

C9500 Užitá chemie

6. lekce

Dřevo, papír

Mgr. Ing. Radka Kopecká, Ph.D.

175344@mail.muni.cz

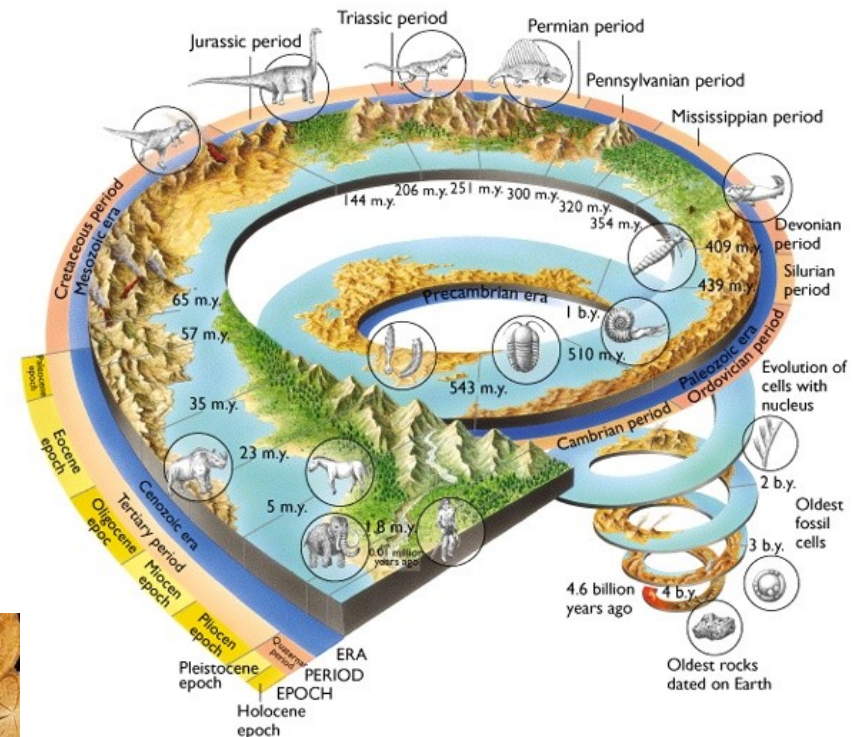
Dřevo

Dřevo používáno od pravěku do současnosti.

- Dřevo je pevné pletivo stonků vyšších rostlin, které označujeme jako dřeviny. Dřevo je zahrnováno mezi obnovitelné zdroje energie, jako jeden z druhů biomasy. Je to snadno dostupný přírodní materiál, který lidé široce využívají po celou dobu své historie.
- Nejdříve se dřevo využívalo jako palivo. Později bylo používáno ke konstrukci domů, náradí, nábytku, k výrobě papíru, atd.

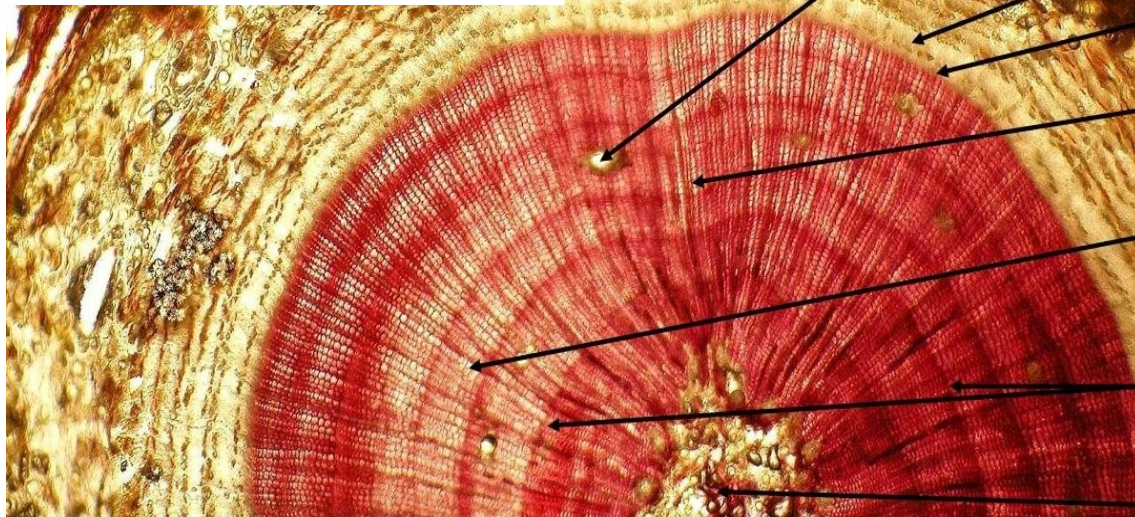
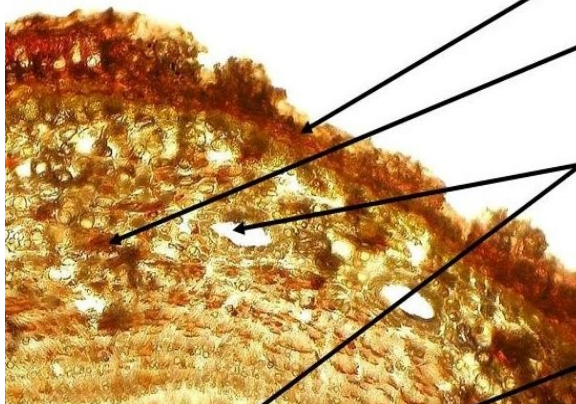
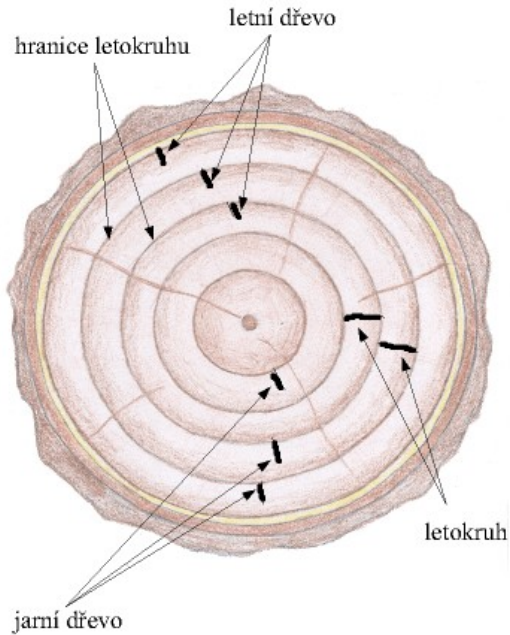
Les- životní společenství rostlinných i živočišných organismů, které žijí v určitých podmínkách lesního prostředí, s nímž tvoří určitý celek.

Les v přírodním prostředí plní **mnoho nezastupitelných funkcí**. Jednou z nich je ta, že je to **materiální základna dřeva**.

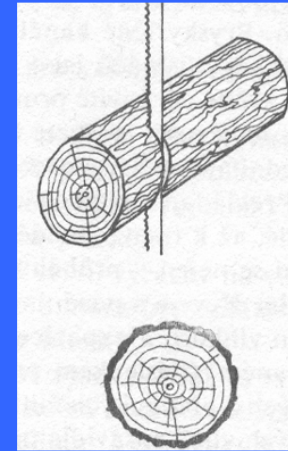


- svět. těžba dřeva – stále roste 4 – 5 miliard m³
 - hlavní těžaři: USA, Čína, Kanada, Brazílie, Indonésie
 - hlavní exportéři: Kanada, Rusko, USA
- Využití dřeva: stavebnictví, papírenství, řemeslná dřevovýroba, domácnosti

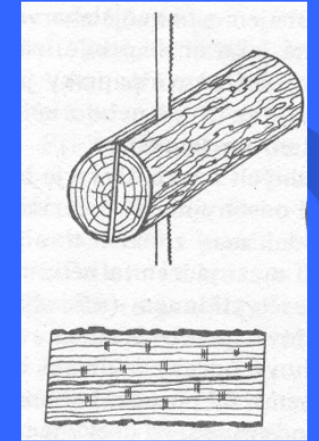
Mikroskopická struktura dřeva



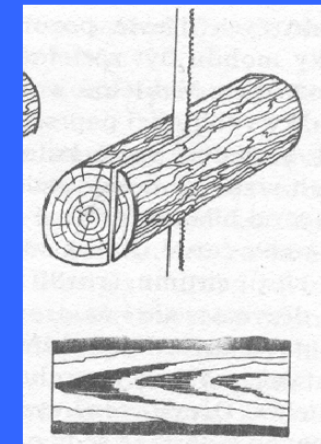
- periderm
- primární kůra
- pryskyřičný kanálek
- lýko
- kambium
- dřevo
- dřeňový paprsek
- hranice letokruhu
- dřeň



Řez příčný (transverzální) je veden kolmo k podélné ose kmene. V ideálním případě je jeho průřez kruhový.



Řez podélný poloměrový (radiální) je veden podélnou osou kmene a je tedy kolmý k příčnému řezu.



Řez tečný (tangenciální) je veden rovnoběžně s podélnou osou kmene ve směru tečny k některému letokruhu. Je kolmý na radiální řez, procházející tečným bodem na tomto letokruhu.

