

PŘÍRODNÍ POLYMERY

Polysacharidy II

CELULÓZA

RNDr. Ladislav Pospíšil, CSc.

Časový plán

| LEKCE | téma |
|-----------|---|
| 1 | Úvod do předmětu - Struktura a názvosloví přírodních polymerů, literatura |
| 2 | Deriváty kyselin, - přírodní pryskyřice, vysýchavé oleje, šelak |
| 3 | Vosky |
| 4 | Přírodní gumy, Polyterpeny – přírodní kaučuk, získávání, zpracování a modifikace |
| 5 | Polyfenoly – lignin, huminové kyseliny |
| 6 | Polysacharidy I – škrob |
| 7 | Polysacharidy II – celulóza |
| 30. 11. | Bílkovinná vlákna I |
| 7. 12. | Bílkovinná vlákna II |
| 14. 12. | Kasein, syrovátka, vaječné proteiny |
| 11 | Identifikace přírodních látek VLOŽÍM NA INTRANET MU PŘF |
| 12 | Laboratorní metody hodnocení přírodních polymerů VLOŽÍM NA INTRANET MU PŘF |

LITERATURA

- Ing. J. Dvořáková: **PŘÍRODNÍ POLYMERY**, VŠCHT Praha, Katedra polymerů, skripta 1990
- J. Mleziva, J. Kálal: **Základy makromolekulární chemie**, SNTL Praha, 1986
- A. Blažej, V. Szilvová: **Prírodné a syntetické polymery**, SVŠT Bratislava, skripta 1985
- V. Hladík a kol.: **Textilní vlákna**, SNTL Praha, 1970
- J. Bučko, L. Šutý, M. Košík: **Chemické spracovanie dreva**, ALFA Bratislava & SNTL Praha 1988
- J. Mleziva, J. Šňupárek: **POLYMERY – výroba, struktura, vlastnosti a použití**, SOBOTÁLES, Praha 1993, ISBN 80-85920-72-7

Přírodní vlákna

rostlinná
(celulózová)

živočišná
(proteínová)

anorganická

azbest

ze semen

lýková

z listů

ze srsti
obratlovců

sekret
hmyzu

bavlna
kapok
kokos

len
konopí

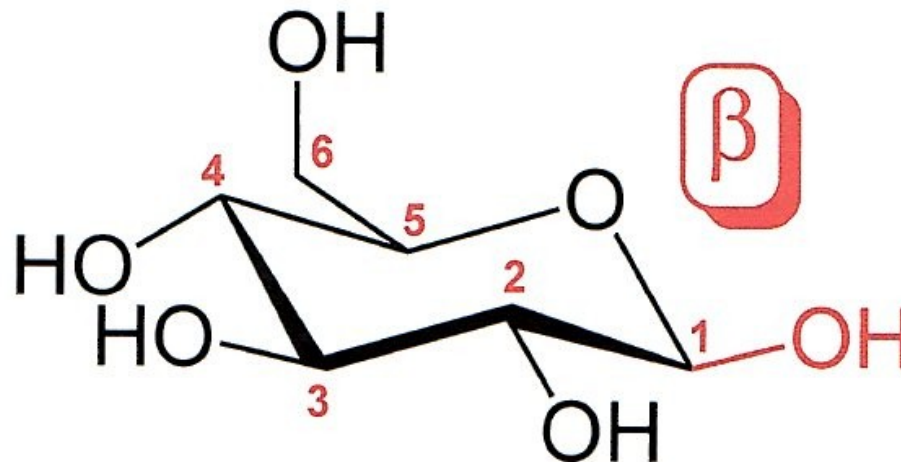
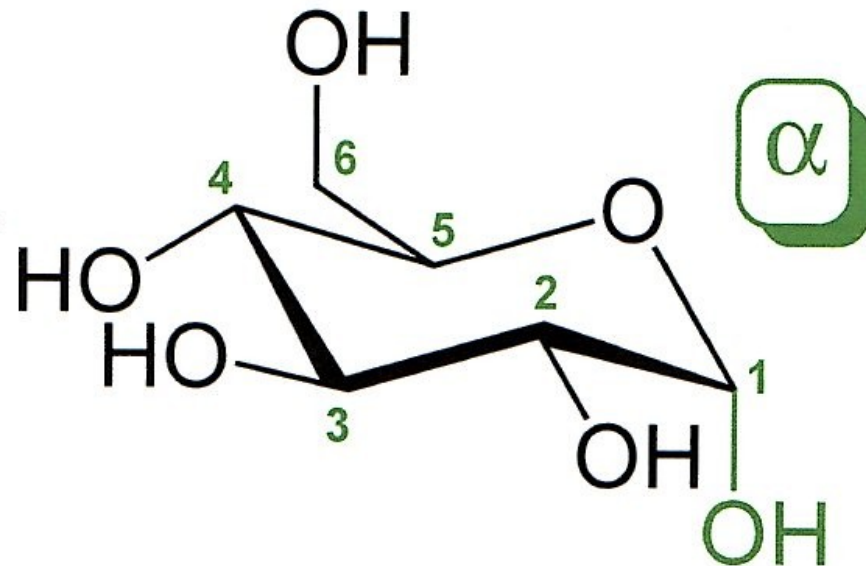
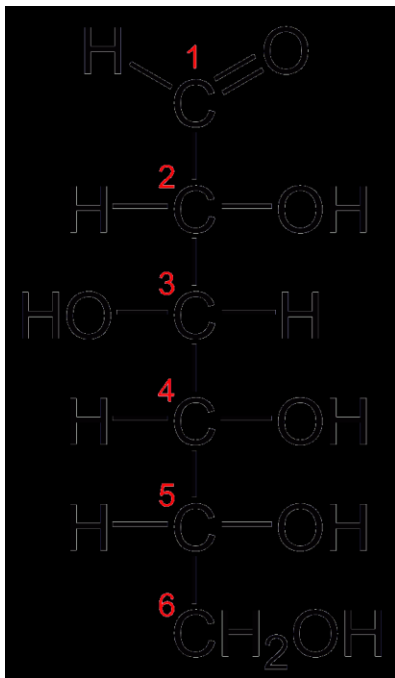
juta
ramie
kenaf

sisal
manilské
konopí
ananasová
vlákna

vlna ovčí
vlna velbloudí
vlna angorská
kašmír
mohér
různé druhy
srstí atd.

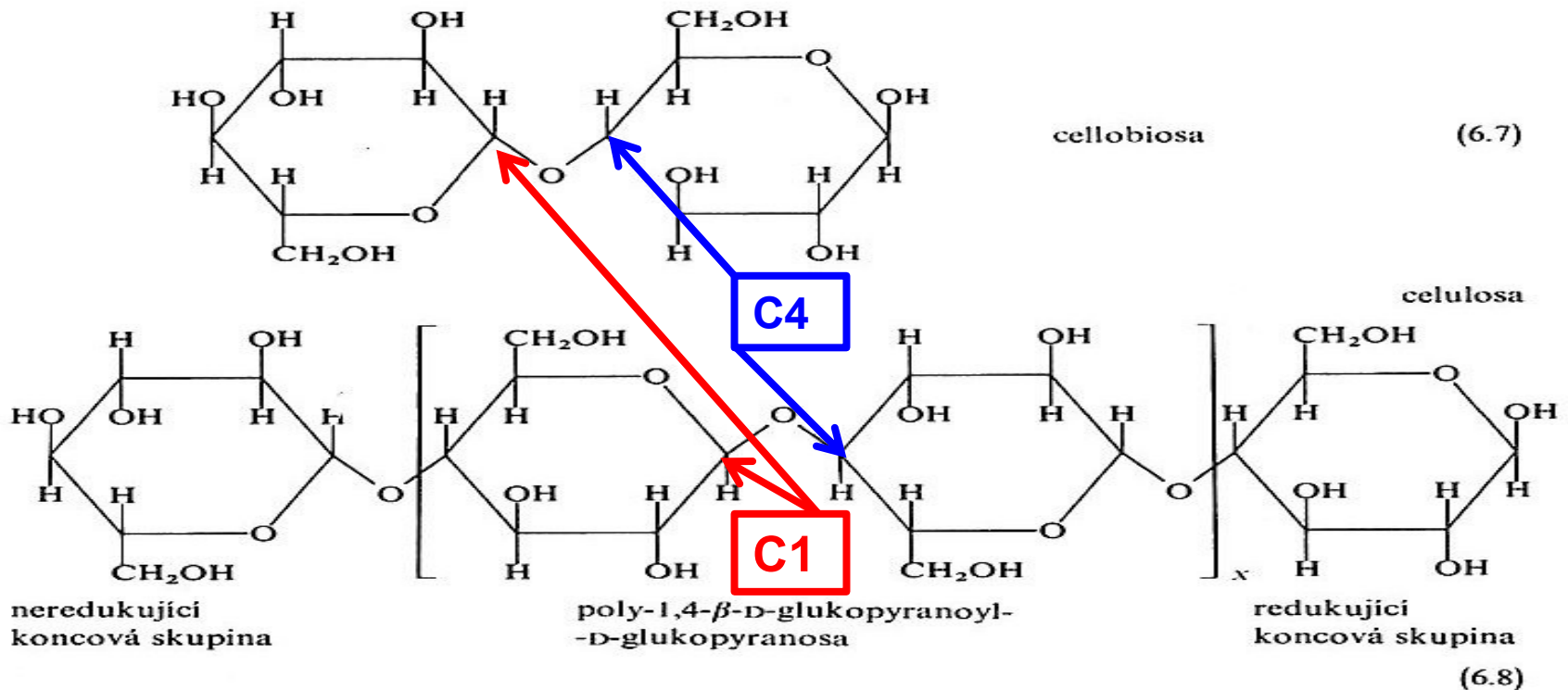
přírodní hedvábi

- 1. Chemie celulózy**
- 2. Nadmolekulární stuktura celulózy**
- 3. Výskyt celulózy**
- 4. Rozpustnost celulózy**
- 5. Výroba celulózy**
- 6. Použití celulózy**
- 7. Modifikace celulózy**
- 8. Nanocelulóza**

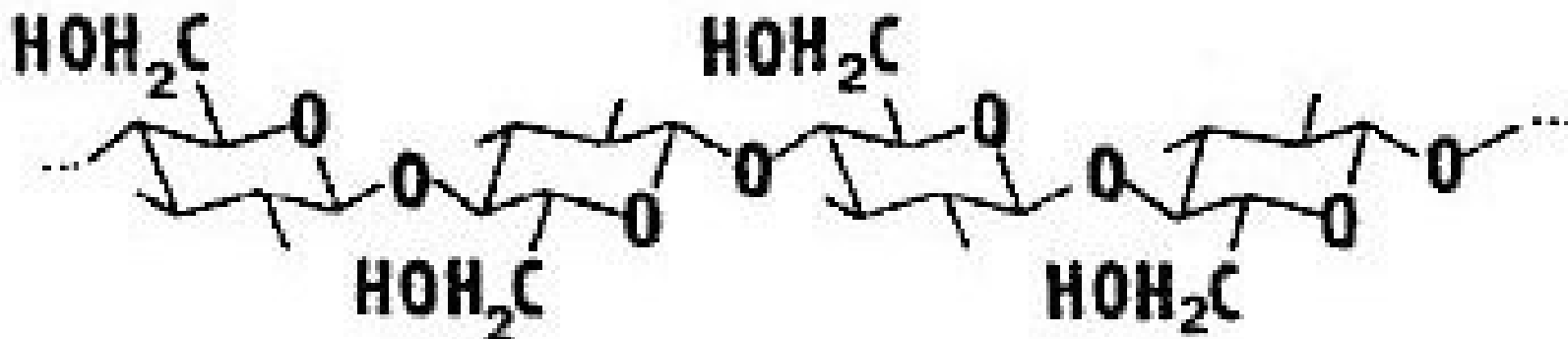
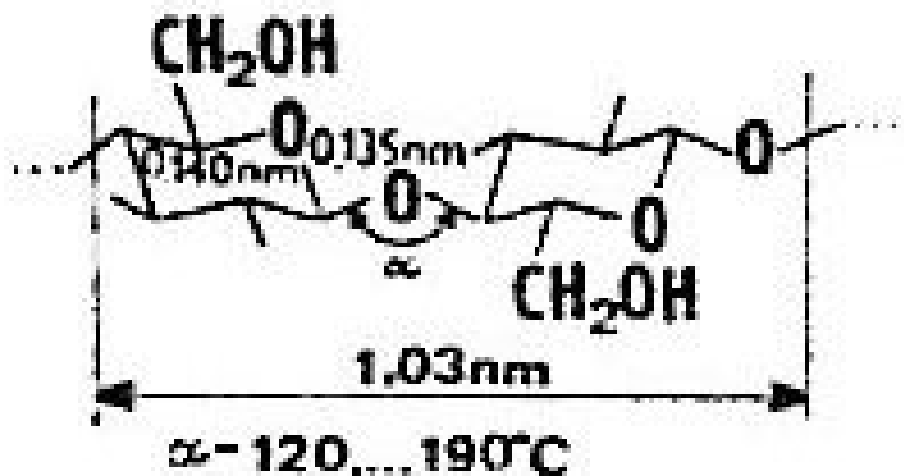


