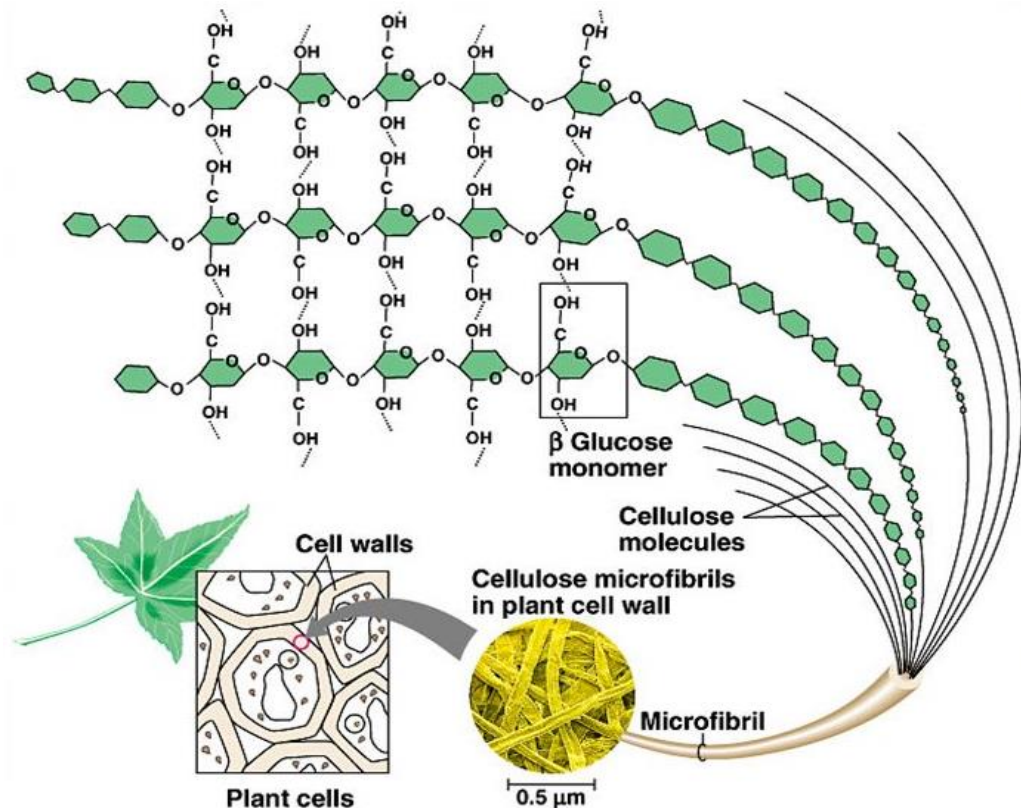
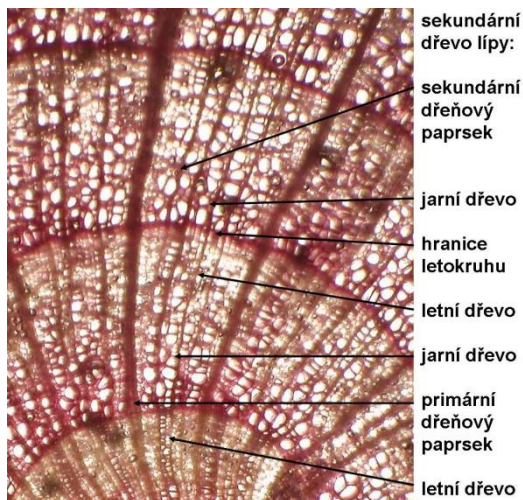
Voda



ANATOMIE DŘEVA

- Makromolekuly celulózy se seskupují do mikroskopických fibril, které stěnu šroubovitě obtáčí tak, že se ve stěně kříží.
- Každá buňka dřeva připomíná miniaturní laminátovou nádobu.
- Vyztužujícím vláknům odpovídají pevné celulózové fibrily,
- **Úlohu spojící matrice plní vysokomolekulární látky = hemicelulóza a lignin, které působí také jako chemické stabilizátory celulózy.**
- Dřevo, které používáme je současně tuhé, pevné a lehké, protože nosná vlákna jsou dutá.