Chemické složení dřeva

- Dřeva různých dřevin mají velmi podobné prvkové složení.
 - C: 49,5 %, O: 44,2 %, H: 6,3 %
- Kromě těchto prvků je ve dřevě přítomen dusík (0,1-1 %) a anorganické prvky, které tvoří hlavní složku popela.
- Dřevo je tvořeno hlavně makromolekulárními látkami (90-98 %).
 - celulóza (40–50 %), lignin (20–30 %), hemicelulóza (20–30 %)
- doprovodné složky
další organické látky (1–3 %, u tropických dřevin až 15 %): terpeny, tuky, vosky, pektiny, třísloviny (pouze u listnatých stromů), steroly, pryskyřice, anorganické látky (0,1–0,5 %, u tropických dřevin až 5 %) – po spálení tvoří popel
- voda v různém množství (podle ročního období, stupně vyschnutí dřeva atd.)



nerozpustná frakce

celulóza – ve vodě, zředěných kyselinách a zředěných loužích

a v org.rozpouštědlech nerozpustná

hemicelulózy – část rozpustná ve vodě

lignin – nerozpustný, vázán na hemicelulózu a částečně i na celulózu

rozpustná frakce

pektin – značná část rozpustná ve vodě

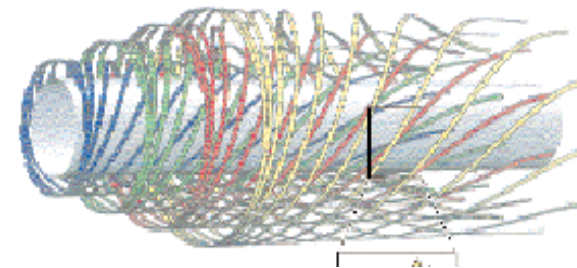
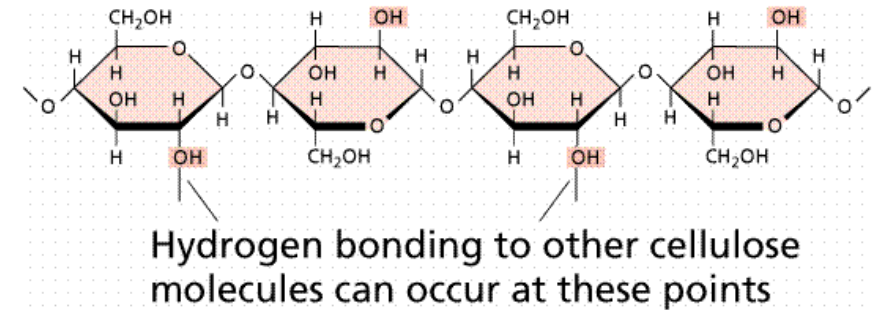
nestravitelné oligosacharidy :

a) gumy – neutrální soli vysokomolekulárních kyselin

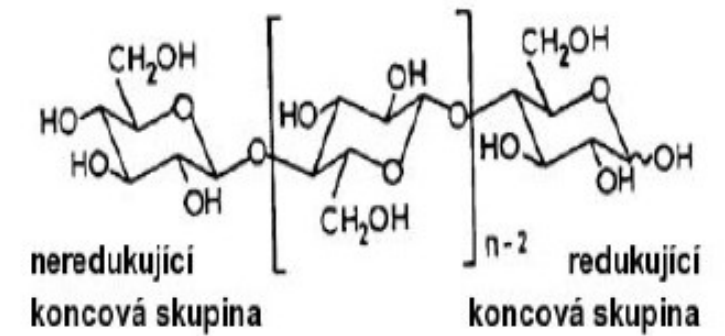
b) vosky – za horka rozpustné, směs esterů vyšších jednosytných mastných kyselin a alkoholů

Celulóza

- Nosné stěny buněk dřevní hmoty jsou převážně z celulózy = přírodní makromolekulární polysacharidy.
- Makromolekuly celulózy se seskupují do mikroskopických fibril, které stěnu šroubovitě obtáčejí tak, že se ve stěně kříží.
- přírodní polysacharid
- délka 8 000-10 000 jednotek, řetězce dlouhé 4 000 μm
- řetězce vzájemně propojeny H – můstky \rightarrow odolnost proti působení vody a rozpouštědel (nerozpustná v H_2O , jen bobtná)
- čistá celuloza – bavlněné a lněné vlákno
- výroba: buničiny, papíru, viskóзовého a acetátového hedvábí, filmových pásů a celofánu, filtračního papíru...
- Celulóza, je polysacharid sestávající z beta-glukosy (termín celulóza se však často nesprávně používá pro označování papírenského polotovaru, který je směsí celulózy, hemicelulóz a zbytků ligninu a pro nějž papírenský průmysl používá termín "buničina").
- Celuloza je hlavní stavební látkou rostlinných buněčných stěn a spolu s ligninem a hemicelulózami se podílí na stavbě sekundárních buněčných stěn; celuloza je nejrozšířenějším biopolymerem na zemském povrchu.



- silně polární látka
- vysoké dielektrické ztráty a permitivita
- nerozpustná ve vodě a některých chemikáliích
- snadno navlhá

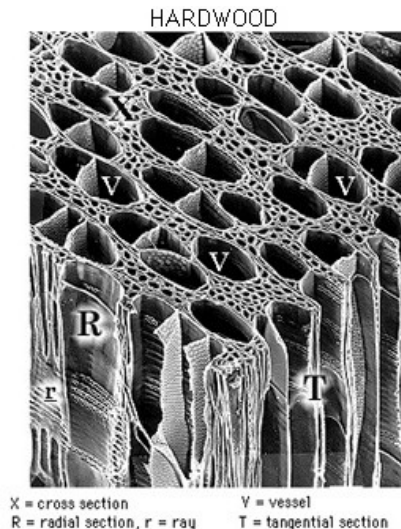


- V celulóze rozlišujeme krystalické a amorfní oblasti.
 - V krystalických oblastech jsou řetězce navzájem vázány sekundárními vazbami, jedná se hlavně o inter- a intramolekulární vodíkové můstky.
 - V amorfních oblastech celulóзовých vláken dochází k absorpci vody.

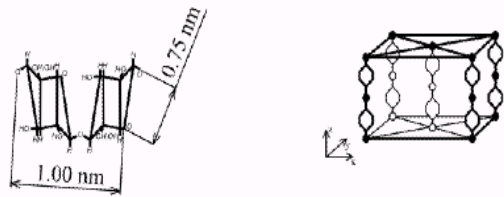
- Molekuly vody se v první fázi váží na volné hydroxylové skupiny pomocí vodíkových můstků. Další molekuly vody vytvářejí vodíkové můstky s již vázanými molekulami vody.



- Sorpční schopnost celulózy se významně podílí na bobtnání dřeva.
- Makromolekulární celulóza se nerozpouští v běžných rozpouštědlech. Působením silných kyselin a zásad podléhá hydrolýze, čímž se snižuje její polymerační stupeň.
- Podílí se z 40-50 % na hmotnosti dřeva.

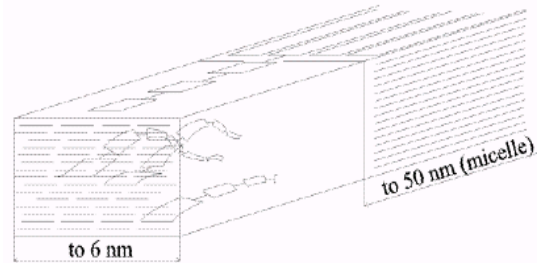


CELLULOSE MOLECULE

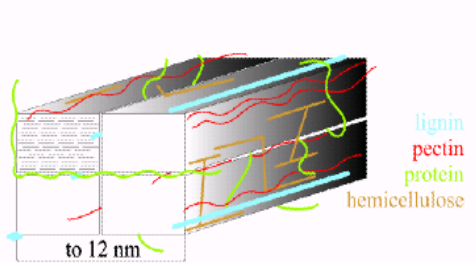


Cellulose crystal lattice:
 x...hydrogen bonding (21.0 kJ/mol)
 y...van der Waals bonding (8.4 kJ/mol)
 z...glycosidic bonding (126.0 kJ/mol)

ELEMENTARY FIBRIL "nanofibre"



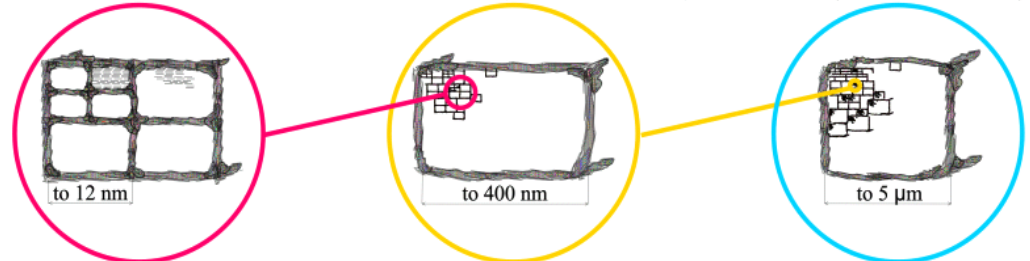
CELLULOSE CRYSTALLITE "bundle of nanofibers"