Chemie celulózy I

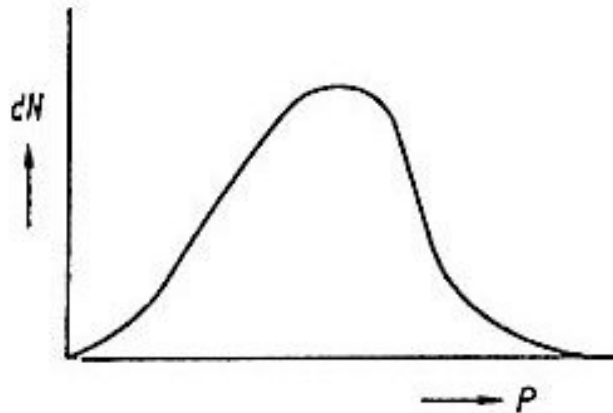
- Patří do skupiny **polysacharidů**
- **Tvoří největší podíl z biomasy**
- Poly-(β -D-glukosa) ([zjednodušený název](#))
- **Poly-1,4- β -D-glukopyranoyl-D-glukopyranosa**



Chemie celulózy II



Chemie celulózy III



Obr. XI.2. Distribuce molekul podle polymerizačního stupně

Novější údaje, získané moderními metodami, tyto hodnoty u nativních celulóz značně zvyšují. Tak např. Gralén udává pro průměrný polymerační stupeň \bar{P} tyto hodnoty:

| | |
|--------------------|--------|
| surová bavlna | 10 800 |
| linters | 9 300 |
| len | 37 000 |
| ramie | 12 400 |
| kopřivová vlákna | 11 600 |
| sulfitová celulóza | 3 100 |

M_w (podle jiného zdroje)

| | |
|---------------------------|---|
| Bavlna | $1,78 - 2,43 \times 10^6$ |
| Sulfitová buničina | $0,60 \times 10^6$ |
| Viskózová vlákna | $0,23 \times 10^6$ |

$$P = M/162$$

DALŠÍ ZDROJ (P):

- bavlna 15 000
- celulóza ze dřeva 5 – 9000
- viskózová vlákna 300

Chemie celulózy IV

- **Údaje o MW se dost liší, KROMĚ BAVLNY**
- **Může to být:**
 - různé přírodní zdroje,
 - různé viskózy (velmi pravděpodobně),
 - různé metody měření.
- **Co chybí:**
 - MWD
 - Údaje o typu MW (M_n nebo M_w)

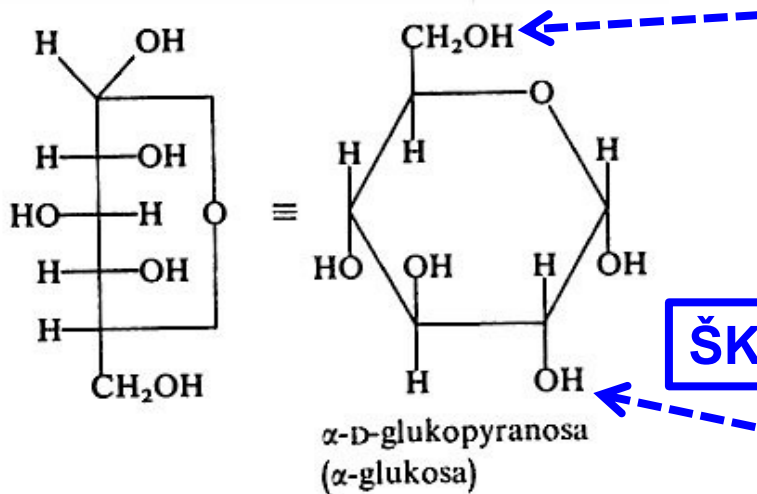
Rozpustnost celulózy

| ROZPOUŠTĚDLO | Rozpustnost | Průvodní děje |
|---|---------------|---|
| Voda | Ner rozpustná | Sorpce vody, bez změny polymeračního stupně |
| Roztoky některých anorganických solí ($ZnCl_2$, $AlCl_3$, $SnCl_4$ atd.) | Rozpustná | Částečná hydrolýza > změny polymeračního stupně |
| Minerální kyseliny (HCl , H_2SO_4 , H_3PO_4 atd.) | Rozpustná | Částečná hydrolýza > změny polymeračního stupně |
| Hydroxidy alkalických kovů | Rozpustná | Vznik alkoholátů |
| Aminové komplexy – Schweitzerovo činidlo | Rozpustná | Vznik komplexů mědi |
| Alkylaminy | Rozpustná | NEVÍM |

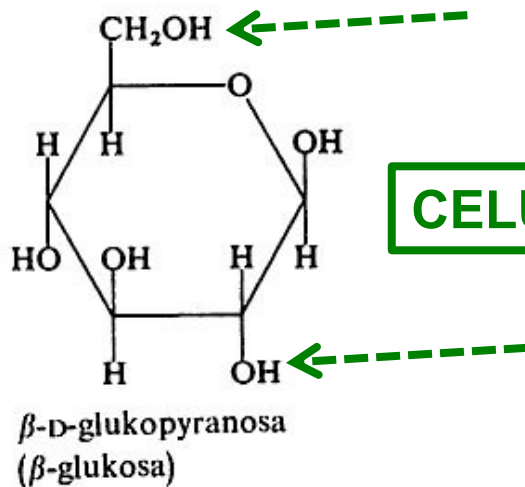
Rozpustnost celulózy ZÍSKANÉ DELIGNIFIKACÍ DŘEVA v 17,5 % NaOH ve vodě

| ROZPOUŠTĚDLO 17,5 % NaOH ve vodě | Rozpustnost | Průvodní děje |
|---|--------------------|---|
| α Celulóza | nerozpustná | |
| β celulóza | Rozpustná | Okyselením filtrátu kys. octovou vypadnou z filtrátu řetězce s $P_n > 200$, vzniklé při delignifikaci |
| γ celulóza | Rozpustná | Zbude v roztoku po vysrážení β celulózy a je jí nutno vysrážet EtOH. Obsahuje hemicelulózy. |

ŠKROB versus CELULÓZA I

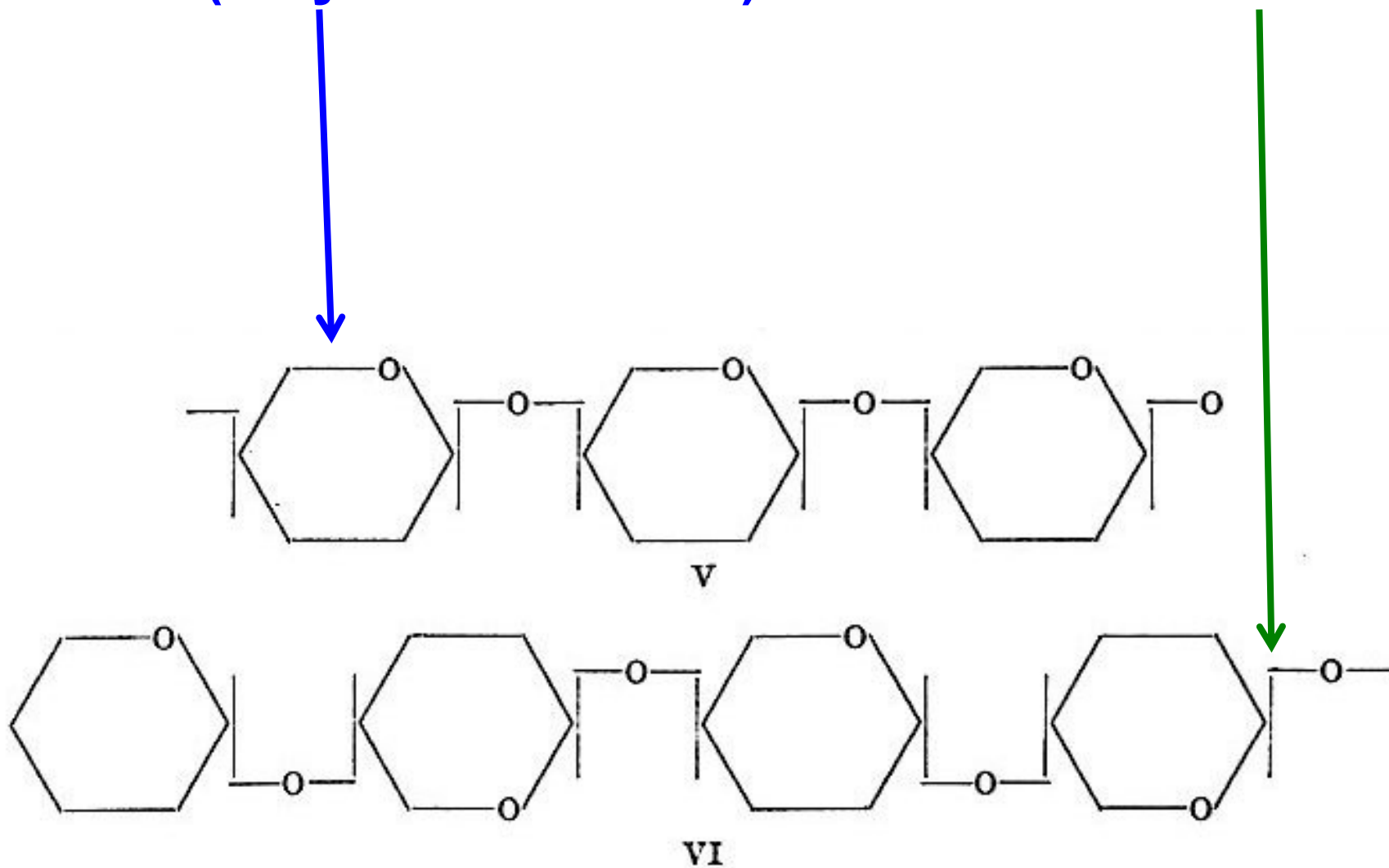


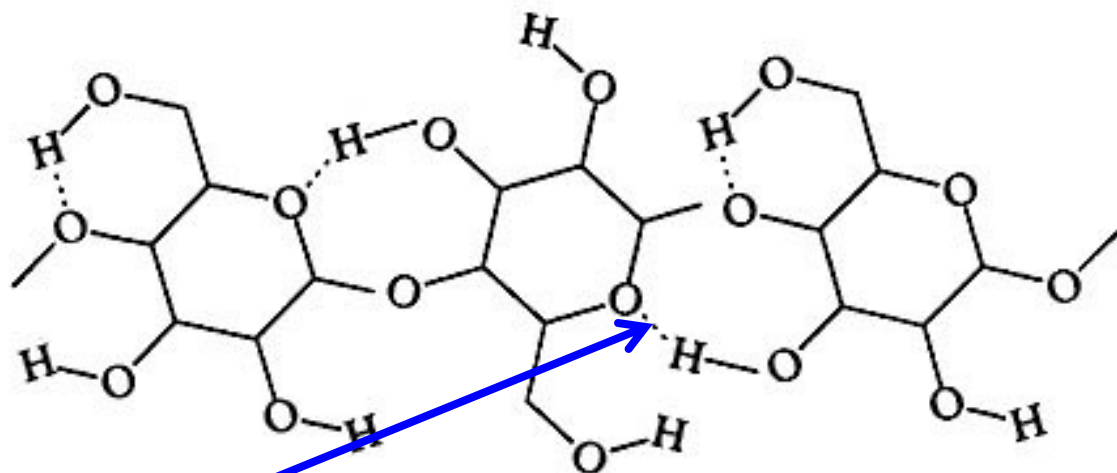
ŠKROB je polymer z α -D-glukopyranosy



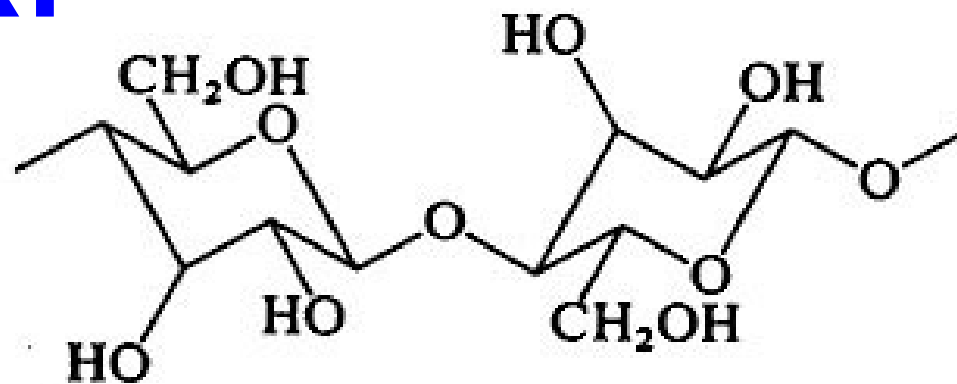
CELULÓZA je polymer z β -D-glukopyranosy