- Dřevo lze zkoumat na úrovni
 - Makroskopické
 - Mikroskopické – buňky
 - Submikroskopické – buněčné stěny a chem. složení

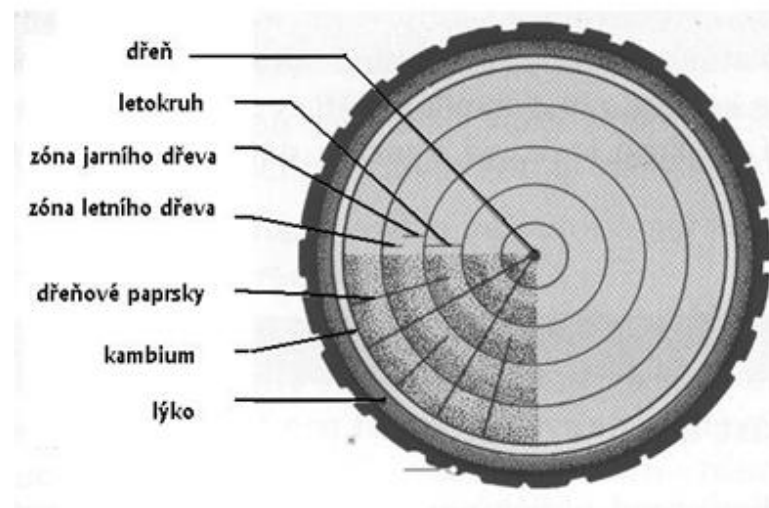
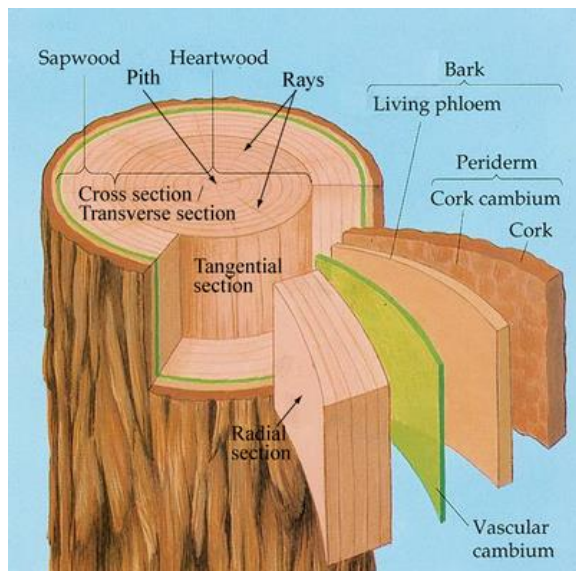
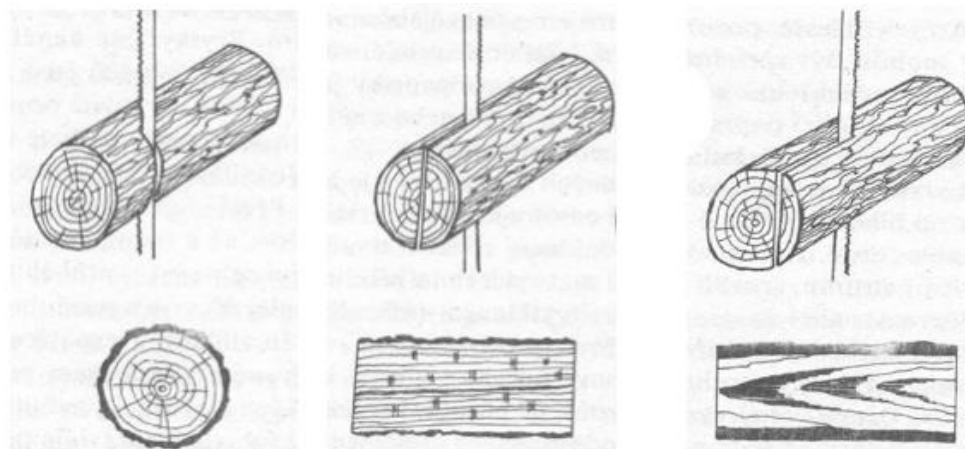


Kambium

- Pletivo umožňující dřevinám druhotný růst do šířky
- Nárůst periodický - růst se před zimním obdobím zastaví, obnoví se na jaře – vznik letokruhů

Makroskopické zhodnocení stavby

- Příčný (transverzální) řez
 - Dřeň, dřevo bělové, jádrové a zralé
 - Letokruhy, suky, paprsky,
 - Cévy a pryskyřičné kanálky
- Podélný poloměrový (radiální) řez
- Podélný tečnový (tangenciální) řez



FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI DŘEVA

- Objemová hmotnost
- Vlhkost – poměr hmotnosti vody k hmotnosti sušiny dřevní hmoty
 - Vázaná – ve stěnách buněk
 - Volná – mimo buněčné stěny
 - Vlhnutím a vysycháním se zvětšuje/zmenšuje tloušťka buněčných stěn a dochází k botnání/sesychání dřevěných prvků
- Tepelné
- Elektrické - tepelná vodivost (velmi malá), teplotní roztažnost (malá)
- Akustické – zvuková vodivost , zvuková pohltivost a zvuková průzvučnost

MECHANICKÉ VLASTNOSTI

- Konstrukční rozměr
- Objemová hmotnost
- Vlhkost
- Vady
- Rychlost zatěžování
- Doba trvání zatížení

DĚLENÍ DŘEVA

- Jádrová
- Bělová

Základní druhy

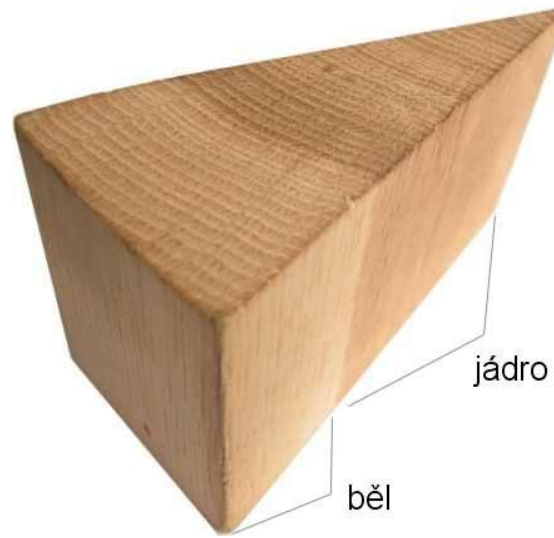
- Jehličnaté
- Listnaté

Objemová hmotnost

- Těžká – nad $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ – jabloň, hrušeň, dub, ořech, tis
- Lehká – do $650 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ – smrk, lípa, jedle, modřín, bříza

Tvrдость

- Měkká – $\leq 40 \text{ Mpa}$ – smrk, jedle, porovice, lípa
- Středně tvrdá – $40\text{-}80$ – jasan, duby, ořech
- Tvrdá – $\geq 80 \text{ Mpa}$ – habr, akát, tis



https://ldf.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/index.htm

POŠKOZENÍ DŘEVA

- Tepelná degradace
 - Ztráta hygroskopické vody
- Hydrolýza
 - Kyselý rozklad celulozy a hemicelulozy
- Oxidace
 - Vlivem UV – fotooxidace
 - Povrchová – změna barvy – hnědnutí, šednutí
- Dřevokazné organismy
 - Houby, hmyz

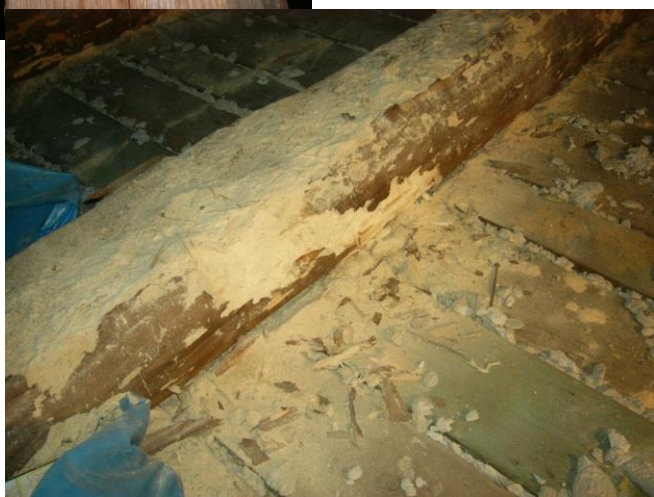
Dřevokazné houby

- Celulosovorní – červená, hnědá hniloba
- Lignovorní – bílá hniloba (voštinová h.)
- Pouze prorůstající a zbarvující – modrání dřeva
- Tvoří enzymy schopné rozkladu příslušné složky
- V kyslíkatém prostředí nad 18 °C, nad 60 % RV
- Projevy napadení
 - Změna barvy
 - Změna hmotnosti
 - Přítomnost vláknitých hyf