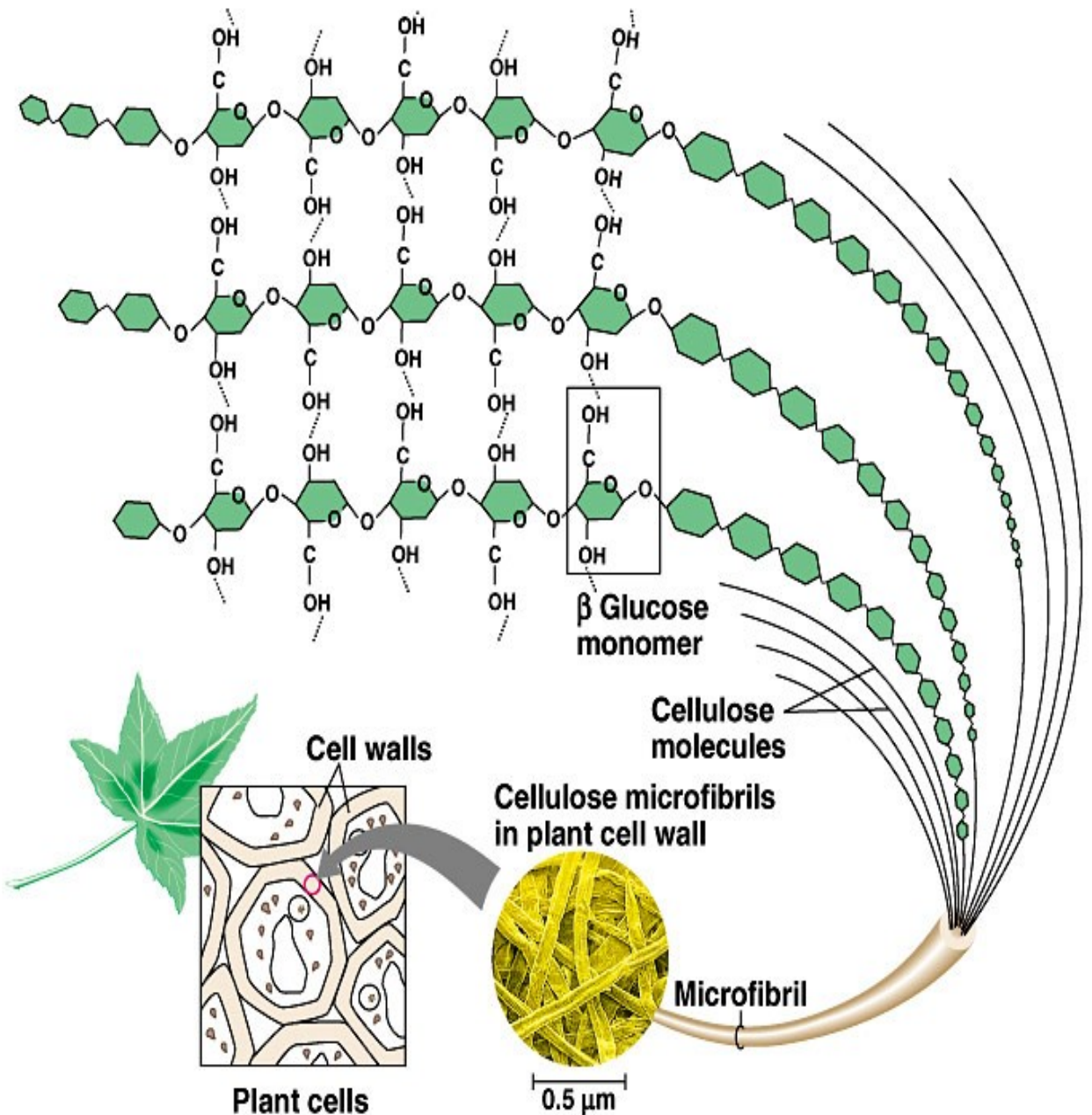
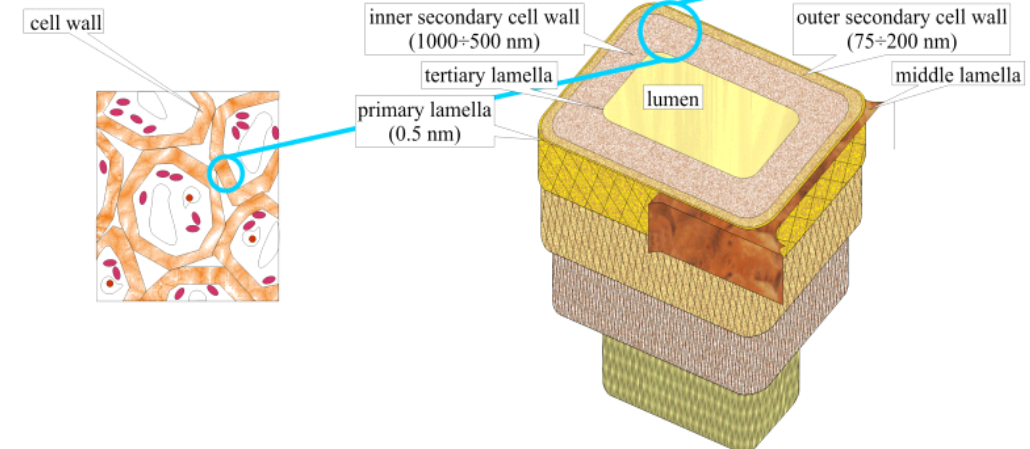
MICROFIBRIL
MICROFIBRIL

MACROFIBRIL (bundle of microfibril)
MACROFIBRIL (bundle of microfibril)

FIBRIL (bundle of macrofibril)
FIBRIL (bundle of macrofibril)



PLANT CELL

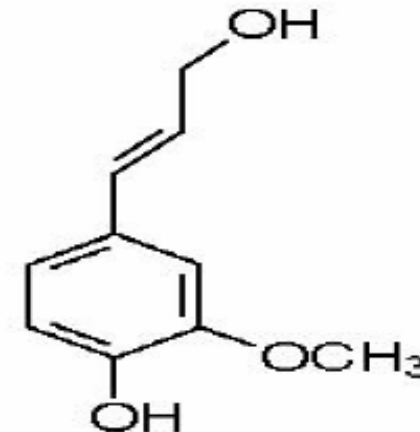


hemicelulóza

- Skupina lineárních polysacharidů s krátkými postranními řetězci, průměrný polymerační stupeň je 150.
- Dřevo obsahuje asi 20-30 % hemicelulózy. V listnatých dřevinách je jejich obsah vyšší.
- Hemicelulózy spojují celulózová vlákna v rostlinné buňce.
- Celulóza a hemicelulózy patří mezi polysacharidy a souhrnně je označujeme jako *holocelulózu*.
- Převládají u nich amorfní oblasti.
- Vlákna mají nižší pevnost a hůře odolávají chemickým látkám proti celulóze.

lignin

- beztvářá (amorfní) látka - struktura není přesně známa
- rozvětvené aromatické polymery prolínají celulosu a hemicelulosu – vyplňují mezery
- tvoří 20-30 % hmotnosti dřeva, v jehličnatých dřevinách je jeho obsah vyšší
- základní jednotkou je fenylypropan, který je různě substituován na benzenovém jádře i v bočním řetězci
- termoplasty, plní funkci tmele, rozklad při 140 C → hnědnutí dřeva
- málo odolné zásadám
- dodávají dřevu – tvrdost, pevnost, tvarovou stálost
- zabezpečuje zdřevnatění (lignifikaci) buněčných stěn.
- plastifikační přísada do betonu
- lignin nevytváří ve dřevě přesně ohraničený útvar
- omezuje průnik vody přes buněčné stěny, protože je hydrofobní.



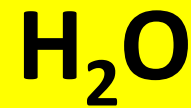
další složky dřeva

- Nejsou obvykle součástí buněčných stěn.
- Lze je ze dřeva extrahovat.
- Jejich složení a množství je specifické pro jednotlivé typy dřevin, jejich stáří a výskyt.
- Anorganické látky (0,5-1 %)
 - soli Ca, K, Mg, Na, Mn, atd.
- Organické látky
 - sacharidy
 - polysacharidy – škrob, pektiny
 - oligosacharidy
 - monosacharidy – galaktóza, arabinóza
 - fenolické látky
 - třísloviny (taniny)
 - flavonoidy
 - chinony
 - lignany
 - terpenoidy
 - alkaloidy
 - acyklické kyseliny
 - alkoholy
 - bílkoviny
 - tuky a vosky

Činitelé působící na dřevo

■ Atmosférické vlivy:

- Kolísání teplot
- Vlhkost
- UV záření



■ Biologičtí činitelé:

- Hmyz
- Houby
- Bakterie



■ Chemická koroze:

- Silné alkálie a kyseliny
- Obecně dobře odolné

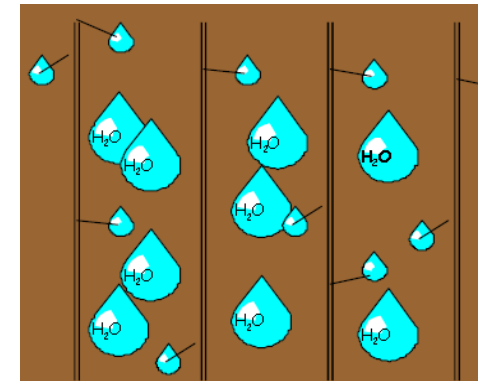
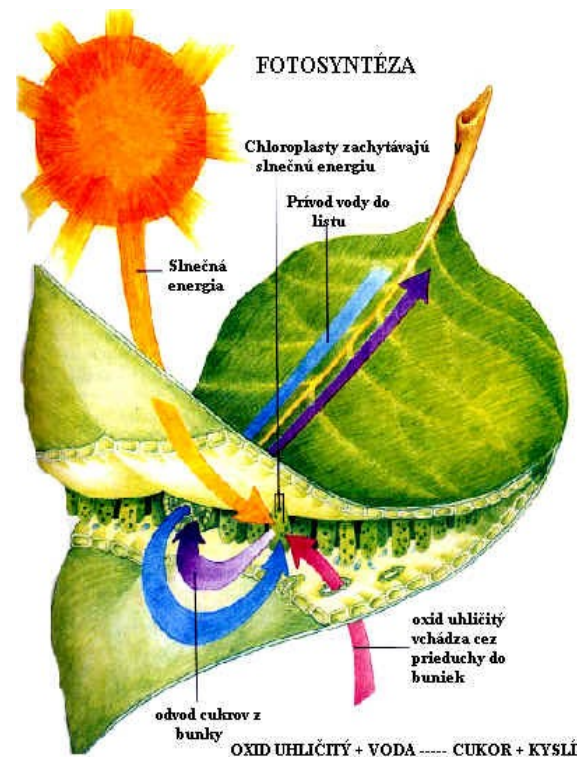


vázaná

(= vazba uvnitř buněk mezi molekulami vody a celulosou)

volná

(= v buněčných kavitách, bez chem. vazby)