ŠKROB (amylósa - lineární) versus CELULÓZA II



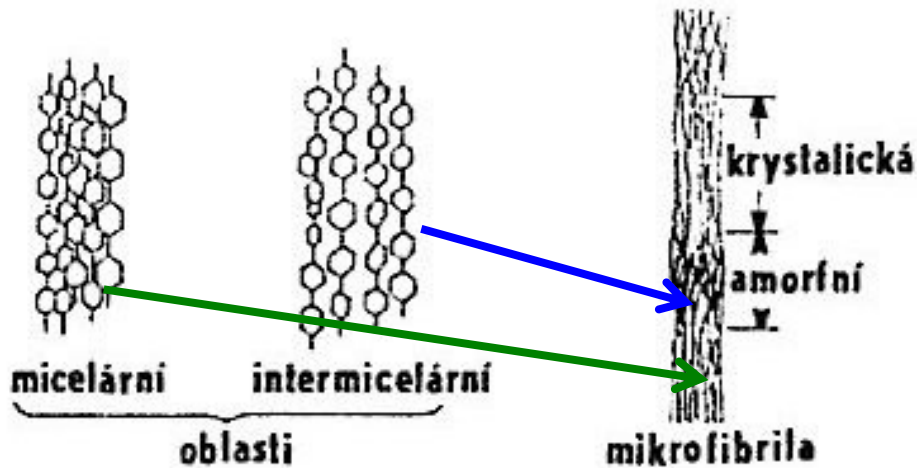


**Silné interakce přes
VODÍKOVÉ MŮSTKY**



**Další možnosti
znázornění
celulózy**

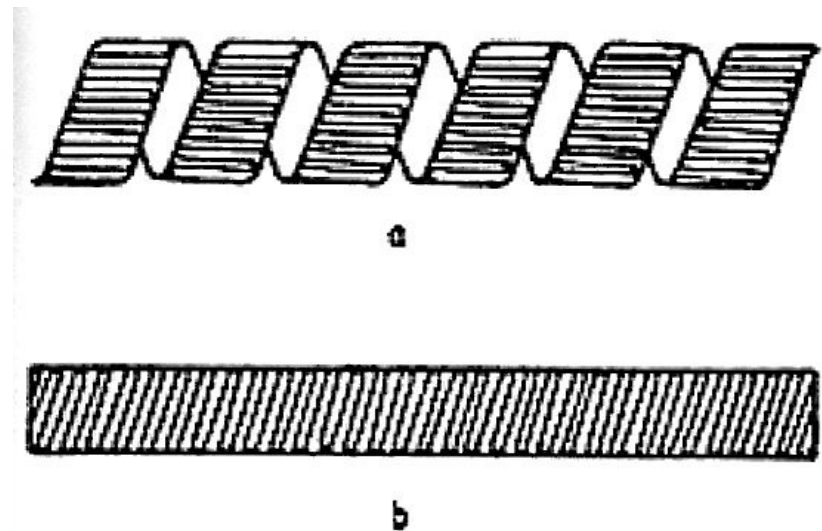
Nadmolekulární struktura celulózy I



Bezbarvá inertní látka
nerozpustná ve vodě,
hustota $1,55 \text{ g/cm}^3$

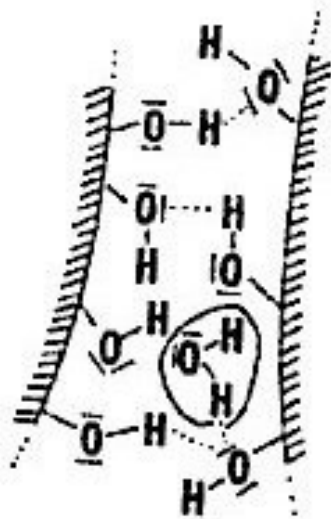
AMORFNÍ CELULÓZA
snáze bobtná a je
reaktivnější než **krystalická**

Prostor mezi
mikrofibrilami je
vyplněn
**HEMICELULÓZAMI
& LIGNINEM**

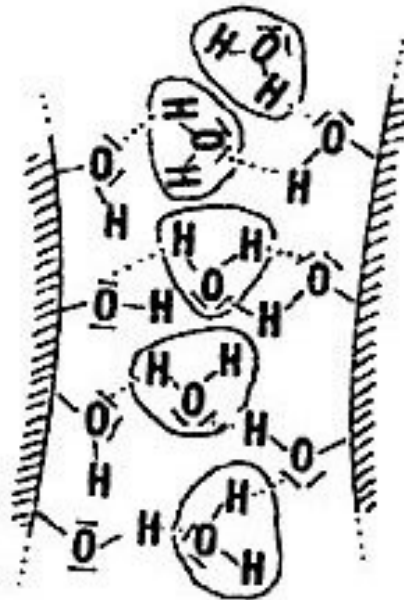


Obr. 2.15
Závitnicová konformácia celulózy

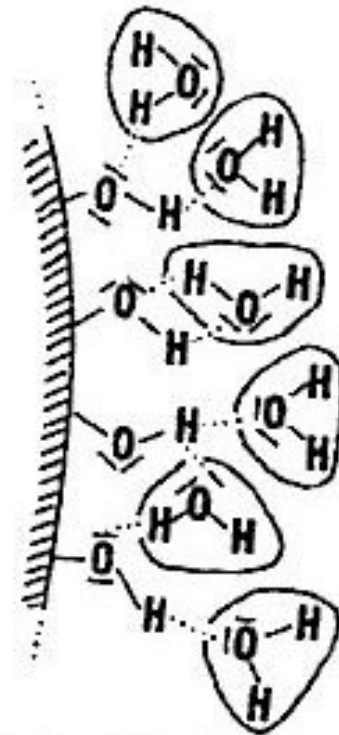
Nadmolekulární struktura celulózy II



nativní celulóza



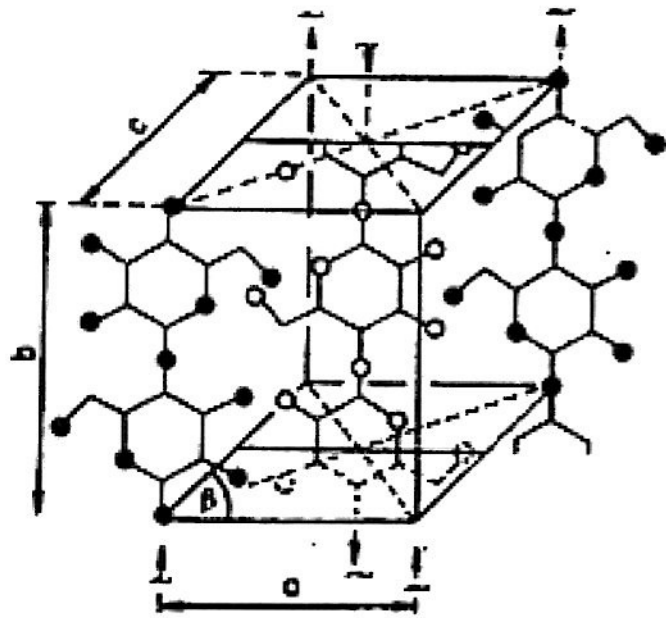
zbohnalá celulóza



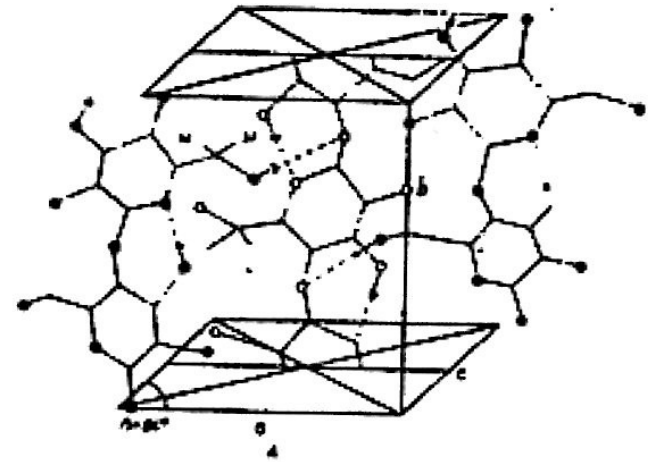
koloidně rozpuštěná celulóza

Silné interakce přes VODÍKOVÉ MŮSTKY

Krystalická struktura celulózy I



Obr. 2.17
Základná bunka celulózy I



Obr. 2.16
Kryštalická mriežka celulózy s vyznačením vodíkových väzieb
A-pohľad spredu, B-pohľad zhora

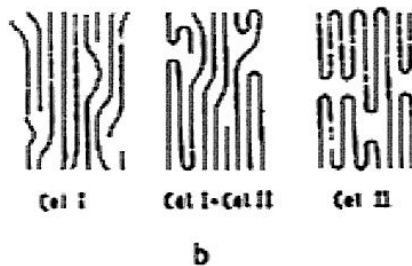
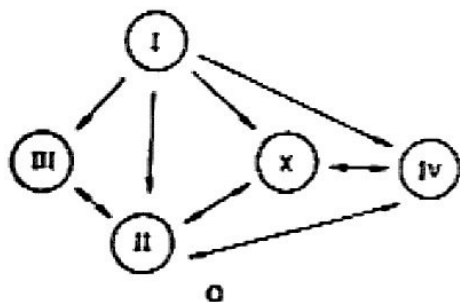
**Silné interakce přes
VODÍKOVÉ MŮSTKY**

Krystalická struktura celulózy II

Parametre pre základné bunky celulózy

Tabela 2.5

| | a (nm) | b (nm) | c (nm) | β (stupne) |
|-----|-----------|-----------|-----------|---------------------|
| I | 0,82 | 1,03 | 0,79 | 83 |
| II | 0,80 | 1,03 | 0,91 | 63 |
| III | 0,77 | 1,03 | 0,99 | 58 |
| IV | 0,81 | 1,03 | 0,81 | 90 |
| X | 0,81 | 1,03 | 1,57 | 96 |



Obr. 2.18

Schematický prechod medzi jednotlivými polymorfnými formami celulózy

a-z hľadiska základnej bunky,
b-z hľadiska konformácie reťazcov

I –
nativní celulóza

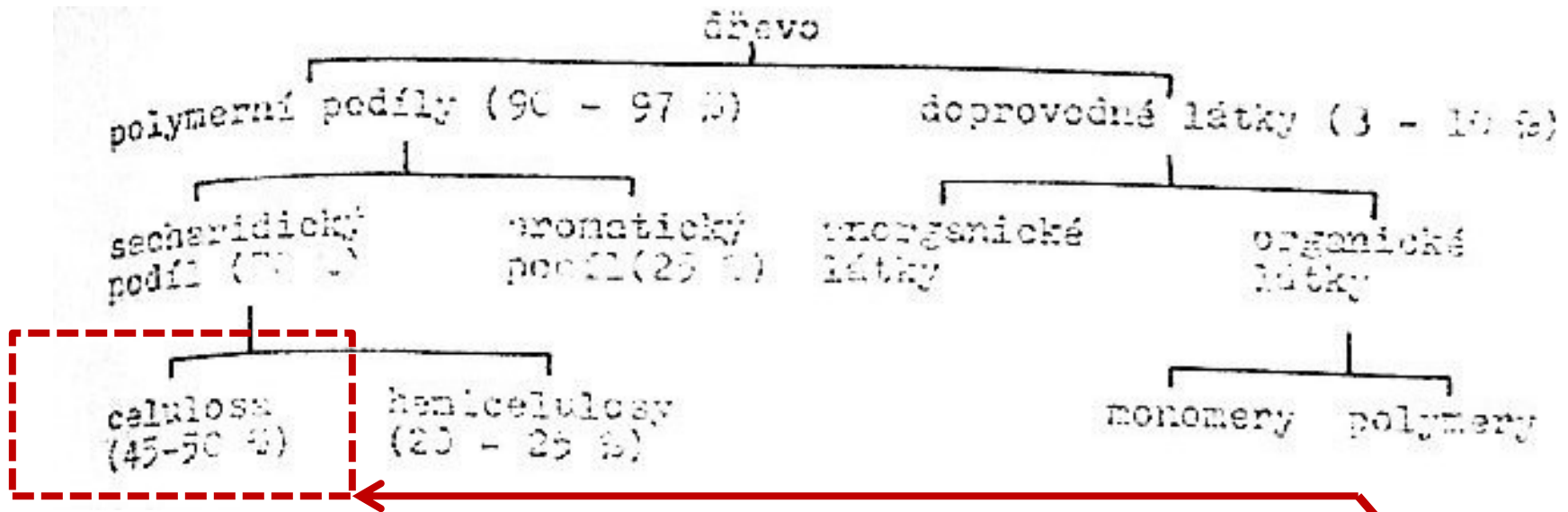
II –
**REGENEROVANÁ
CELULÓZA**

III – vzniká pôsobením
amoniakem nebo aminy
na I nebo II celulózu

IV – teplo + glycerín na I
nebo II celulózu

X – pôsobením HCl,
H₂SO₄, H₃PO₄

Výskyt celulózy



Stonky bylin – len, konopí, juta

Listy bylin – sisal

Semenná vlákna - bavlna

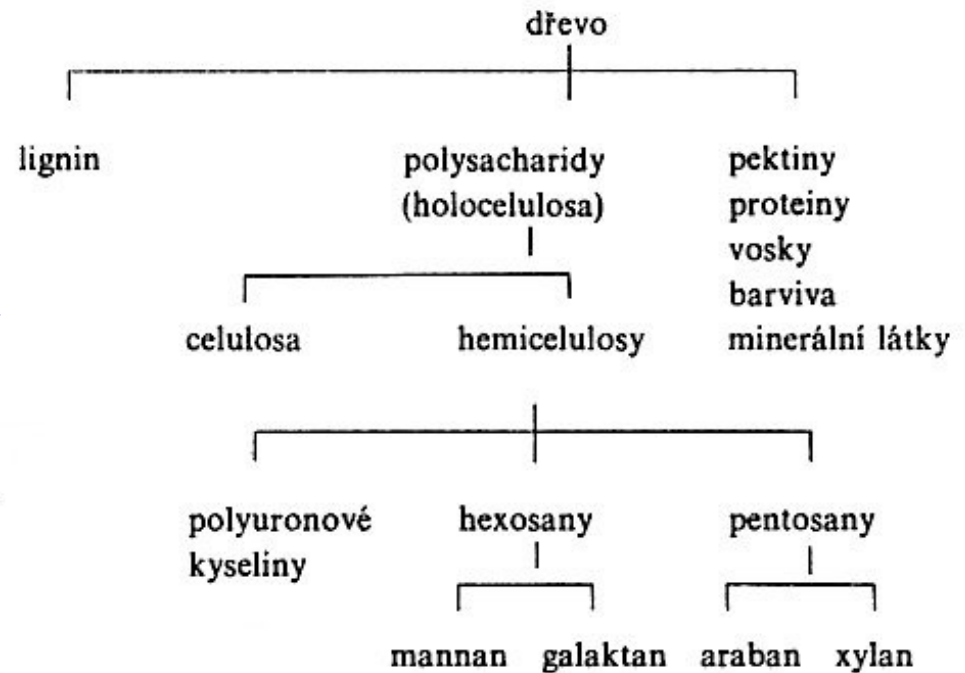
**Z celého stromu,
včetně pařezu a
kořenů top bude
cca. jen 2/3 tohoto!**