Dřevokazný hmyz

- Tesařík, červotoč



PRŮZKUM

- Stav předmětu – hmotnost, rozměry, tvar, poškození – RTG, CT,...
- Druh dřeva – mikro a makro
- Další materiály a povrchové úpravy, lepidla
- Biologické napadení
 - Dřevokazné houby a plísně, např. dřevomorka – v prostředí s vysokou RH
 - Řasy
 - Dřevokazný hmyz – červotoč, tesařík, mravenci
- Datace – typ předmětu, dendrochronologie, (^{14}C)
- Druh znečištění
- Druh a příčina poškození
 - Vliv prostředí – výkyvy T a RH, světlo, polutanty, prach
 - Chemické reakce – hydrolýza, oxidace, fotooxidace, polutanty
 - Mechanické poškození – trhliny, otvory, narušení povrchu
- Dřívější zásahy



SANAČNÍ KONZERVACE

ASANACE – LIKVIDACE BIOLOGICKÝCH ŠKŮDCŮ

- Neinvazivní – γ -záření, plynování inertními plyny (CO_2 , N_2), plynování toxickými plyny, mikrovlnné záření, vymrazování ($- 30\text{ }^\circ\text{C}$), zahřívání ($+ 55\text{ }^\circ\text{C}$)
- Invazivní – roztoky biocidů

PETRIFIKACE – ZPEVNĚOVÁNÍ DŘEVA

- Účelem je spojit křehká vlákna a zlepšit mechanické vlastnosti, zvýšit hydrofobicitu a odolnosti proti bobtnání a smršťování
- Přírodní, syntetické pryskyřice v org. Rozpouštědlech – Solakryl BMX
- Pryskyřice se ve výsledku liší – tvrdostí, leskem, odstranitelností přebytku z povrchu

METODY IMPREGNACE

- Povrchová – nástřik, nátěr
- Infúzní (injekční)
- Ponoření (máčení) za atmosférického tlaku
- Vakuová impregnace
- Za sníženého tlaku v plastovém obalu

VYSOUŠENÍ

- Mezi jednotlivými kroky (i asanace a petrifikace) musí být předmět dokonale vysušený, respektive obsahovat přirozené množství vlhkosti (12-15 %)
- Vysoušení musí být řízené, aby nedošlo k poškození

LEPENÍ

- Většinou vodné disperze PVAC (Dispercol, Herkules,...)
- Akrylátové pryskyřice (Plextol 500)
- Tradiční lepidlo – kostní klíč

RESTAUROVÁNÍ

- Sejmutí nevhodných nátěrů a nečistot
- Oprava konstrukce
- Oprava povrchové výzdoby

POVRCHOVÉ ÚPRAVY

- Závěrečná vrstva – vrstva včelího vosku, přírodní pryskyřice (šelak), oleje

RESTAUROVÁNÍ

- Doplnování konstrukčních prvků i povrchových úprav (zlacení)



KONZERVACE VODOU PROSYCENÉHO DŘEVA (ARCHEOLOGICKÉHO)

VODOU PRYSYCENÉ DŘEVO NIKDY NESMÍ SAMOVOLNĚ VYSCHNOUT!!

- Před konzervací musí být uloženo v nádobě s vodou, velké kusy lze obalit mokřými hadry a zabalit do PE folie – nezbytná kontrola přítomnosti mikroorganismů

ASANACE

- Viz výše

ČIŠTĚNÍ

- Většinou postačuje mechanicky (kartáčky) a vodou

KONZERVACE

Dehydratace

- Výměna vody za vhodné polární rozpouštědlo, případně u tvrdých dřev velmi pomalé vysoušení

Petrifikace ve vodě rozpustnou látkou

- Cukerný roztok – postupně se za studena zvyšuje koncentrace vodného roztoku sacharózy z 20 až na 70 % - nezbytné použití biocidů (proti kvašení cukerného roztoku)
- Roztokem PEG (polyethylenglykol) – nelze na dřevo kombinované se železem
 - Nízkomolekulární 200-600
 - Vysokomolekulární 1500-4000
 - Kombinace obou – dvoustupňový proces
 - Lázeň se musí zahřívat na 60-85 °C