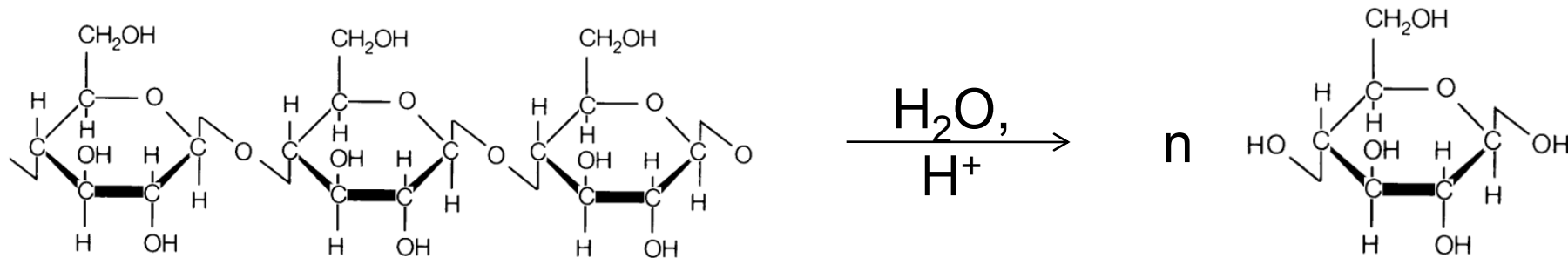
Příčiny poškození dřeva

Tepelná degradace

- Ztráta vody (i chemicky vázané) z hemicelulosy > celulosy > ligninu
- Oslabení vazeb mezi vlákny – při broušení dřeva se oddělují vlákna
- Průběh ovlivněn teplotou a časem
- Ztráta 1% suché hmotnosti dřeva (předsušeno 105 C, 4-5 hod.) je vyvolána zahřátím:
 - 1 min. – 250 C
 - 1 hod. – 195 C
 - 1 den – 155 C
 - 1 týden – 130 C
 - 1 měsíc – 110 C
 - 1 rok – 80 C
- Pokles houževnatosti, odolnosti k opotřebování

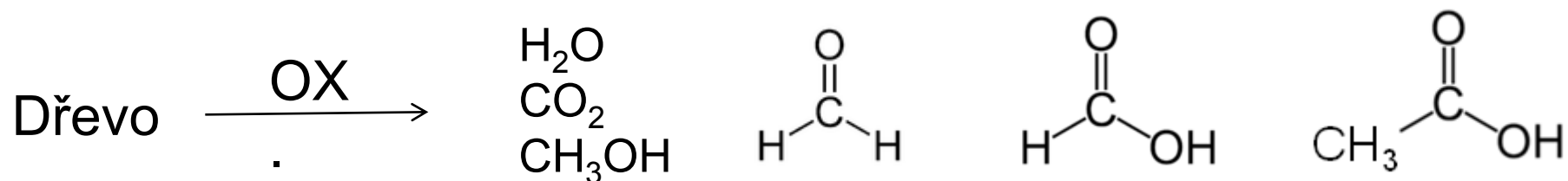
Kyselá hydrolýza

- Rychlost při T= 20 C, slabých kyselinách – malá.....dokonce uskladnění kyselin
- Dřevo + voda (dlouhá doba) + přirozená kyselost dřeva (pH=4-5) – hydrolýza hemicelulosy až na monosacharidy
- Loužené dřevo bez hemicelulosy – výborná stabilita



Fotooxidace

- Dřevo vystaveno slunečnímu záření, UV záření
 - Suché prostředí ... zhnědnutí ... oxidace hemicelulosity, ligninu, celulosy
 - Vlhké prostředí ... zšednutí ... oxidace ligninu (vymytí)
- Na povrchu dřeva



Dřevokazné houby a dřevokazný hmyz

Eumycota – Basidiomycetes, Deuteromycetes, Ascomycetes ... hniloba, tlení, plísně

Datování dřeva

Letokruhy

Letokruh je přírůstek dřeva vytvořený kambiem v průběhu jednoho vegetačního období. Počet letokruhů na radiálním řezu (příčný řez) odpovídá stáří stromu.
(Poznáme jih nebo sever.)

Letokruhy se zabývá vědní obor dendrochronologie, který využívá nepravidelností letokruhů, způsobených zejména odlišným chodem počasí v různých letech k určování doby, z níž dřevo pochází.

Letokruh je zpravidla rozdělen na dvě části:

Jarní dřevo je obvykle světlejší a měkčí část v letokruhu. Póry (cévy a cévice = tracheje a tracheidy) mají větší průměr než u letního dřeva.

Letní dřevo je tmavší a obvykle tvrdší část letokruhu.

V našich zeměpisných šířkách - letokruhy všechny dřeviny.
U tropických dřevin- letokruhy nepatné.



Dendrochronologie

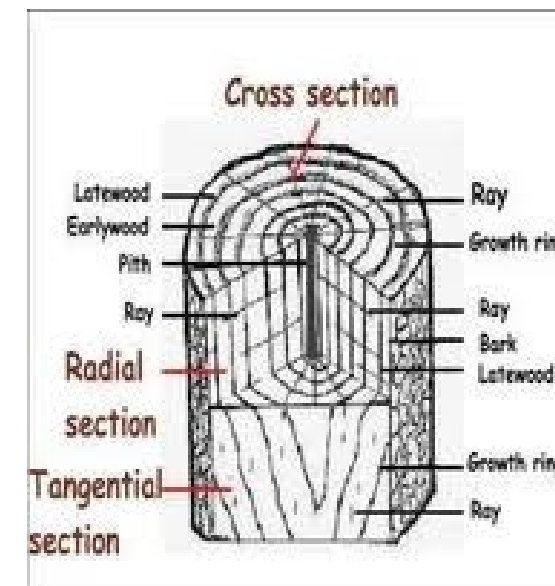
Tato technika byla vyvinuta ve 20. století americkým astronomem A. E. Douglass, který objevil korelaci mezi *letokruhy a slunečním cyklem*.

Stromy v mírném pásmu vytvářejí v období vegetace novou vrstvu dřeva.

Na konci vegetační doby se tvoří hustší, tmavší dřevo než na začátku vegetačního období. Rozhraní mezi těmito vrstvami vytváří letokruhy.

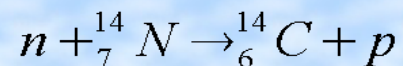
Pro datování jsou důležité roky, v nichž se tvoří výrazně odlišné letokruhy, které představují záchytné body pro datování.

Samotné datování spočívá v porovnání dostatečně dlouhé řady šířek letokruhů neznámého dřeva se standardní letokruhovou křivkou (letokruhovým kalendářem).



Datování uhlíkem ^{14}C

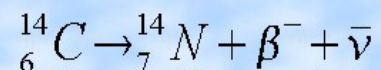
- Radioaktivní uhlík ^{14}C vzniká v horních vrstvách atmosféry působením kosmického záření na atmosférický dusík. Neutron z kosmického záření může při nárazu vyrazit proton z jádra dusíku a nahradit ho. Tím se z dusíku stane uhlík.



- Rychlost tvorby ^{14}C je konstantní v období několika tisíciletí.
- Organismy během života přijímají ^{14}C . Po smrti dochází k postupnému rozpadu tohoto izotopu.
- Poločas rozpadu ^{14}C je asi 5000 let, tzn. že po 5000 letech je koncentrace ^{14}C poloviční.
- Pro přesné datování mladších vzorků dřeva je potřeba větší množství materiálu, aby mohla být změna koncentrace stanovena dostatečně přesně.

• Metody stanovení obsahu ^{14}C

- Měření počtu rozpadů za časovou jednotku pomocí detektoru β záření – není příliš přesné a vyžaduje větší množství vzorku.



– Hmotnostní spektrometrie

- Vysoce citlivá metoda.
- Umožňuje datování vzorků obsahujících minimální množství ^{14}C .
- Umožňuje datovat vzorky staré až 60 000 let.