Výskyt celulózy

Chemické složení bavlny a dřeva

| Komponenta | Bavlněné lintry | Jehličnaté dřevo | Listnaté dřevo |
|-------------------|------------------------|------------------|----------------|
| celulosa/% | 90 až 94 | 50 až 58 | 52 až 54 |
| pentosany/% | 1,5 až 2,0 | 11,0 | 25,0 |
| lignin/% | 2,0 až 3,0 | 26,0 až 28,0 | 17,0 |
| pektinové látky/% | 2,0 | 1,0 | 1,5 až 2,0 |
| bílkoviny/% | 1,5 až 2,0 | 0,5 až 0,8 | 0,5 až 0,8 |
| tuky a vosky/% | 0,5 až 1,0 | 1,0 až 2,0 | 1,0 až 2,0 |
| popel/% | 1,0 | (| |

LINTRY =
KRÁTKÁ VLÁKNA
BAVLNY, NEVHODNÁ
PRO TEXTILNÍ
ZPRACOVÁNÍ



PPS = průměrný polymerační stupeň

| Druh celulózy | PPS |
|-----------------------|-----------|
| bavlna | 1750—3356 |
| drevná celulóza | 650—1256 |
| regenerovaná celulóza | 200—500 |

HLAVNÍ průvodní látky celulózy 1

- Hemicelulózy
- *Lignin*
- *Pryskyřice (ve dřevě)*

**! Vlákna BAVLNY
neobsahují téměř žádné
hemicelulózy ani lignin !**

HLAVNÍ průvodní látky celulózy 2

Chemické zloženie bavlny

| Zložka | Obsah (%) |
|---------------------------|-----------|
| Celulóza | 95,30 |
| Sacharidy | 0,18 |
| Redukované cukry | 0,04 |
| Dusíkaté látky | 0,17 |
| Vosky | 0,73 |
| Pektíny | 1,20 |
| Vodou vylúhovateľné látky | 3,07 |
| Organické kyseliny | 0,20 |
| Popol | 0,86 |

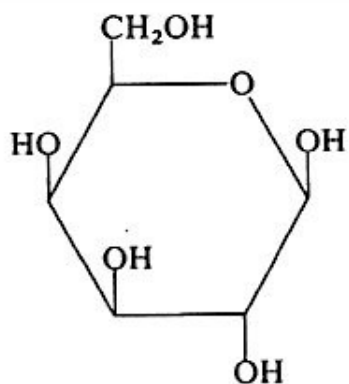
Údaje z rôznych zdrojů se mohou trochu lišit!
Možná je to i druhem bavlny.

Zbytek do 100,0 % hmot. je ASI VLHKOST

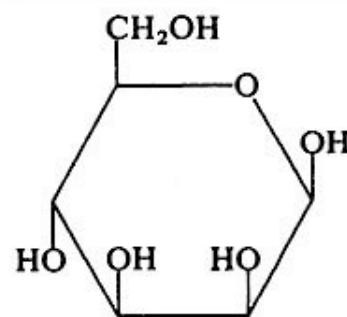
Obsah celulózy a sprievodných látok v morfológických zložkách bavlny (%)

| Zložka | Celulóza | Pektíny | Bielkoviny | Vosky | Popol |
|------------------|----------|---------|------------|-------|-------|
| Primárna stena | 54 | 9,0 | 14,0 | 8,0 | 3,0 |
| Sekundárna stena | 96 | 1,0 | 1,1 | 0,4 | 1,0 |
| Vlákná bavlny | 94 | 1,2 | 1,3 | 0,6 | 1,2 |

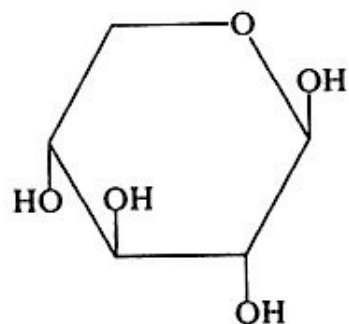
Hemicelulózy – z čeho se skládají I



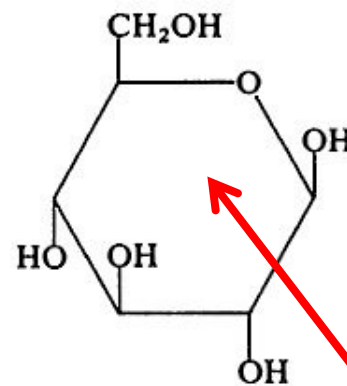
β -D-galaktopyranosa



β -D-mannopyranosa



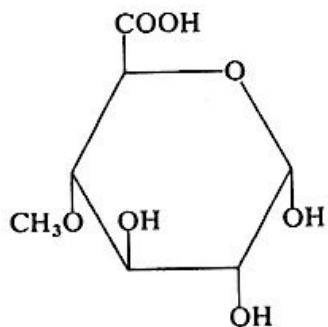
β -D-xylopyranosa



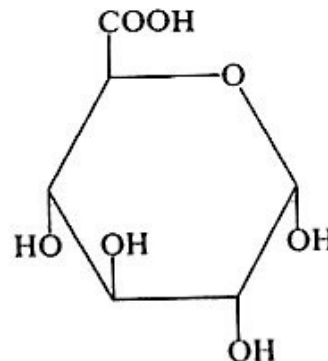
β -D-glukopyranosa

**Stejná základní
jednotka jako
CELULÓZA**

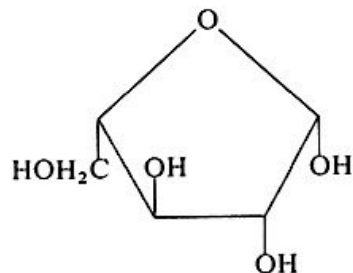
Hemicelulózy – z čeho se skládají II



4-O-methyl- β -D-glukuronová kyselina



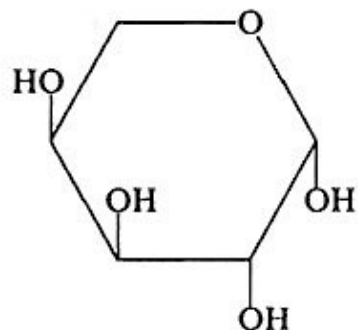
α -D-glukuronová kyselina



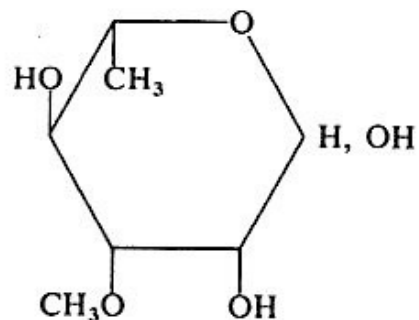
α -L-arabinofuranosa

POZOR: toto je FURANÓZA!
Jen pětičlenný kruh!

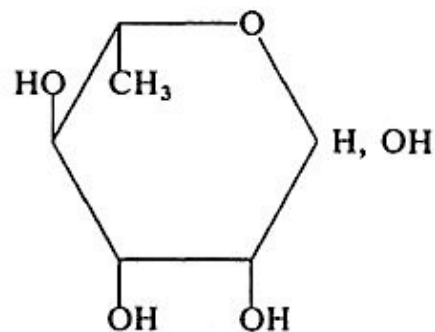
Hemicelulózy – z čeho se skládají III



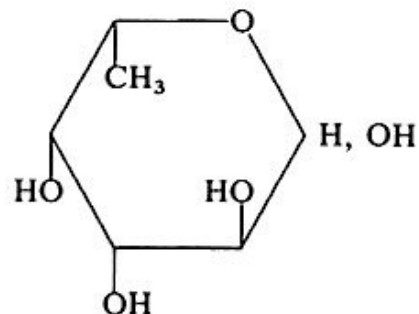
α -L-arabinopyranosa



3-O-methyl-L-rhamnopyranosa



L-rhamnopyranosa

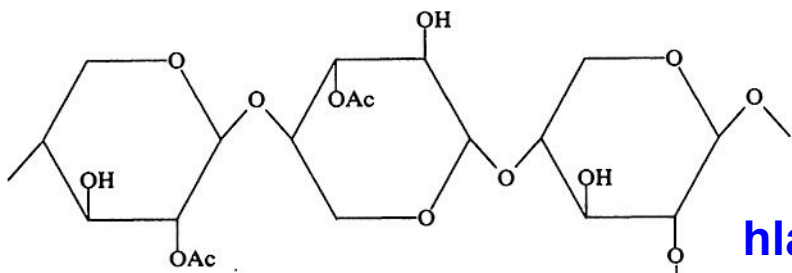


L-fukopyranosa

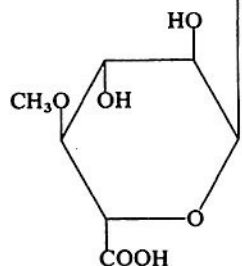
Hemicelulózy

- **Ve dřevě jich je 17 – 41 % hmot., v listnáčích více**
- Polysacharidy s nižším polymeračním stupněm (100 – 200)
- Snadněji hydrolyzovatelné kyselinami i zásadami
- Často krátké boční řetězce = větvení
- **Podle hlavních stavebních jednotek je dělíme takto:**
 - **Xylany (hlavně listnatá dřeva)**
 - **Mannany (hlavně jehličnatá dřeva)**
 - **Galaktany (hlavně jehličnatá dřeva)**