Závěrečná povrchová úprava – voskem nebo PEG

PREVENTIVNÍ KONZERVACE

RH 45-55 %, konzervace sacharózou pouze do 40 %

Teplota do 18 °C

Osvětlenost do 100lx

Pravidelná kontrola stavu

Ochranné obaly – eliminace prašnosti

Omezit výkyvy RH a T

U barevných povrchových úprav omezit osvětlenost

I předměty bez barevné úpravy nevystavovat přímému světlu

<http://previous.npu.cz/download/1204893368/met21ochrdrev.pdf>

<https://www.upce.cz/zachranuji-unikatni-pravekou-studnu-obycejnym-cukrem>

<https://www.vasamuseet.se/en/research-preservation/how-we-preserve-vasa>

https://www.archaiabrno.org/home/?acc=o_mikroskop

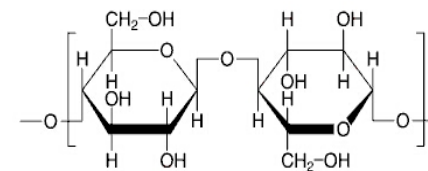
PAPÍR

SUROVINY PRO VÝROBU PAPÍRU

- Vlákenný materiál
 - Rostlinná vlákna – bavlna (semeno); len, konopí (stonky); lýko; listy; bambus, rákos (trávy); smrk, borovice (dřevo)
 - Živočišná – vlna, hedvábí
 - Minerální - azbest
- Textilní odpad (hadry) – lněné, konopné, bavlněné - hadrovina
- Dřevo – od pol. 19. stol. nahrazuje hadrovinu – dřevovina
- Buničina – od pol. 19. stol. – získává se chemicky
- Klíždla, plniva, aj.

CHEMICKÉ SLOŽENÍ VLÁKEN

- Hlavní složkou je celulóza
- Obsah celulózy se u jednotlivých rostlinných druhů liší (např. bavlna 93-96 %)
- Přítomnost ligninu způsobuje žloutnutí papíru



HISTORIE A VÝROBA

- Oficiálně objev papíru r. 105 n.l. v Číně, z moruše papírenské
- Jsou známy i papíry z období asi 200 př.n.l.
- V 7. stol. Do Japonska, následně Arábie, Egypt a Maroko
- Do Evropy se dostal pravděpodobně až v 11. stol.
- Velký rozmach papírenství během 14.-15. stol., především v Itálii
- Údajně první papírna na území Českých zemí v Chebu (1370)
- Historicky doložená nejstarší papírna na Zbraslavi (1499)
- Velké Losiny (1596) – dnes z nejvýznamnějších ručních papírenských manufaktur v Evropě

- Původně ruční výroba
 - <https://www.youtube.com/watch?v=0PtvMHDx8lQ>
- Strojní výroba
 - <https://www.televizeznam.cz/video/jak-se-co-dela/jak-se-co-dela-papir-25322>
 - https://www.youtube.com/watch?v=jTcMWKjP_q0

DRUHY PAPÍRU

DLE PLOŠNÉ HMOTNOSTI

- Papír – do $150 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- Lepenka – $150\text{-}250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$
- Karton nad $250 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

DLE POUŽITÍ

- Grafické papíry
 - Tiskový – novinový, ofsetový, ilustrační
 - Psací – sešitové, notové, psací, náčrtkové
- Obalové
 - Papíry recyklované, nepromastitelné, hedvábné,...
- Účelové
 - Sanitární – toaletní, ubrouskový
 - Elektrotechnické – izolační, kabelové
 - Fotopapíry
 - Filtrační, sací, asfaltové,...

SPECIÁLNÍ DRUHY

- Ručně čerpaný papír
- Japonský papír
- Pauzovací

DEGRADACE PAPÍRU

Pevnost závisí na kvalitě vláken celulózy – při zpracování (zvlákňování) dochází k jejich zkracování, což vede ke ztrátě pevnosti.

HYDROLÝZA

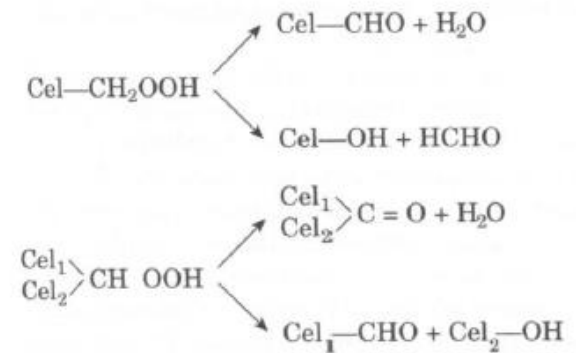
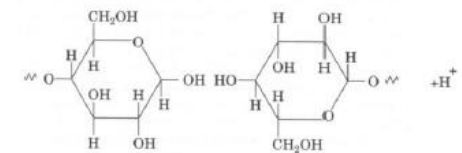
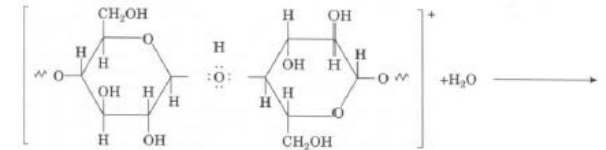
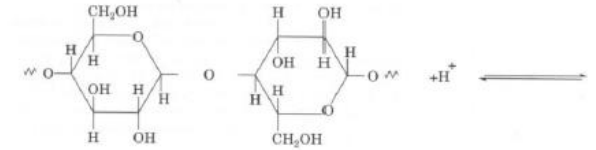
- V kyselém i silně zásaditém prostředí
- Katalyzátory – H^+ ionty se stopovým množstvím iontů kovů např. Fe^{2+} , Fe^{3+} , Cu^{2+}
- Měření pH