Základní druhy dřeva

dřevo jehličnatých dřevin – např. [smrk](#), [jedle](#), [borovice](#), [modřín](#), [douglaska](#), [jalovec](#), [tis](#)

dřevo listnatých dřevin

s kruhovitě pórovitou stavbou – např. [dub](#), [jasan](#), [akát](#), [jilm](#), [morušovník](#), [kaštanovník](#)

s polokruhovitě pórovitou stavbou – např. [ořešák](#), [třešeň](#), [švestka](#)

s roztroušeně pórovitou stavbou dřeva – např. [buk](#), [platan](#), [habr](#), [olše](#), [lípa](#), [javor](#), [bříza](#), [topol](#), [vrba](#), [hrušeň](#)

Tvrdé a měkké dřevo

Dřevo je a bylo pro lidi velmi důležitým materiálem. Každý druh dřeva má svoje zvláštní vlastnosti, což ovlivňuje možnosti jeho využití. Měkké dřevo je takové, které se snáze opracovává, pochází většinou z [jehličnatých stromů](#), z listnatých například [lipové](#), [topolové](#), [vrbové](#) a další, zatím co tvrdé dřevo se získává hlavně z [listnatých stromů](#) (z jehličnatých stromů považujeme za tvrdé dřevo [borovice](#), [douglasky](#), [tisu](#)...). Krom několika výjimek měkká dřeva podléhají hnilobě snáze než tvrdá. Tento jev však lze omezit pomocí vhodného ošetření dřeva.

Borovice lesní (Pinus sylvestris)

Výška : 40 - 60 m

Stáří: 60 a více let

Opadavost: rostlina neopadavá

Původ: Evropa

Kůra: šedohnědá

Doba květenství: květen

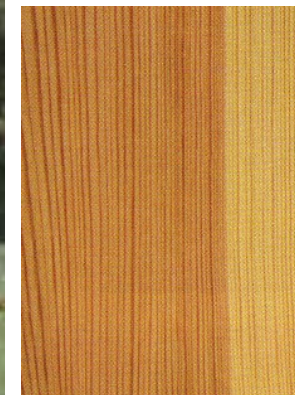
Květy: samčí žluté na spodní straně letorostu, samičí červené stopkaté na konci výhonů

Plod: Je to převislá šiška se stopkou umístěnou asymetricky.

Výskyt: Na velmi suchých stanovištích. Dokáže si získat vodu z velké hloubky, díky čemuž netrpí vývraty. Má ráda volný prostor, není schopna růstu v semknutých prostorech.

Charakteristika dřeva: Dřevo jádrové, běl dosti široká, barvy nažloutlé, jádro červenohnědé až hnědé. Letokruhy výrazné – ostře ohraničené jarní přírůstky od letních, rovněž i barevně výrazně odlišeny. Četné pryskyřičné kanálky patrné pouhým okem, jako drobné bílé tečky na příčném řezu. Dřeňové paprsky jsou patrné pouze pod lupou. Dřevo voní po pryskyřici, častá smolnatost. Výrazná kresba na tangenciálním řezu.

Použití: Z borových kmenů se vyrábějí nejvíce výřezy pilařské, především pro truhlářské zpracování – stavební (dveře, okna, obklady, schodiště, zábradlí, obklady) výroba dých, dřevovláknitých a dřevotřískových desek, dřevité vlny, buničiny.



Dub zimní (*Quercus petraea*)

Výška: až 30 - 40m

Stáří: 400 až 1000 let

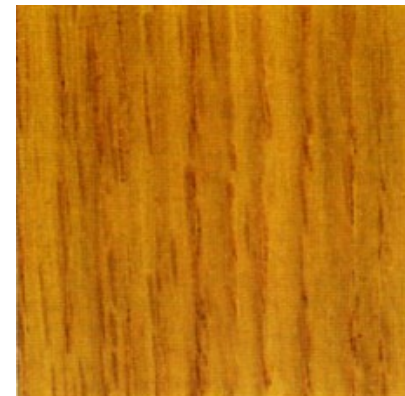
Průměr kmene: přes 1m

Charakteristika: opadavý, jednodomý, náročný na půdu, téměř po celé Evropě, stoupá do nadmořských výšek 600m, světlomilný, citlivý na chlad, vejčitá štíhlá koruna, listy dlouhé 16cm a široké 10cm, cenná lesní i parková dřevina. Dává přednost propustným, čerstvě vlhkým až suchým půdám, mokré půdy nesnáší

Plody: žaludy

Použití. Použití stavební truhlářství, schodiště, parkety, prahy, nábytkové truhlářství, výroba dýh, umělecké truhlářství, výroba sudů.

Charakteristika dřeva: Dřevo tvrdé, těžké, velmi trvanlivé. Dřevo jádrové, běl velmi úzká, barvy světlehnědé, mohutné jádro bary žlutohnědé až temně hnědé. Nápadně velký průměr cév, patrné pouhým okem jako kruhové otvůrky na příčném řezu a jako podélné rýhy na podélných řezech, které nelze obráběním odstranit. Dřeňové paprsky mohutné, jeví se na podélných řezech jako tmavé dlouhé pruhy, na příčném řezu jako zrcátka různých tvarů a velikostí. Jarní přírůstky jsou barevně odlišné od letních, přechod je však pozvolný. Kresba na tangenciálním řezu dosti výrazná



Buk lesní (Fagus sylvatica)

Výška: od 30 do 40 m

Stáří: dožívá se 25 až 500 let.

Tvar: široce kuželovitý

Vytrvalost listů: opadavé

Typ listů: jednoduché, celistvé, střídavé, vejčité, okraj čepele celokrajný

Kůra: šedá, hladká

Doba květu: květen

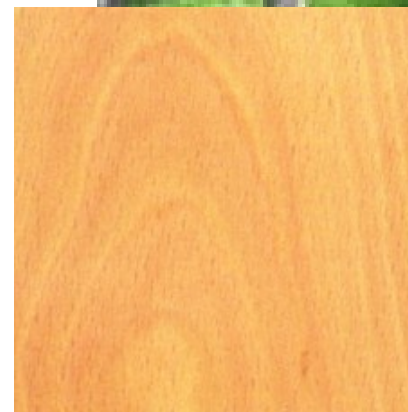
Plody: trojboké nažky dlouhé 10 mm, hnědá barva, začíná plodit v 50 až 80 letech (1kg = 2-4 tisíce semen)

Semenné roky: po 5-8(-10) letech

● **Výskyt:** Nesnáší promokřené nebo podmáčené lokality. Nejlépe roste na humózních půdách s bohatým obsahem vápníku.

Použití: Nábytkové truhlářství, bukové dřevo se také výborně hodí na výrobu ohýbaného nábytku, dále se z něj vyrábějí hračky, kuchyňské nářadí, dříve i železniční pražce.

Charakteristika dřeva: Dřevo starých stromů někdy vykazuje tzv. **nepravé jádro** – barevně odlišenou vnitřní část kmene, která není ohraničena letokruhem. Cévy pouhým okem nezřetelné. Dřeňové paprsky široké, velmi dobře znatelné, tvořící nápadné čáry na příčném řezu a na tangenciálním řezu černé nahnědlé čárky – důležitý poznávací znak. Letokruhu a kresba neznatelné. Dřevo buku je tvrdé, těžké, málo trvanlivé. Jedinou nevýhodou syrového buku je nutnost ho po pokácení velice rychle zpracovat jinak se dřevo zapaří.



Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*)

Výška: 21 až 30 m

Stáří: 150 a více let

Původ: Evropa, Kavkaz

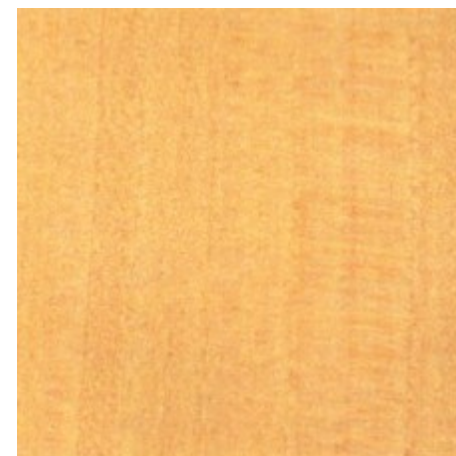
Listy: lístky podlouhlé, 3-10 cm dlouhé

Kůra: kůra v mládí hladká, šedozelená, u starších jedinců tmavší, hluboce rozbrázděná borka

Plody: křídlaté nažky, na bázi většinou zaokrouhlené

Charakteristika dřeva: Dřevo velmi tvrdé, velmi pružné, velmi těžké, trvanlivé. Dřevo jádrové, běl široká, barvy žlutobílé, málo vyvinuté jádro je světlehnědé. Cévy vytváří na podélném řezu nápadné rýhy, dřeňové paprsky jsou viditelné pouze pod lupou. Letokruhy jsou dost výrazné, tak jako i kresba.

Použití: V nábytkovém truhlářství (dýhování, parkety, tělocvičné nářadí, kvalitní topůrka, dříve i letecké vrtule. Dřevo je vhodné i na soustružení.





Habr obecný(*Carpinus betulus*)

- **Barva dřeva:** běl a jádro žlutavě bílé až šedé, bez zbarvení jádra.
- **Vlastnosti:** velmi tvrdé, těžké, tuhé a ohebné, při sušení hodně sesychá, trhá se a bortí, těžko se opracovává, dobré zpracování povrchu.
- **Použití:** plaz hoblíku, držadla nástrojů, topůrka pro kladiva a jiné nástroje



Lípa srdčitá(*Tilia cordata*)

- **Barva dřeva:** běl běložlutá až lehce načervenalá, velmi široká, vyzrálé dřevo stejně zbarvené.
- **Vlastnosti:** měkké, lehké, tuhé a značně elastické, středně ohebné, dobrá rozměrová a tvarová stálost, za určitých podmínek se dobře suší, dobře se opracovává, dobré zpracování povrchu.
- **Použití:** řezbářské a soustružnické práce, umělecké prvky, rýsovací stoly, překližkové dýhy, poddýžky

řezivo



piliny



kůra



štěpka



krajiny



odřezky



Papír

Papír je tenký, hladký materiál vyráběný zhuštěním [vlákna](#). Použitá vlákna jsou obvykle přírodní a založená na [celulóze](#). Nejobvyklejší materiál je [buničina](#) vyrobená ze dřeva (většinou [smrku](#)), či ze sekundárních vláken (sběrový papír), ale mohou být použity i jiné [rostlinné vláknité](#) materiály jako [bavlna](#), a [konopí](#), vlákna bource morušového, ale i jiné alternativní suroviny.