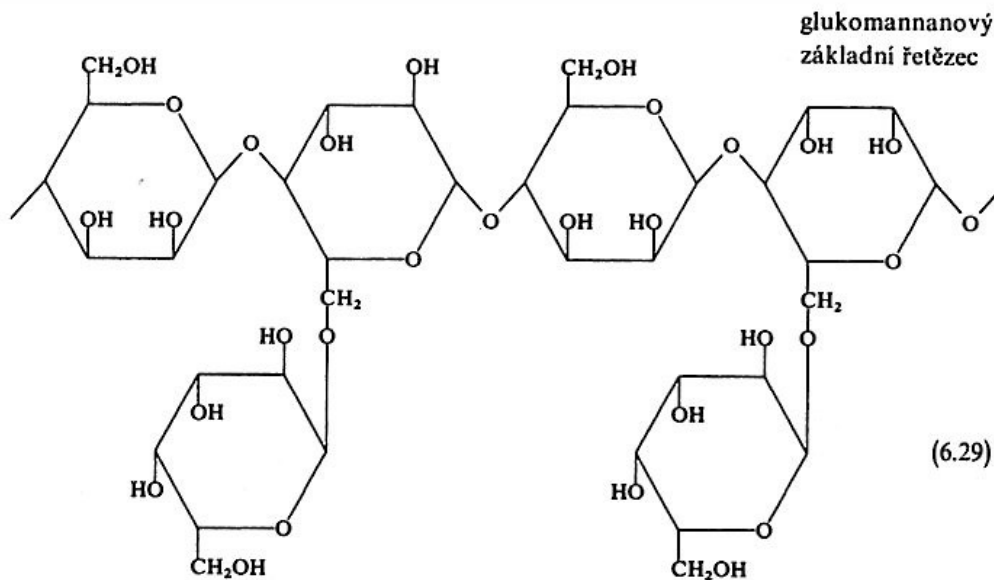
Hemicelulózy



4-O-methylglukuronoxylan



hlavně
listnatá
dřeva

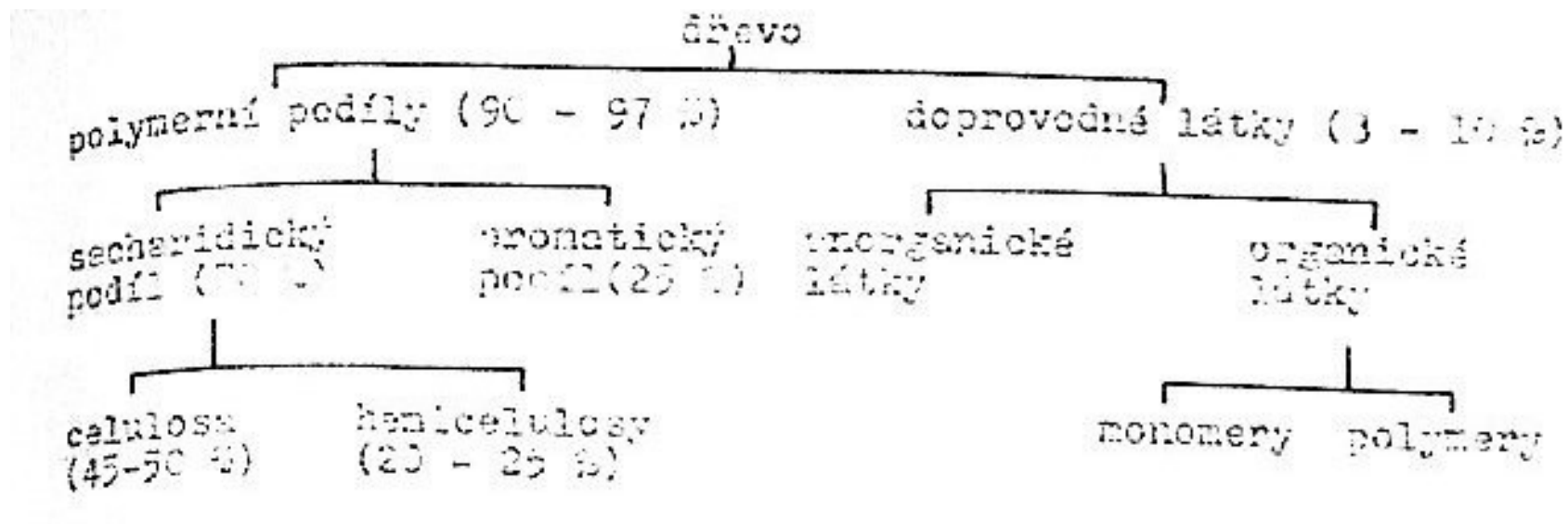


hlavně
jehličnatá
dřeva

galaktoglukomannan

(6.29)

Výroba celulózy I



Stonky bylin – len, konopí, juta

Listy bylin – sisal

Semenná vlákna – bavlna

Kmeny dřevin

Výroba celulózy II

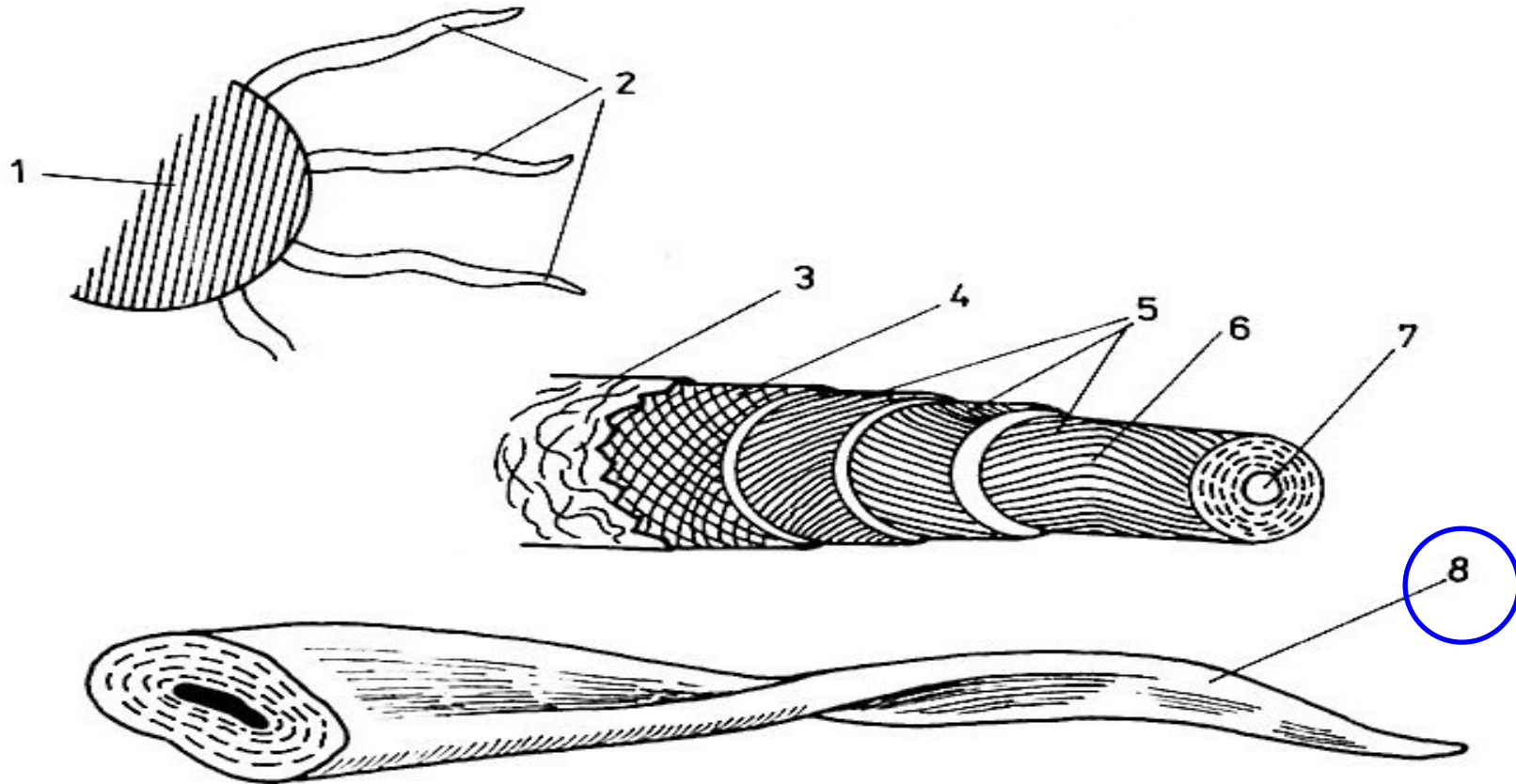
- Semenná vlákna – bavlna > jen sběr a přečištění

Vlákno má už dostatečnou jemnost, tj. průměr vláken

Délka vláken i jemnost Se liší podle místa Pěstování (Egypt, Asie)



Morfologie celulózového vlákna

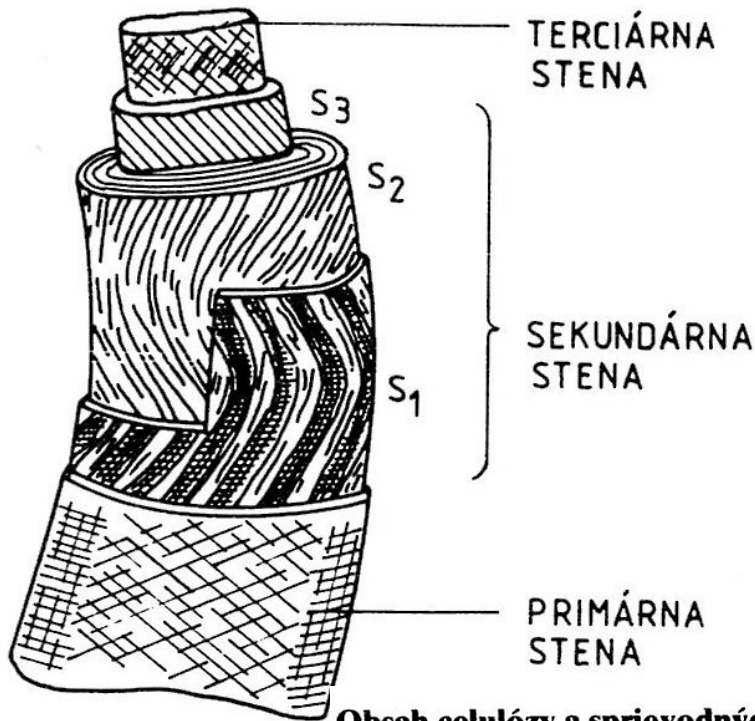


Obr. 38. Bavlněné vlákno

1 – semeno bavlníku, 2 – vlákno, 3 – pokožka, 4 – primární stěna (o tloušťce $0,1 \mu\text{m}$),
5 – růstové vrstvy sekundární stěny (o tloušťce celkem asi $4 \mu\text{m}$), 6 – změna směru otáčení
fibril, 7 – lumen, 8 – vlákno po ztrátě vody

Zkroucení „do vrtule“

Morfologie celulózového vlákna



Obsah celulózy a sprievodných látok v morfológických zložkách bavlny (%)

| Zložka | Celulóza | Pektíny | Bielkoviny | Vosky | Popol |
|------------------|----------|---------|------------|-------|-------|
| Primárna stena | 54 | 9,0 | 14,0 | 8,0 | 3,0 |
| Sekundárna stena | 96 | 1,0 | 1,1 | 0,4 | 1,0 |
| Vlákna bavlny | 94 | 1,2 | 1,3 | 0,6 | 1,2 |

Výroba celulózy III

- **Stonky bylin – len, konopí, juta**
- **Nutno BIOLOGICKY odstranit dřevovinu**
- **Vlákno je dlouhé, ale hrubé**
- **Pevnější než bavlna**
- **Nutno pro textilní účely ZJEMNIT**
- **VÝTĚŽNOST VLÁKNA JEN cca. 10 %**
- **v tuzemsku se už nepěstuje**

Výroba celulózy III A

historický způsob získávání lněného vlákna

Aby se nezcuchala stébla, trhal se len ručně v "hrstích", které zdejší hospodáři kladli dobře urovnané křížem přes sebe do půlmetrových hraniček. Z nich se pak rozkládal do řádků, většinou na strniska. Po uležení se sebral, svázal do snopků, svezl do kůlen (pazderen). Tam se odrhl na drhlenech (hřeben s dlouhými kovovými hroty), až se zbavil kuliček se semeny.

Po odsemenění se len opět rozložil, a to na jeteliště nebo louku k "urosení" na 3 - 4 týdny a po této proceduře k sušení do kůlen a pazderen. Po usušení se len tloukl na dřevěném špalku palicí, aby se lépe "třel" na mēdlicích. Po vytření, když se vlákno zbavilo svého obalu, se na "hachli" česalo (hachlovalo). Lněné vlákno se svazovalo do svazků (kloubů). Len zpracovaný jen na mēdlici se používal na koudelné plátno - pytlové. Ze lnu hachlovaného bylo plátno pačesné. Len hachlovaný ještě na jemnějších hachličkách se používal ke tkaní nejjemnějšího plátna.

Výroba lněného vlákna v České republice

- **Výroba lněného vlákna v České republice ZANIKLA**
- **Podniky jako byly:**
 - Čemolen,
 - Moravolen,
 - *Tatralan (Kežmarok, Slovensko)*
 - **UŽ NEEXISTUJÍ**
- **LEN je pěstován pouze jako olejnína > FERMEŽ**
- **Bude problém se zachováním kulturního dědictví**

Výroba celulózy IV – ze dřeva

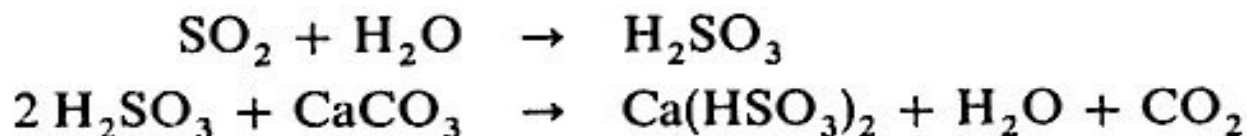
- Natronový postup s NaOH (listnaté dřevo, sláma, odpad)
- Sulfitový postup (smrk, listnaté dřevo)
- Sulfátový postup (buk, bříza, borovice, sláma, odpad)
- **Výtěžky jsou jen cca. 25 % hmot. (údaje se liší podle zdroje i podle typu dřeva) z celkové ve dřevě obsažené celulóze**

Natronový postup s NaOH – ze dřeva

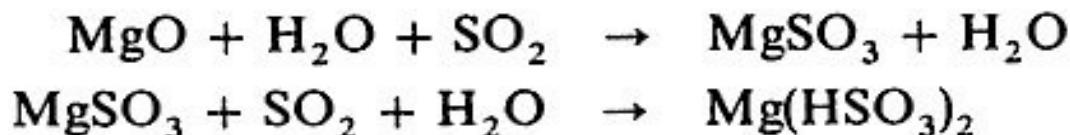
- **5 – 12 % NaOH**
- **150 – 180 °C**
- **700 – 1000 kPa**
- **3 – 6 hodin**

Sulfitový postup – ze dřeva

- $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, SO_2
- $130\text{ }^\circ\text{C}$
- $300 - 400\text{ kPa}$
- $3 - 6\text{ hodin}$



Věžová kyselina se dále sytí oxidem siřičitým. Vápenaté soli je možno nahradit jinými, nejvíce se rozšířila příprava věžové kyseliny na bázi hořečnatých solí:

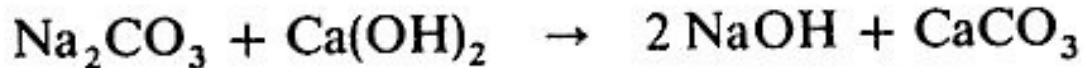


Sulfátový postup – ze dřeva

- Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , Na_2S , Na OH
- 150 – 180 °C
- 700 – 1000 kPa
- 3 – 6 hodin



Spálením se získá tavenina obsahující určité množství sulfidu sodného, ale hlavně uhličitan sodný, který se kaustifikuje (zelený louh):



Po doplnění účinnými látkami se získá nový varný louh.