FOTOOXIDACE

- Kombinace UV záření a O_2
- Citlivé hlavně dřevité papíry (vysoký obsah ligninu), např. novinový
- Katalyzátory – ionty přechodných kovů
- FTIR

SÍŤOVÁNÍ

- Vznik nových intra- a intermolekulárních vazeb
- Stárnutím se snižuje pevnost vláken
- Vede ke křehnutí

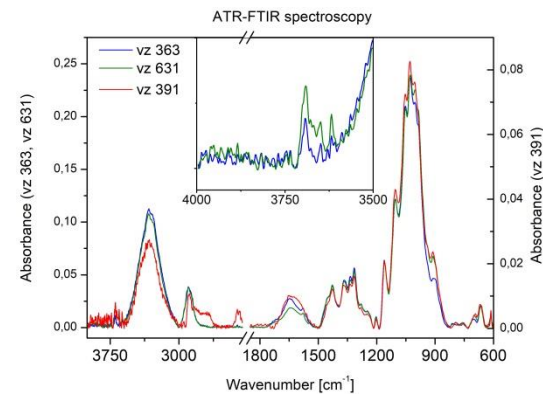
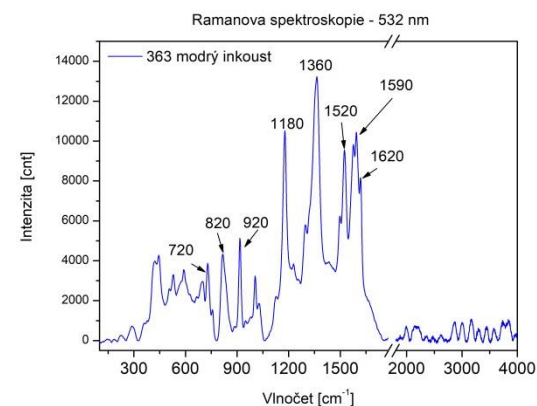
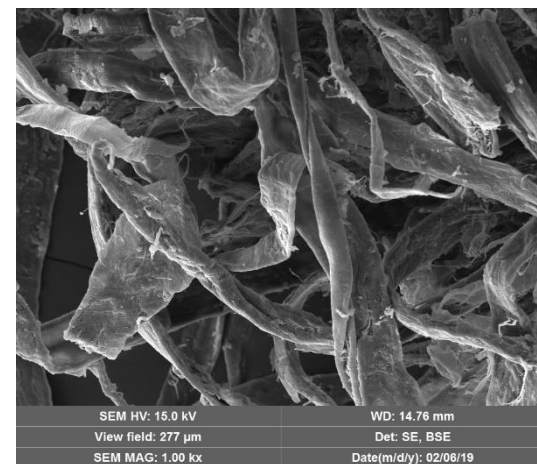


FAKTORY DEGRADACE

- Vnitřní
 - materiálová podstata, spojeno s výrobou
 - Druh a kvalita vlákniny, plniva, barviva, klíždla
- Vnější
 - Teplota – mikrobiologické napadení (plísně), křehnutí
 - RH – mikrobiologické napadení
 - Polutanty (SO_x , NO_x , O_3) – hydrolýza
 - Sluneční záření – fotooxidace – blednutí, žloutnutí
 - Biologičtí škůdci
 - Působení člověka – mechanické poškození
- TISKY, MALBA NA PAPIŘE
 - Světlo – blednutí, destrukce
 - Nízká RH (pod 40 %) – ztráta pružnosti
 - Vysoká RH (nad 60 %) mikrobiální napadení
 - Prach – znečištění, destrukce
- KNIŽNÍ VAZBY
 - Výkyvy klimatu – rozměrové změny, praskání, odlupování