- Hlavní surovinou pro výrobu papíru se stala celulóza
- První použití dřeva na výrobu papíru bylo zaznamenáno v roce 1769, ale teprve v polovině 19. století se výroba papíru z dřevité kaše dostává do povědomí širší veřejnosti
- První papírenský stroj byl vynalezen roku 1798 N. L. Robertem a začal být vyráběn o pět let později bratry Foordrinierovými.
- Využíval souvislého pásu drátěného síta místo pracného nabírání jednotlivých listů na síto napnuté v rámu.

Vláknina = jednotlivá rostlinná vlákna, která tvoří řetězce neškrobových polysacharidů



Zdroje vlákniny (dřevo, sběrový papír, bavlník, konopí)

- 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



Recyklace papíru

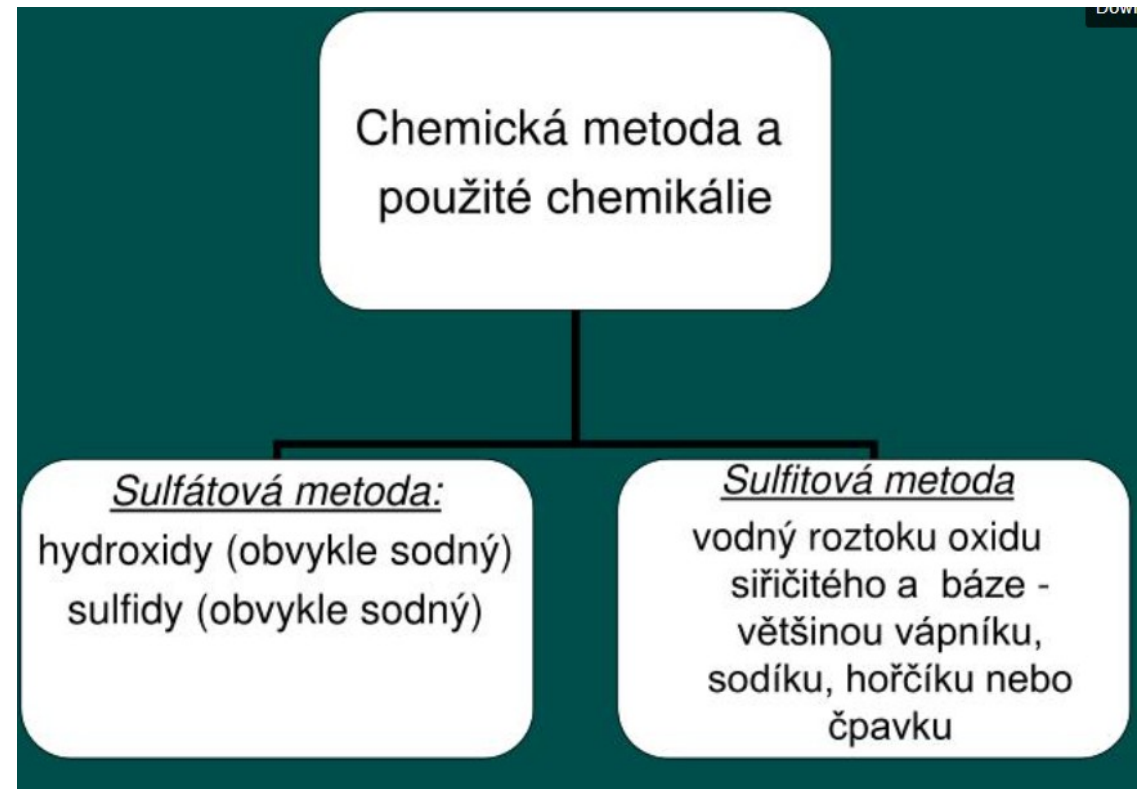
- Papír patří mezi recyklovatelné materiály.
- V Česku se na jeho třídění používá modrý kontejner.



Suroviny na výrobu papíru

- - hadrovina (především lněné a bavlněné hadry, konopí a pod.), a ovšem také starý papír = **pouze recyklace**
- - zhruba od roku 1800 slámovina (mechanicky rozmělněná)
- - od r. 1845 dřevovina, vznikající mechanickým broušením dřeva (Friedrich Gottlob Keller (Německo))
- - od r. 1858 chemická natronová vláknina (působení na dřevo roztokem hydroxidu sodného)
- - od 70. let 19. stol. – chemická sulfitová vláknina (vaření dřevěných štěpků v hydrogensířičitanu vápenatém)
- - od r. 1884 chemická sulfátová vláknina (vaření štěpků v roztoku hydroxidu sodného a sirníku sodného)
- - **průběžně je stále využíváno také zpětné rozvláknění již použitého odpadového papíru = recyklace**

Papírenský stroj



DŘEVO - ZÁKLADNÍ SUROVINA PRO VÝROBU PAPÍRU

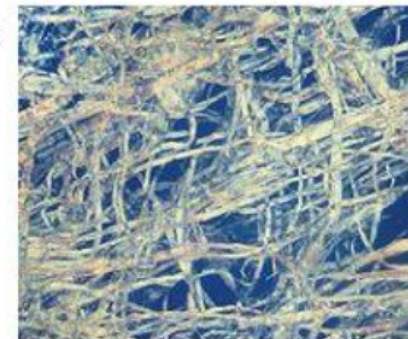


- kvalita dřevěných vláken závisí od druhu stromů, půdy a klimatu
- Dřevo obsahuje:
 - vlákna celulózy 47 %
 - lignin a další rozpustné látky 50 %
 - ostatní látky 3 %
- pro výrobu papíru se užívají i jiná vlákna získaná z jiných zdrojů (staré hadry, rostliny...)
- Důležitou alternativou však je použitý papír, který má velký význam pro šetření dřeva.

- Výrobu papíru můžeme v zásadě rozdělit na dvě fáze:

1. příprava papíroviny – celulosy/buničiny

- sekání štěpků či strouhání kmenů
- vaření - rozvlákňování
- praní
- mletí
- třídění
- bělení



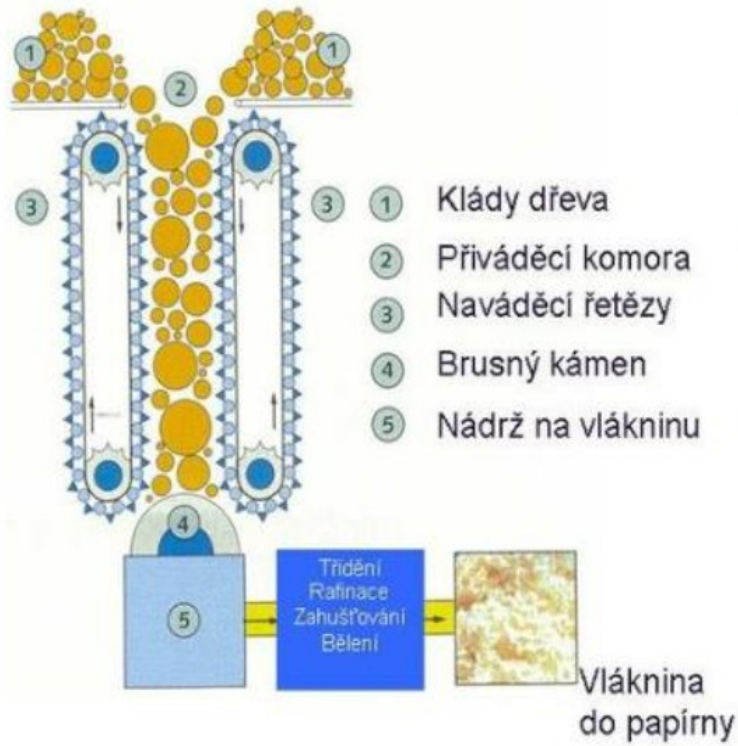
Obr. 3: vlákna buničiny

2. zpracování papíroviny na papírenském stroji

DRUHY CELULOSY

- *mechanická*
- *chemická*
- *recyklovaná (ze sběrového papíru)*

VÝROBA MECHANICKÉ CELULOSY



Výhody:

- vynikající výtěžnost (více než 90% dřeva)
- vynikající tiskové vlastnosti

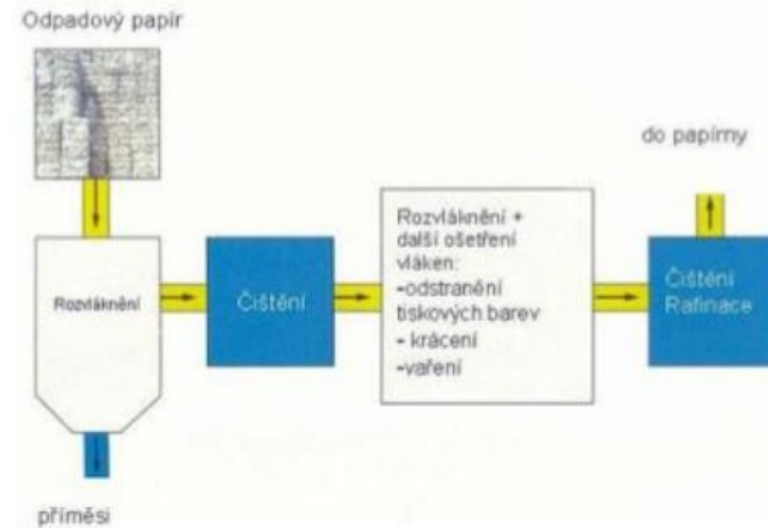
Nevýhody:

- nízká pevnost
- nažloutlost papíru díky obsahu ligninu

Nejběžnější použití:

- papír na noviny, periodika,

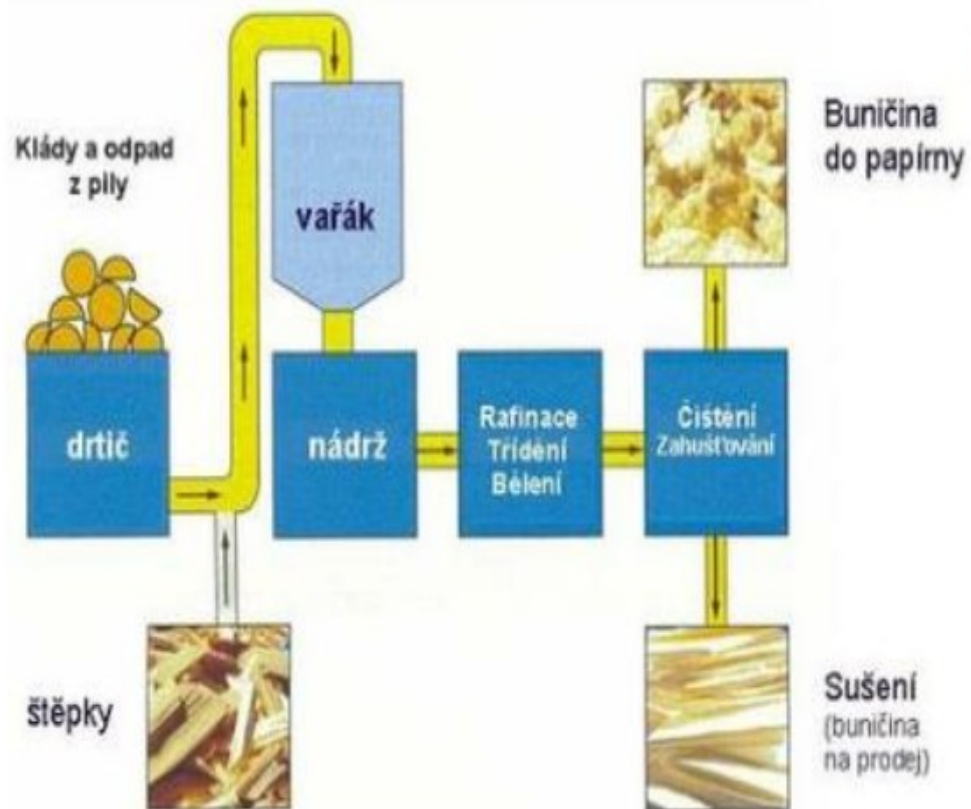
VÝROBA RECYKLOVANÉ CELULOSY



Obr. 6: výroba recyklované celulosy

- vlákna jsou získávána ze sběrového papíru (rozvláknění a zbavení nečistot a tiskové barvy...)
- nikdy se nepodaří vlákna zbavit všechny barvy - čím vícekrát recyklováno, tím nižší bělost a pevnost (vlákna jsou více opotřebovaná)
- **Nejběžnější použití:**
 - balicí papíry a kartony, novinový, obálkový

VÝROBA CHEMICKÉ CELULOSY



Obr. 5: výroba chemické celulosy

○ vlákna jsou získávána chemickou cestou

- štěpky se rozvaří ve velkých kotlích, kde se pomocí chemikálií rozpouští lignin.
- Dojde tak k uvolnění vláken.

○ **sulfátová** (zásadité chemikálie – vyšší pevnost papíru)

○ **sulfitová** (kyselé chemikálie – nižší pevnost papíru)

○ **Výhody:**

- dobré pevnostní vlastnosti
- odolnost vůči žloutnutí
- energeticky soběstačná výroba

○ **Nevýhody:**

- nízká výtěžnost (pod 60%)
- velké množství výrobního odpadu, který musí být likvidován

○ **Nejběžnější použití:**

- bezdřevé papíry, psací papíry, kopírovací, obálkový ...

Základní suroviny pro výrobu papíru

Papír vzniká zplstnatěním vláken z vodné suspenze vlákniny.

Vláknina = jednotlivá rostlinná vlákna, která tvoří řetězce neškrobových polysacharidů



Zdroje vlákniny (dřevo, sběrový papír, bavlník, konopí)

Základní způsoby výroby celulózy

A. Sulfátový způsob

B. Sulfitový způsob

Oba postupy (sulfátový i sulfitový) probíhají podobným technologickým postupem (hlavním cílem obou způsobů je odstranit lignin z dřevoviny):

- dřevo se zbaví kůry,
- dřevo se naseká na kousky o velikosti cca 2 x 2 x 0,4 cm (tzv. štěpky),
- štěpky se vaří v tlakových nádobách (vařácích, viz níže),
- vzniklá buničina se zbaví výluhů na pracích filtrech nebo kontinuálních pračkách,
- buničina se třídí, nevyhovující podíly se rozvlákňují,
- nebělená buničina se bělí, odvodňuje, popř. suší.

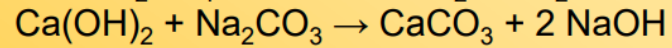
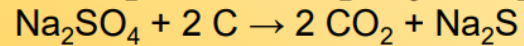
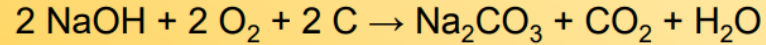
A. Sulfátový způsob

Složení varného roztoku:

NaOH, Na₂S, Na₂CO₃

Průběh chemického procesu:

- štěpky se vaří se směsí NaOH, Na₂S a Na₂CO₃



Vlastnosti celulózy:

- tmavší, pevnější, špatně bělitelná

Výhody metody	Nevýhody metody
lze zpracovat všechny druhy dřeva	menší výtěžky (odbourá se více celulózy)
krátká doba vaření	celulóza se špatně bělí
kontinuální uspořádání	zapáchající exhalace sirných sloučenin

B. Sulfitový způsob

Složení varného roztoku:

Mg(HSO₃)₂

Průběh chemického procesu:

- štěpky se vaří s kyselým roztokem
- celulóza se oddělí od sulfitového výluhu po ukončení várky v jámě
- sulfitové výluhy jsou silnými polutanty
- praním celulózy ve vodě se odstraní nerozvařené kousky dřeva
- pro dosažení bílé barvy se celulózy bělí chlorem nebo chlornanem.

Papírovina

= suspenze vlákniny ve vodě, upravená mletím, plněním, klížením někdy i barvením, pro výrobu papíru, kartónu a lepenky.

Přísady:

- klíždla
- barviva
- plnidla
- opticky zjasňující prostředky

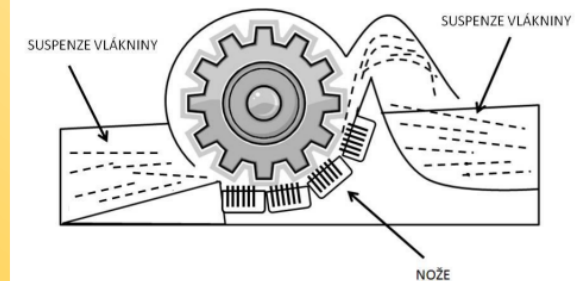
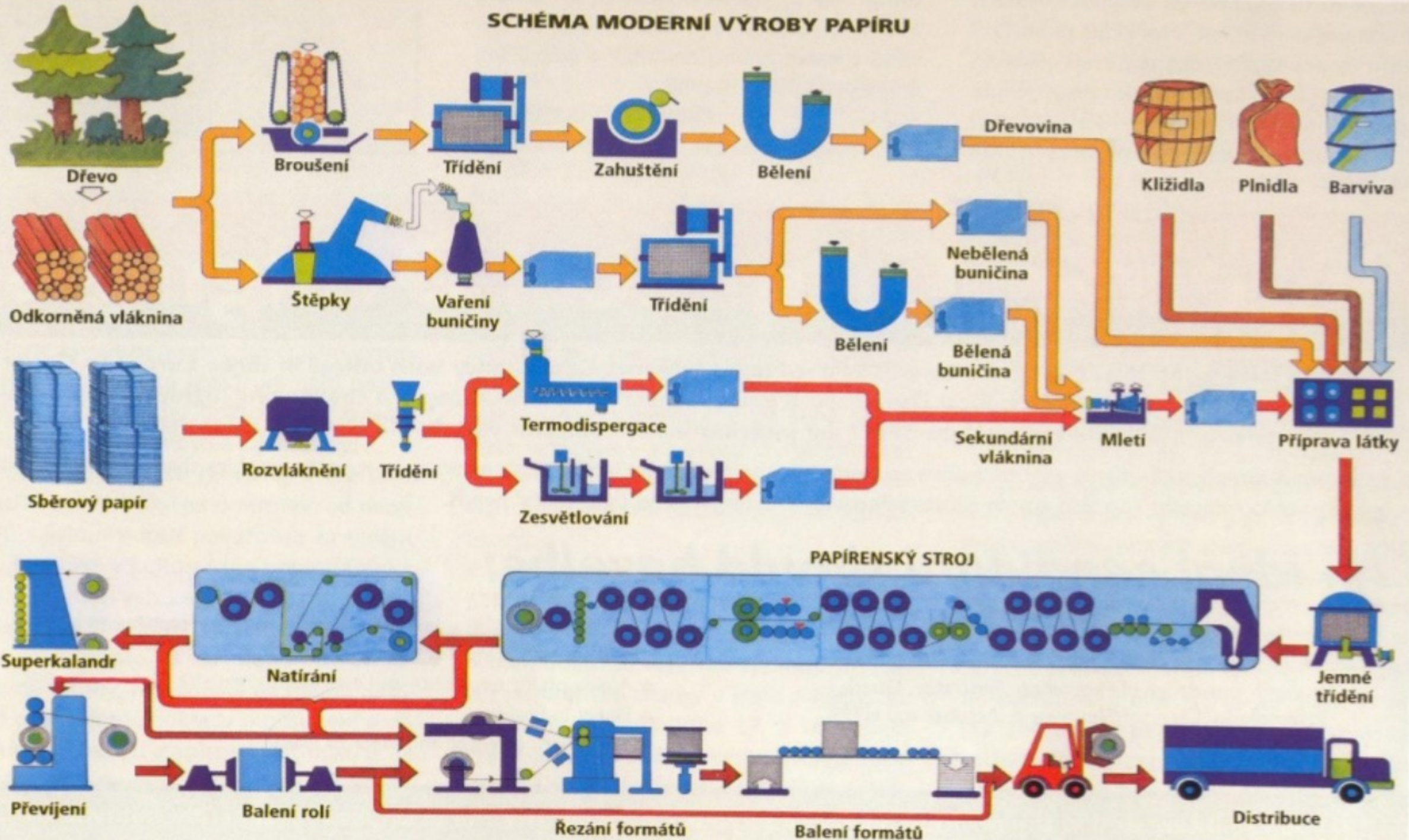