Sulfátovým způsobem je možno zpracovávat všechny druhy dřeva a je ekonomicky výhodnější.

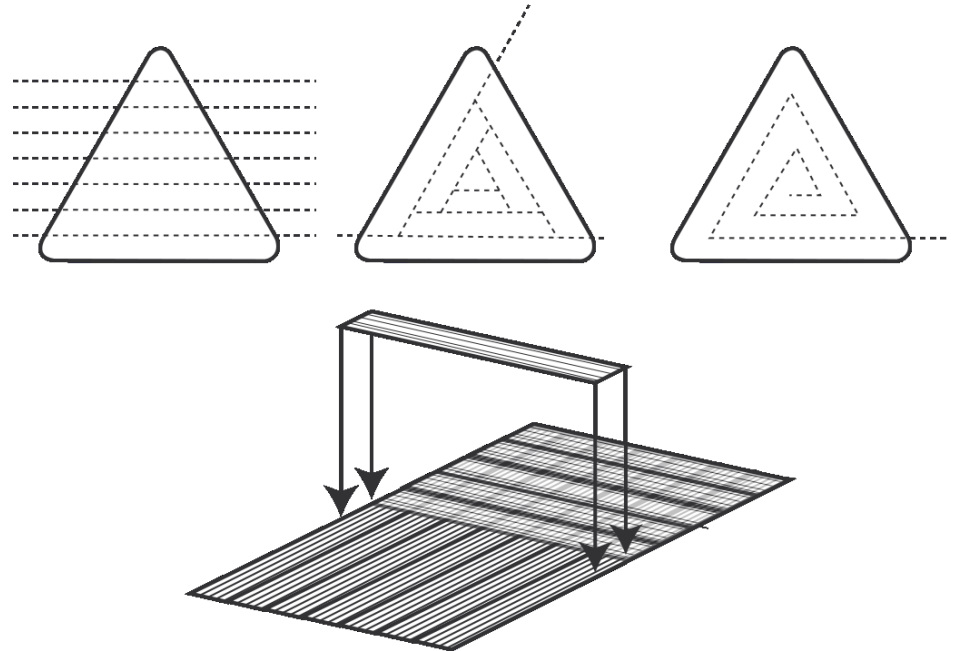
Použití celulózy

- **Výroba papíru**
- **Textilní výroba**
- **Farmacie**
- **Regenerovaná celulóza**
- **DERIVÁTY CELULÓZY**
 - **Estery**
 - **Nitráty**
 - **Alkyl (aryl)celulóza**
 - **Karbaxymethylcelulóza**
 - **Hydroxyethylcelulóza**

Od POPYRUSU k papíru



To jsem vyfotil v
botanické zahradě na
Krétě



9. 11. 2016

PŘÍRODNÍ POLYMERY PŘF MU
7 2016

41

Od POPYRUSU k papíru

Nejdelší papyrus

Jedním z předchůdců papíru byl papyrus. Šáchor papírodárný, z něhož se vyráběl, rostl v hojném množství v úrodné deltě Nilu, a proto jsou jeho dějiny spjaty zejména se starým Egyptem. Nejdelší papyrus měří úctyhodných 42 metrů (zatímco jeho šířka je desetkrát menší) a je na něm 1 500 řádek textu > Bc. Klára Stejskalová

VÍTE, ŽE...

Z rostliny papyrusu se získávaly archy, které se lepily do svitků. Archy vznikaly z tenkých proužků stonků šáchoru, které se kladly vedle sebe tak, aby se lehce překrývaly, nejdříve vodorovně a pak kolmo na první vrstvu. Obě vrstvy se pak stlačily lisem a lepkavá šťáva ze stonků je slepila dohromady tak, že vytvořily jednotnou masu. Tak vznikl arch, který byl usušen na slunci, jeho povrch se pak vyhlazoval a vytepával. Jednotlivé kusy o rozměrech 20–50 a 15–40 cm se slepovaly obvykle po dvaceti do dlouhých pásů.

1-2/2014 – Živá historie – 25

Výroba papíru

PAPÍR

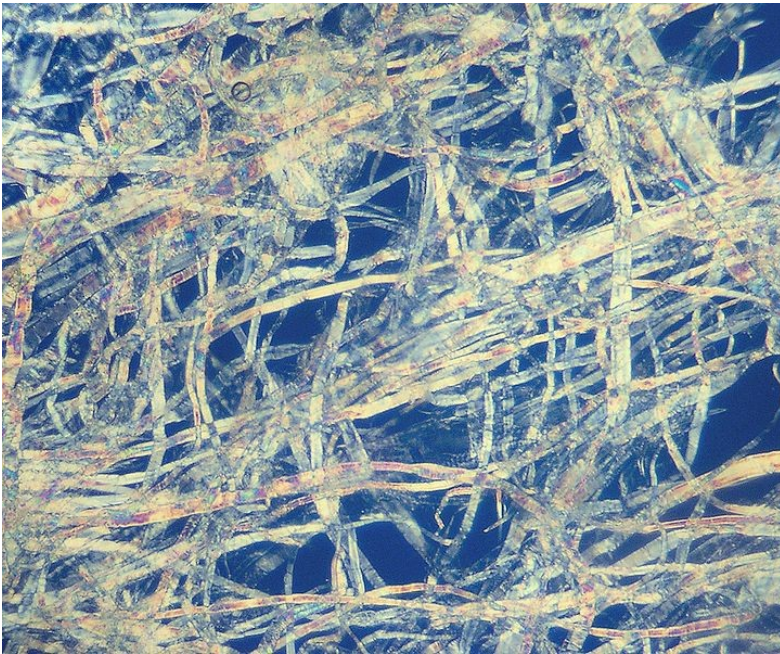
Plošný listový materiál s plošnou hmotností do 250 g/m^2 , složený z vláken a dalších přísad, které určují jeho specifikaci

- **Kartón a lepenka $> 250 \text{ g/m}^2$**

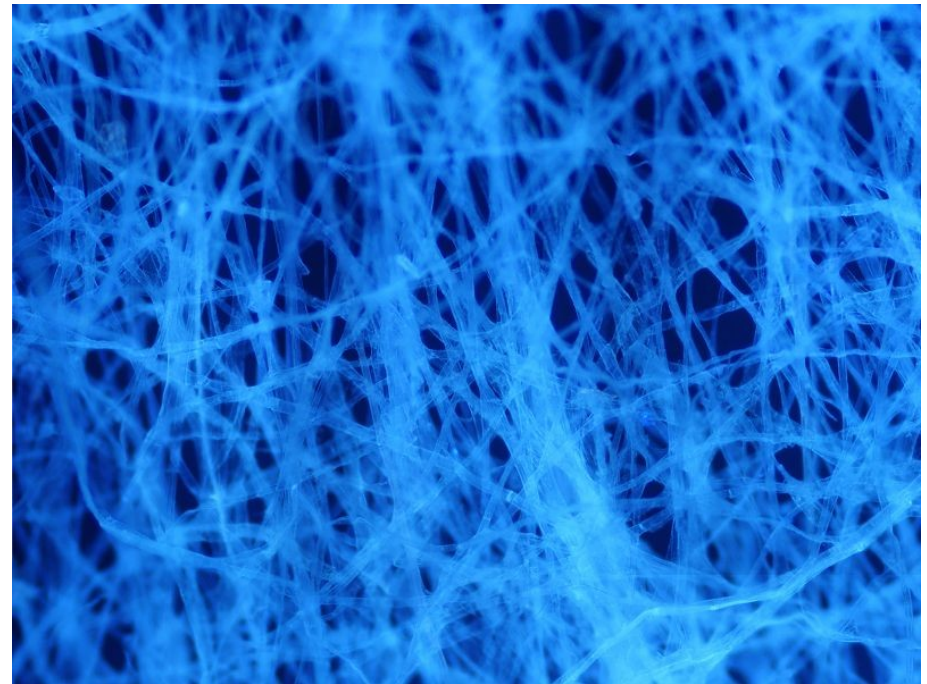
Výroba papíru

PAPÍR

Plošný listový materiál s plošnou hmotností do 250 g/m², složený z vláken a dalších přísad, které určují jeho specifikaci



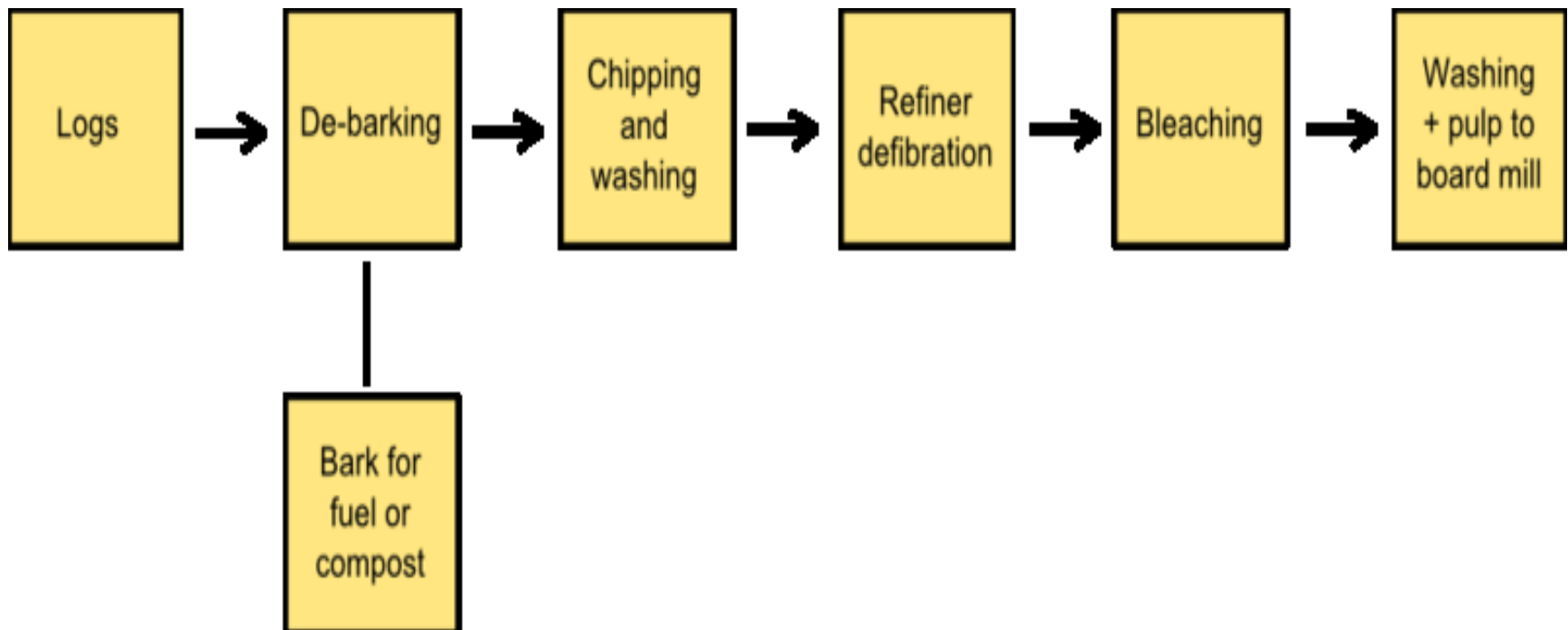
Buničina 200x



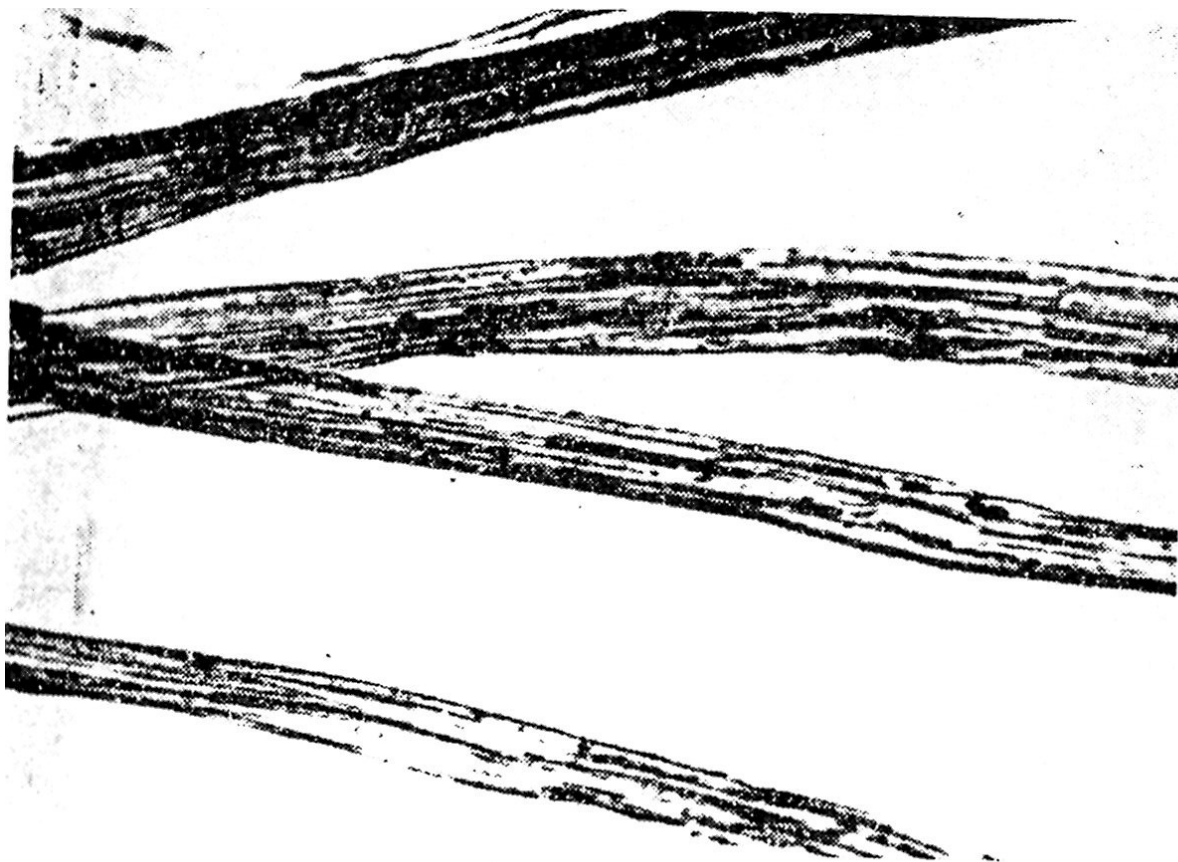
Papír 800x

Výroba papíru

- **Dřevovina** – mechanické rozvláknění dřeva & třídění vláken & bělení vláken > levné papíry, např. novinový a toaletní