PRŮZKUM

- Stav předmětu
- Datace – dle použitých materiálů
- Druh papíru – ruční, strojní, materiál papíroviny (bavlna, dřevovina) – SEM
- Další materiály – pigmenty, inkousty, zlacení,...
- Biologické napadení
- Druh znečištění
- Druh a příčina poškození
 - Vliv prostředí – výkyvy T a RH, světlo, polutanty, prach
 - Chemické reakce – hydrolýza, oxidace, fotooxidace, polutanty – FTIR, pH
 - Mechanické poškození – trhliny, otvory, narušení povrchu
- Dřívější zásahy



SANAČNÍ KONZERVACE

DESINFEKCE

- Nezbytné, jeví-li materiál známky napadení, např. v prostředí o vysoké vlhkosti
- Přípravky k desinfekci
 - Alkoholy – methanol, ethanol, propanol, butanol s malým přídavkem vody (cca 5 %) – ve formě par – u kombinovaných materiálů zkouška rozpustnosti, zvážit korozivitu vůči jinému materiálu
 - Fenoly – o-fenylfenol (Preventol O Extra), p-chlor-m-kresol – ve formě par; dříve thymol – nevhodný, způsobí barevnou změnu
 - Alkylační činidla – formaldehyd (ne na knižní vazby), etylenoxid – ve formě par
 - Kvarterní amoniové soli – Ajatin, Septonex – alespoň 2% vodné či vono-alkoholické roztoky
 - Vymrazování -20 °C – využíváno po povodních
 - mikrovlny

ČIŠTĚNÍ

- Odstranění nečistot, které přispívají k degradačním procesům
- Mechanické (suché) čištění
 - Pouze povrchové – prach, plísňové povlaky
 - Štětce, odsávání, pryže různých tvrdostí (např. Wishab), Purus,...
- Mokrý čištění
 - Nezbytná zkouška rozpustnosti, případná
 - Vodné systémy
 - Účinek vody je pro papír pozitivní – regenerace H-můstků v celulóze – pozitivní vliv na mechanické vlastnosti, odstranění degradačních produktů
 - Lze přidat tenzidy (např. benátské mýdlo)
 - Účinnost se zvýší mírným zahřátím lázně (30-40 °C) a mícháním
 - Nezbytné dostatečné vymytí tenzidů
 - Čištění organickými rozpouštědly
 - Odstranění org. nečistot (tuky, vosky, oleje, laky,...)
 - Ethanol a vodně-ethanolový roztok
 - Ethanol snižuje botnání vláken, možné i značně chatrné materiály, rychleji vysychá a méně deformuje
 - Skvrny lze odstranit tamponováním (benzín, petroléter, toluen)
 - Dimethylformamid – odstranění inkoustů
 - Enzymatické

ODKYSELOVÁNÍ

- pH papíru ovlivňuje jeho živostnost. Je vyžadováno pH pokud možno neutrální až zásadité
- Měří se pH metrem – dotykovou eldou nebo z výluhu (destrukce)
- V případě, že je pH pod 5,5, je nezbytné papír odkyselit
- Žádoucí je alkalická rezerva – nadbytek CaCO_3 nebo MgCO_3 , který umožní absorpci plyných SO_x a NO_x – prodlužuje živostnost
- Promytí pouhou vodou není dostatečné

- Individuální odkyselování – postřikem, máčením
- Hromadné odkyselování – neutralizační linky – bezvodé technologie
- Odkyselovací systémy
 - Uhličitany vápníku a hořčíku – papíru příjemné látky, s kyselinami reagují za vzniku neutrálních solí
 - $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
 - MMMK metoxymagnesiummethylkarbonát – methanolický roztok
 - Bookkeeper – disperze mikročástic MgO v perfluorheptanu – individuální i hromadné odkyselování
 - Metody hromadného odkyselování – Lithco-FMC, Battelle, Booksaver

DOKLÍŽENÍ A ZPEVNĚNÍ

- Během mokrého procesu jsou z papíru vyplavena klíždla – je nezbytné doklížení (vrácení mechanické pevnosti a soudržnosti)
- V minulosti 0,1-1% vodné roztoky makromolekulárních látek – klihy, škroby, 0,5-3% roztoky želatiny
- V současnosti roztoky éterů celulózy (do 1,5 %), např. Tylose
- Aplikace štětcem, postřikem