SCHÉMA MODERNÍ VÝROBY PAPIRU



Fyzikální vlastnosti

Pórovitost a prodyšnost- nepostradatelná vlastnost tiskových a psacích papírů.

Ovlivňuje absorpční schopnost papíru vůči inkoustům a tiskařským barvám. Velmi pórovité jsou papíry určené k impregnaci. Opakem pórovitosti je hustota papíru.

Savost papíru -schopnost papíru přijímat svým průřezem různé kapaliny vztlínáním. Zkouší se tak, že se proužek papíru zavěsí na raménka se svislou stupnicí a spodní proužek se ponoří do kapaliny. Po 10 min. se odečte na měřítku, do jaké výšky kapalina vystoupila. Zkouška má význam u savých papírů a papírů určených k impregnaci. U sacích papírů se považuje výška vyvzlínané kapaliny do 20 mm za nedostatečnou, nad 120 mm za zvlášť vysokou.

Vsákavost papíru -schopnost papíru přijímat kapalinu jednou ze svých stran. U nás je na vsákavost zavedena zkouška, již se určuje množství přijaté vody v gramech 1m^2 papíru ve stanoveném čase.

Nasákavost- schopnost papíru přijímat kapaliny celým povrchem. Je důležitá u papírů, které mají být při dalším zpracování impregnovány ponořením do impregnační kapaliny.

Nepromáčivost- schopnost papíru nepropouštět vodu za určitých stanovených podmínek. Důležitá u papírů, kartonů a lepenek na výrobu obalů.

Nepromastitelnost- důležitá u papírů, do kterých se balí máslo, sádlo, sýry apod. zkouška nepromastitelnosti se provede tak, že se zkoušený vzorek papíru položí na arch bílého čistého papíru. Na zkoušený vzorek se kapne kapka terpentýnového oleje a roztírá se prstem. Nezanedbá-li zkoušený vzorek na spodním papíru žádnou stopu, je nepromastitelný.

Dvoustrannost papíru - rozdíl mezi vrchní a spodní stranou papíru, tj. mezi stranou síťovou a plstěncovou. Rozdíl nelze zcela odstranit-zejména u papírů strojních hladkých a silně plněných. Síťová vrstva je vždy drsnější, protože je v ní otištěna struktura síta. Papír je obvykle na síťové straně „otevřený“ a pórovitý a na plstěncové straně je „uzavřený“ nepórovitý.

Podélný a příčný směr vláken - papír je vyráběn strojově. Vláknata seřazena ve své hmotě jedním směrem. Směr dán směrem výroby a chodu papírenského stroje (směr výroby). Jednosměrné uložení je příčinou rozdílných vlastností papíru. Jednosměrnost ovlivňuje všechny jeho fyzikální i mechanické vlastnosti. Pevnost papíru v tahu v podélném směru je 1,5 až 2x větší, než ve směru příčném. Pevnost v roztržení je větší ve směru příčném než ve směru podélném. Poddajnost a ohebnost papíru je větší ve směru příčném než podélném. Při skládání má být vždy hlavní lom ve směru podélném.

Rozměrová nestálost – přijímání kapalin (hygroskopičnost) papíru určuje a ovlivňuje mnoho dalších jeho vlastností. Se zvětšováním vlhkosti se rozměry papíru zvětšují, při sušení se papír sráží. Rozměrová nestálost-nejdůležitější vlastnost papíru určeného pro sůtisk většího počtu barev nebo pro přesné zpracování, jakým je např. řezání a výsek děrných štítků.

Optické vlastnosti - barva, bělost, neprůsvitnost, lesk, průhled a čistota papíru.

Chemické vlastnosti papíru

Stálost zbarvení

Stálost zbarvení ve vlhkém prostředí- schopnost nepustit barvu na předmět, který je s papírem v přímém kontaktu.

Stálost zbarvení na světle- schopnost neměnit po delší dobu barvu (odstín) působením denního světla. Lze zkoušet tak, že jednu část zakryjeme neprůsvitným kartonem a odkrytou část vystavíme slunečnímu světlu. Po několika dnech až týdnech porovnáme barvy obou částí papíru.

Stárnutí- vnitřní i vnější změny v papíru, vyvolané vnějšími vlivy působícími po určitou dobu (světlo, teplo). Projeví se změnou barevného odstínu a změnami fyzikálních i mechanických vlastností.

Trvanlivost- odolnost papíru proti stárnutí. Nejtrvanlivější jsou papíry z celulózy a bavlněné hadroviny. Nejméně trvanlivé jsou papíry obsahující dřevovinu.

Mechanické vlastnosti papíru

Pevnost

Pevnost v tahu- schopnost papíru odolávat za stanovených podmínek vnějším silám působícím v rovině zkušební vzorku opačným směrem (směřujícím k přetržení zkušební vzorku)

Pevnost v ohybu, pevnost povrchu (důležitá pro tiskaře), pevnost v průtlaku... atd.

Tvrдость- schopnost papíru odolávat vnikání jiného materiálu.

Tuhost (nepoddajnost)- souvisí s plošnou hmotností, hustotou, tloušťkou a tvrdostí. Důležitá pro bankovní a bankovkové papíry, kartotékové listy, hrací karty, obalové techniky... atd.

Fyzikální vlastnosti papíru

Plošná hmotnost - jeden z nejdůležitějších ukazatelů a charakteristická vlastnost papíru, kartonu a lepenky. Je to hmotnost 1 m² užitého materiálu. Vyjadřuje se v jednotce g/m². Má přímý vliv na všechny ostatní fyzikální vlastnosti papíru. Zjišťuje se na kvadratických vahách.

Papíry- od 8 do 120 g/m²
Kartony- od 200 do 350g/m²
Lepenky- do 4500 g/m²

Druhy papírů, kartonů a lepenek

Papíry

Tiskové- novinový, knihtiskový, plakátový, bankovkový, známkový, mapový, rozmnožovací, křídový...

Psací a kreslicí papíry- ruční papír, imitace ručního papíru, knihový, bankovní, strojový, průklepový, pauzovací..atd.

Obalové papíry - střední balicí, balíkový, černý na fotoobaly, hedvábný, pergamenový, parafinový...atd.

Papíry pro elektrotechniku - kabelový, kondenzátorový, pro polepování dynamových a transformátorových plechů...atd.

Technické a průmyslové papíry -pytlový, kelímkový, fotografický, cigaretový, sulfátový na lepicí pásy...atd.

Filtrační papíry- sací papíry, buničitá vata, papíry pro filtraci plynů spalovacích motorů..atd.

Papíry na zušlechtění- surový fotografický, propisovací...atd.

Ostatní papíry- uhlový, dekorační..atd.

Kartony

Tiskové- ofsetový, brožovací, křídový, karton na hrací karty...atd.

Psací, kreslicí rýsovací- konfekční, dopisnicový, navštívenkový, kreslicí, rýsovací...atd.

Technicko průmyslové -kelímkový, fotografický, pergamenový, stínidlový, na vlnitou lepenku...atd.

Ostatní- albový, paspartový, dekorační natíraný karton...atd.

Lepenky

Kartonážní a knihařské -bílá ruční, černá ruční, strojní vícevrstvá, vlnitá jednoduchá, vlnitá dvojitá...atd.

Technicko průmyslové - krytinové a izolační, asfaltované s posypem nebo bez posypu, lesklé pro elektrotechniku, těsnicí, jízdénkové, kufrové...atd.

Ostatní - surové krytinové, hadrové, hadrové s nitěnou vložkou, buničtinové...atd.