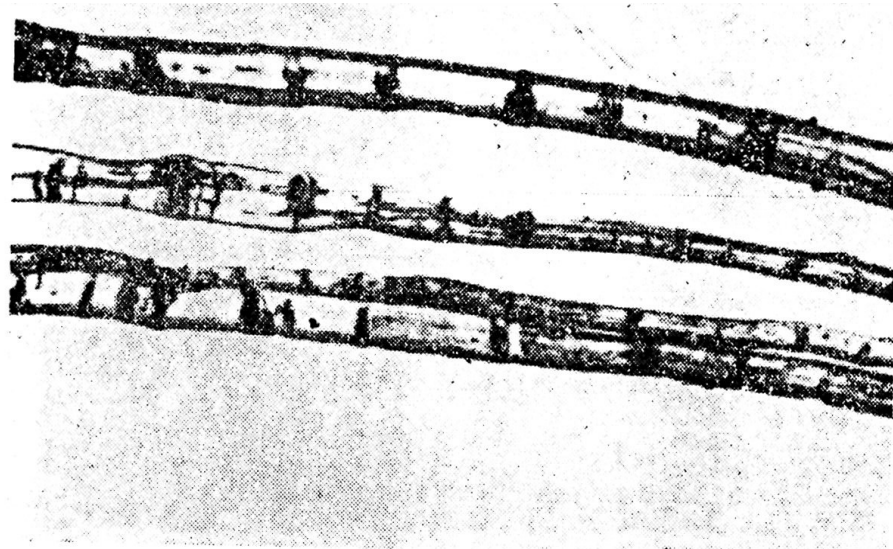


STONKOVÉ VLÁKNO 1

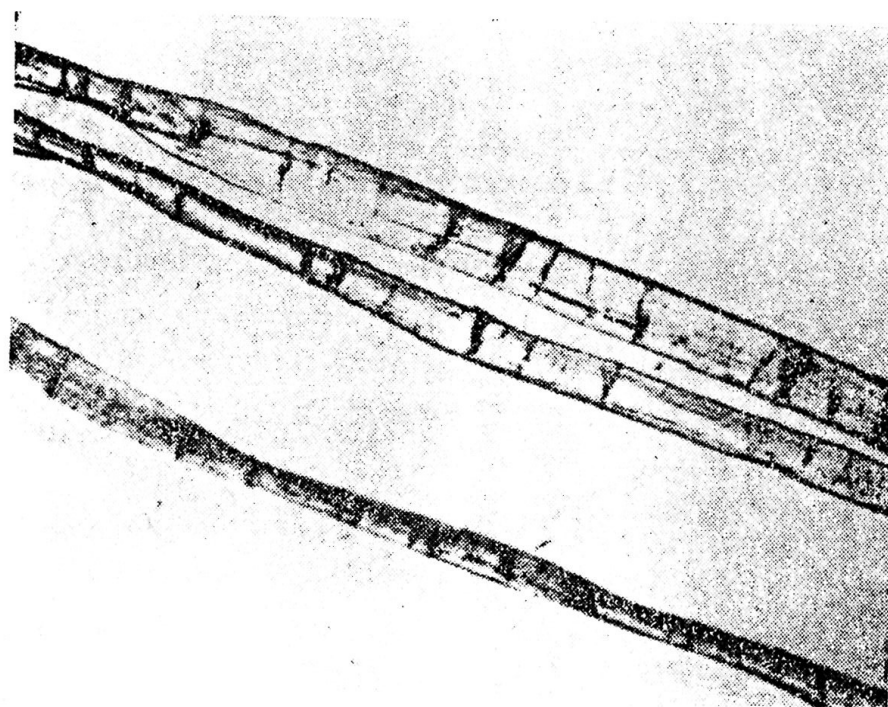


Obr. XIV.7.
Juta (zvětšeno 180 ×)

STONKOVÁ VLÁKNA 2 & 3

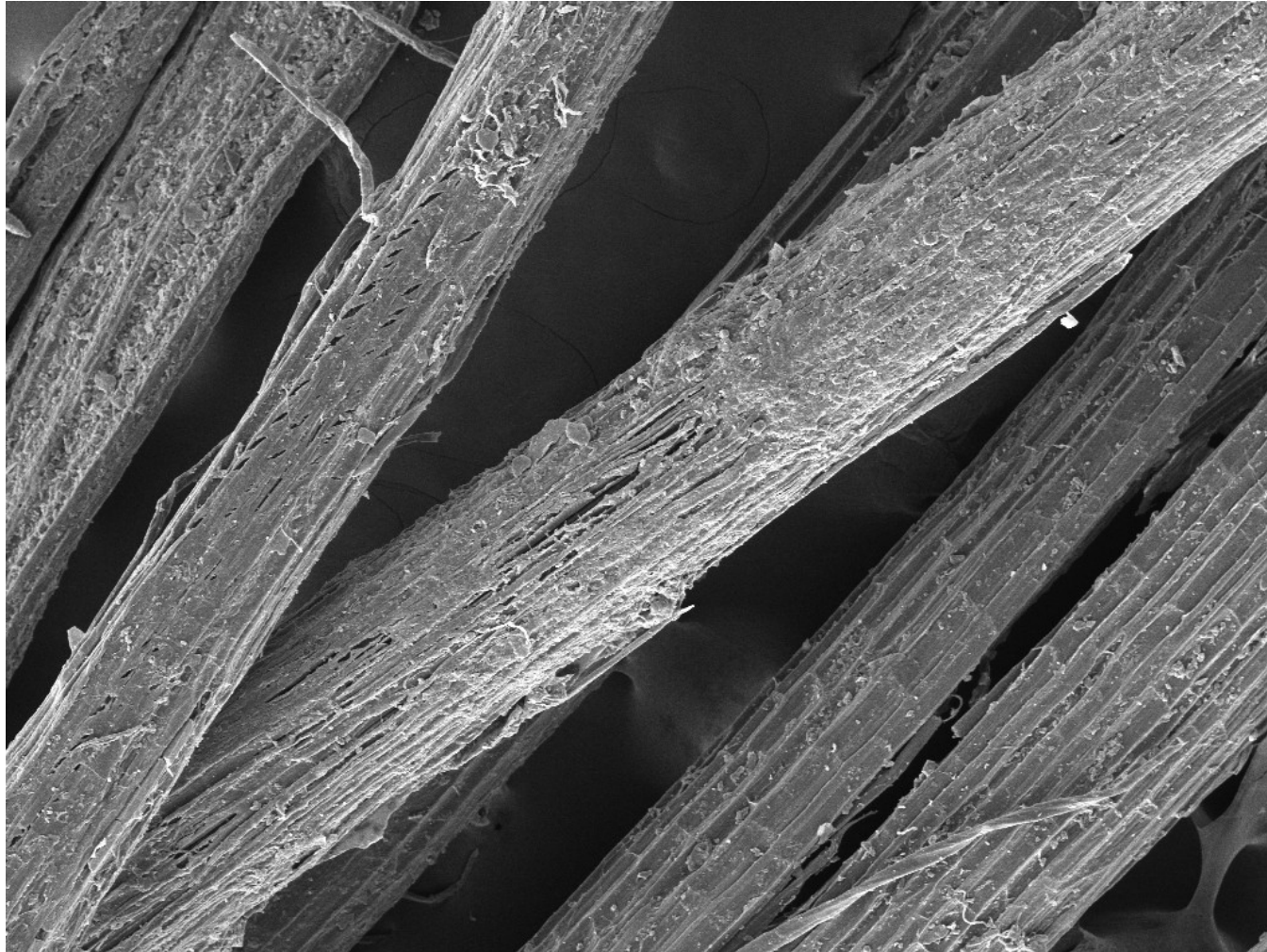


Obr. XIV.5.
Len (zvětšeno 180 ×)



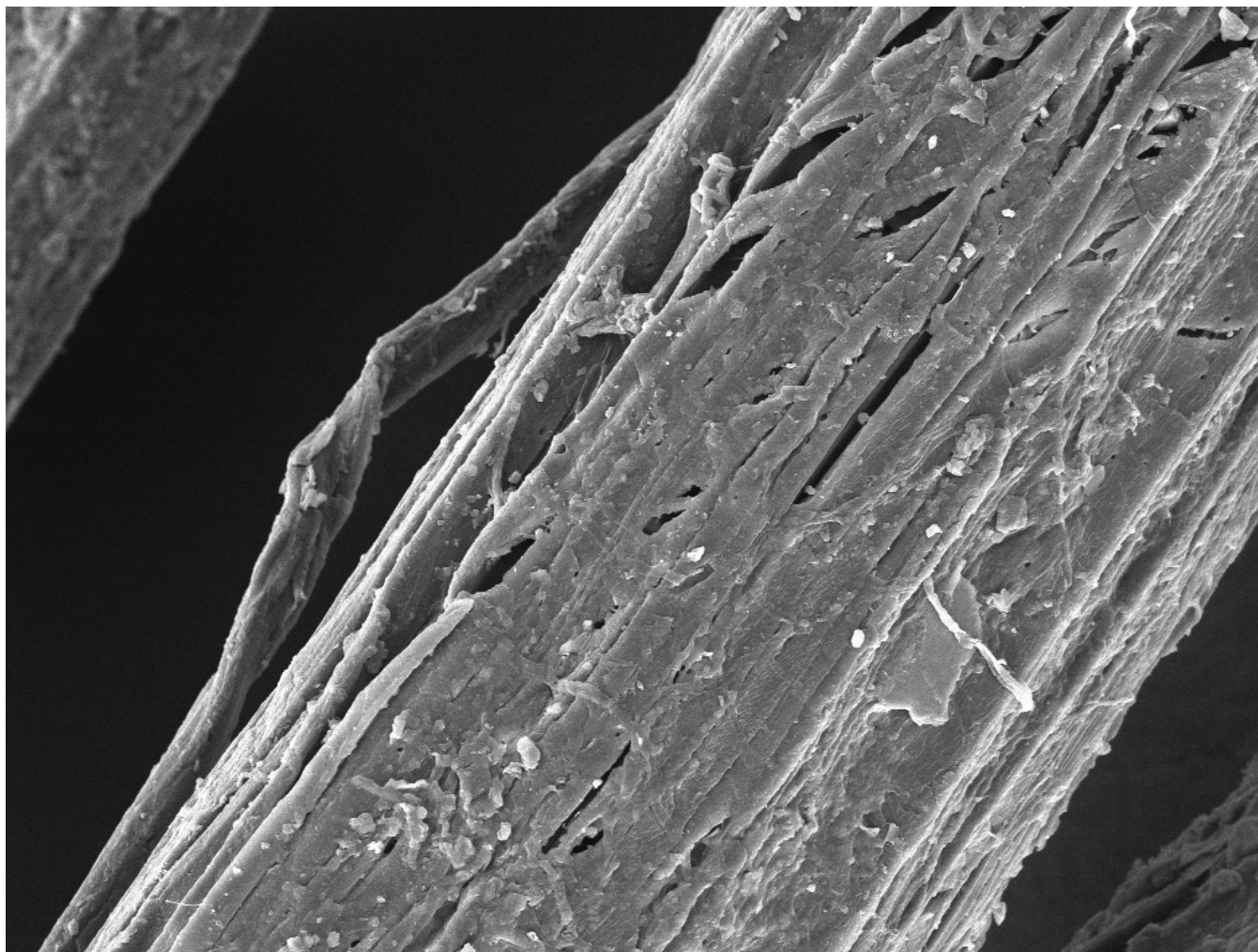
Obr. XIV.6.
Konopí (zvětšeno 180 ×)