SKELETIZACE

- V případě velmi silně poškozených papírů (zhroucení vláknenné struktury), kde nestačí doklížení
- Podlepování jiným papírem, např. japonským
- Lepidla – nejčastěji étery celulózy (Tylose)

DOLÉVÁNÍ PAPIROVINY

- Doplnění chybějících částí
- Papírovinu lze dobarvovat

LEPENÍ TRHLIN A PRASKLIN

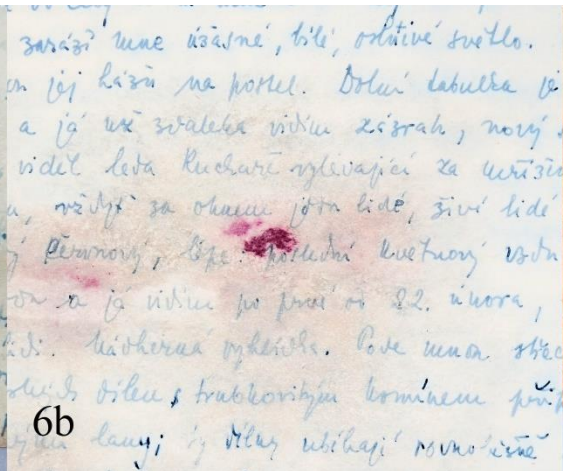
- Speciální lepící pásy
- Papírové záplaty

ROVNÁNÍ A LISOVÁNÍ

- Papír před samotným rovnáním musí být mírně vlhký
- Jednotlivé listiny se prokládají např. filtračním papírem a následně se lisuje pod zátěží v klihařském lisu
- Je nezbytná pravidelná kontrola stavu a průběžná výměna prokládacích papírů
- Velmi časově náročné (až několik týdnů)



6a



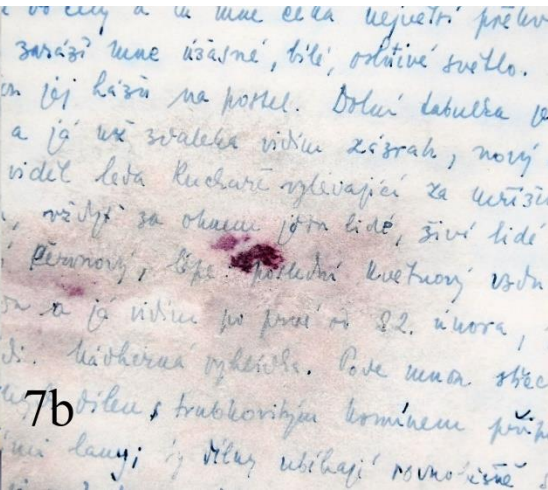
6b



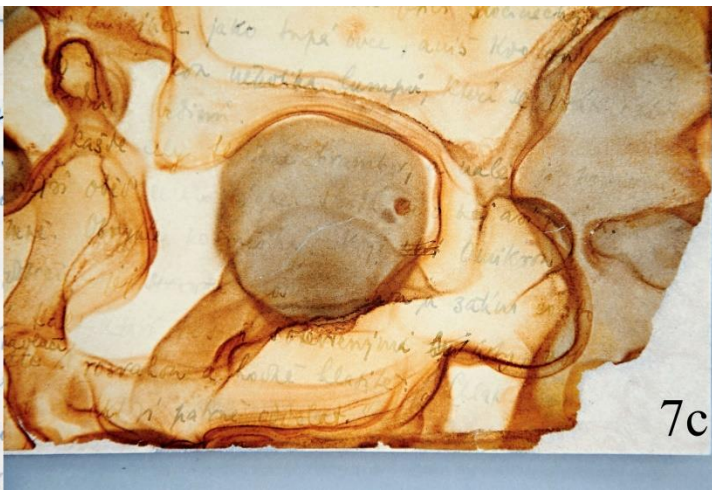
6c



7a



7b



7c

PREVENTIVNÍ KONZERVACE

- Knižní vazby:
 - RH 55 +/- 5 %
 - Teplota do 18 °C
- Samostatné papíry
 - 40-55 %
 - Teplota do 18 °C
- Osvětlení – do 50lx – vyvarovat se silnému zdroji světla
- Uložení v obalech z alkalické lepenky
- Chránit před prachem

<https://www.youtube.com/watch?v=kMkGe4DZ2IQ>

<https://aiccm.org.au/things-we- conserve/works-paper>

<https://www.youtube.com/watch?v=5-JBBSdxO3M>

<https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/paper-objects.html>