LISTOVÉ VLÁKNO 1 – SISAL PŮVODNÍ



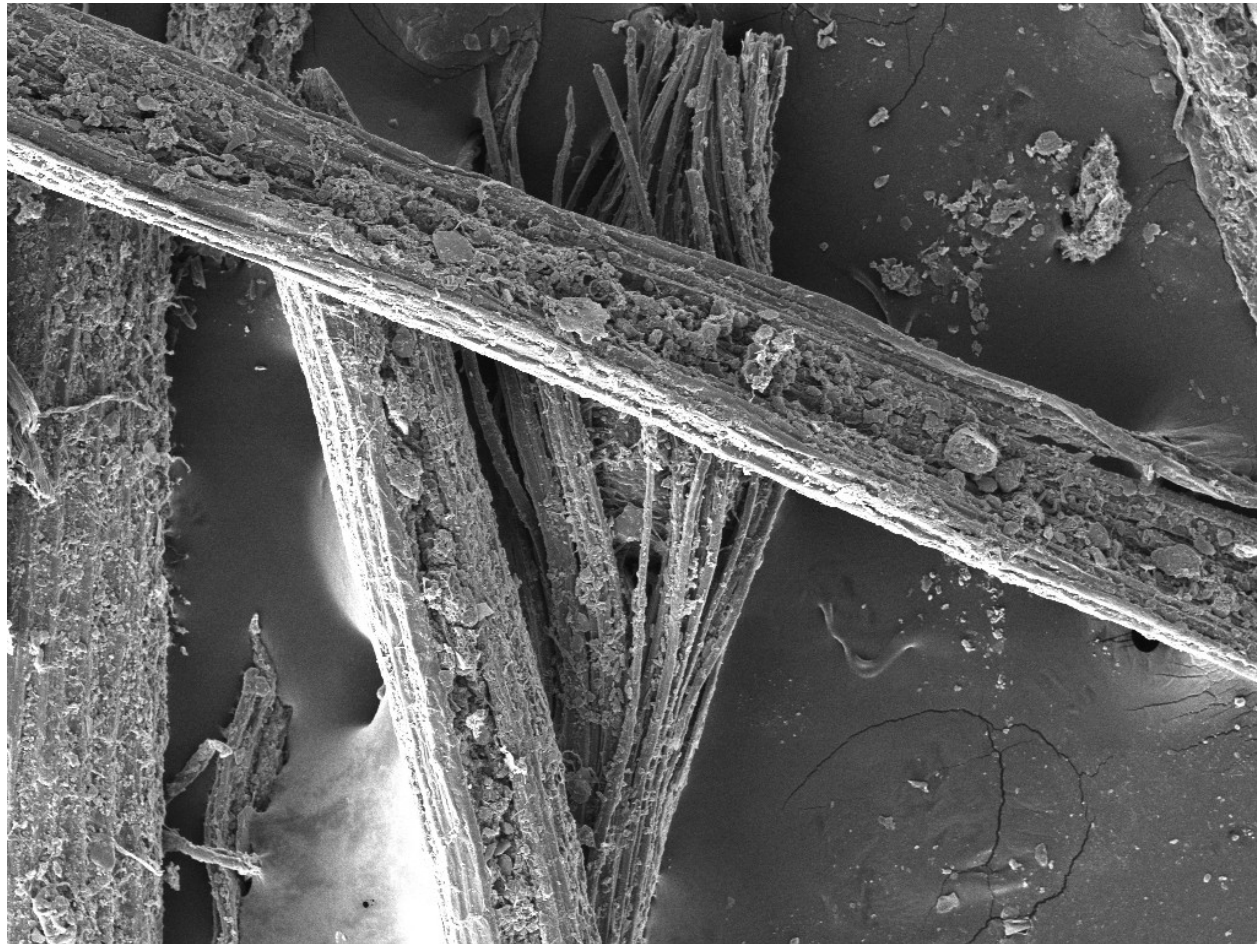
| | | | |
|---------------------|-----------------------|--|---|
| SEM HV: 15.0 kV | WD: 14.41 mm |  | MIRA3 TESCAN |
| View field: 1.38 mm | Det: SE | 200 μ m |  |
| SEM MAG: 200 x | Date(m/d/y): 10/25/16 | Department of Physical Electronics, CEPLANT | |

LISTOVÉ VLÁKNO 2 – SISAL PŮVODNÍ



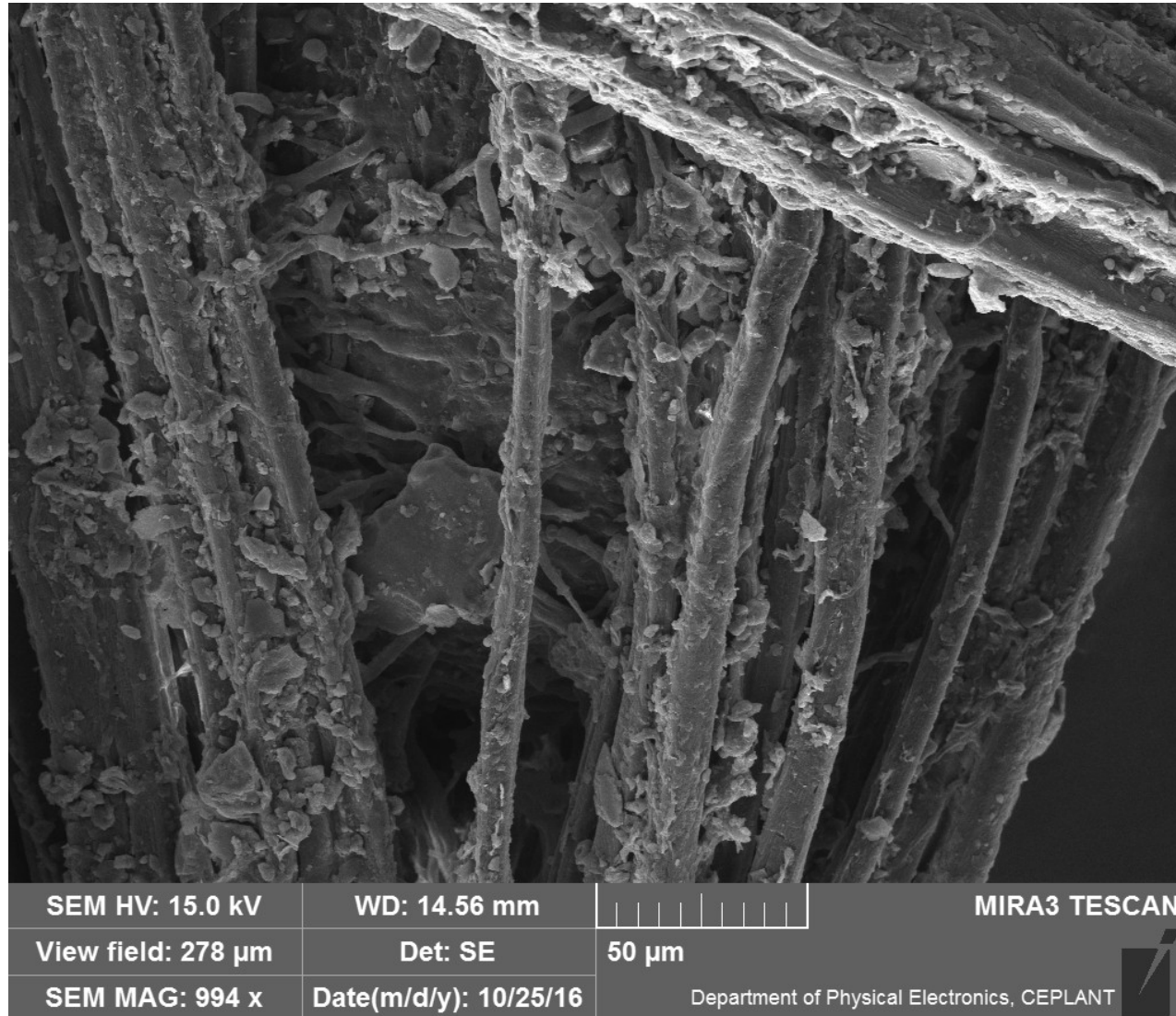
| | | |
|-------------------------|-----------------------|---|
| SEM HV: 15.0 kV | WD: 14.33 mm | MIRA3 TESCAN |
| View field: 270 μ m | Det: SE | 50 μ m |
| SEM MAG: 1.02 kx | Date(m/d/y): 10/25/16 | Department of Physical Electronics, CEPLANT |

LISTOVÉ VLÁKNO 3 – SISAL PO EXPOZICI VENKU cca. 3 roky

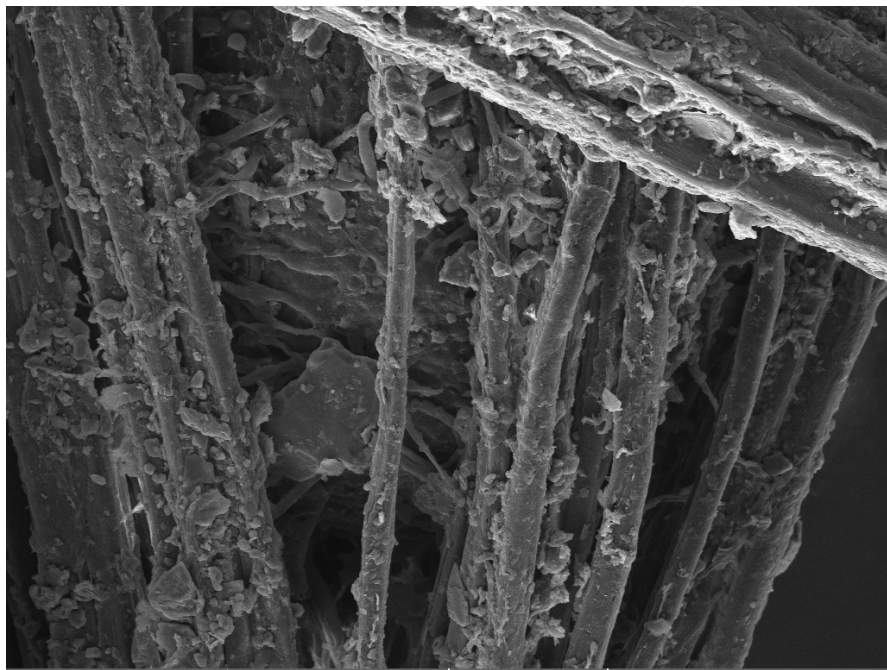


| | | |
|---------------------|-----------------------|---|
| SEM HV: 15.0 kV | WD: 14.43 mm | MIRA3 TESCAN |
| View field: 1.38 mm | Det: SE | 200 μ m |
| SEM MAG: 200 x | Date(m/d/y): 10/25/16 | Department of Physical Electronics, CEPLANT |

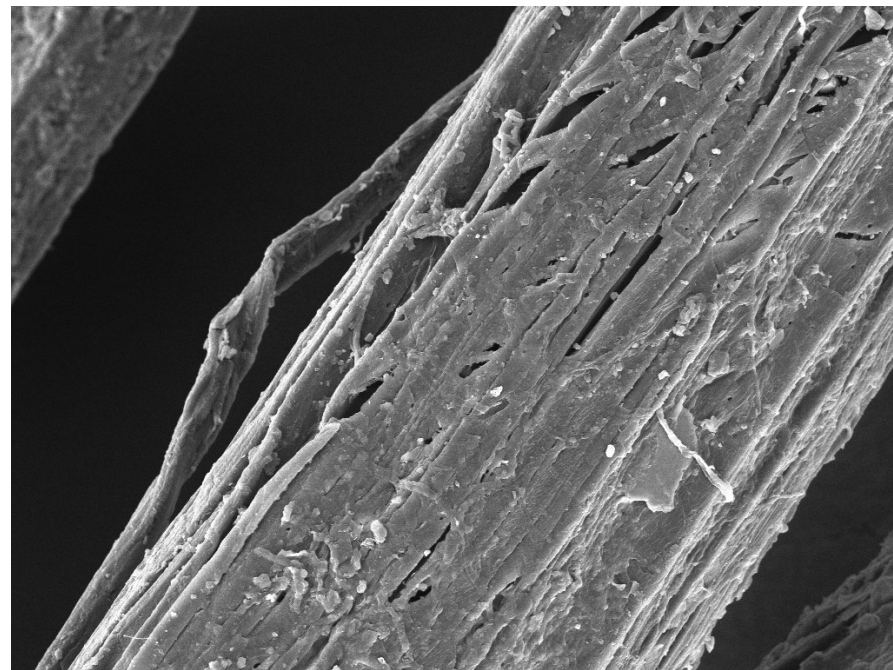
LISTOVÉ VLÁKNO 4 - SISAL PO EXPOZICI VENKU cca. 3 roky



LISTOVÉ VLÁKNO 4 – SISAL vliv EXPOZICE



| | | |
|-------------------------|-----------------------|---|
| SEM HV: 15.0 kV | WD: 14.56 mm | MIRA3 TESCAN |
| View field: 278 μ m | Det: SE | 50 μ m |
| SEM MAG: 994 x | Date(m/d/y): 10/25/16 | Department of Physical Electronics, CEPLANT |



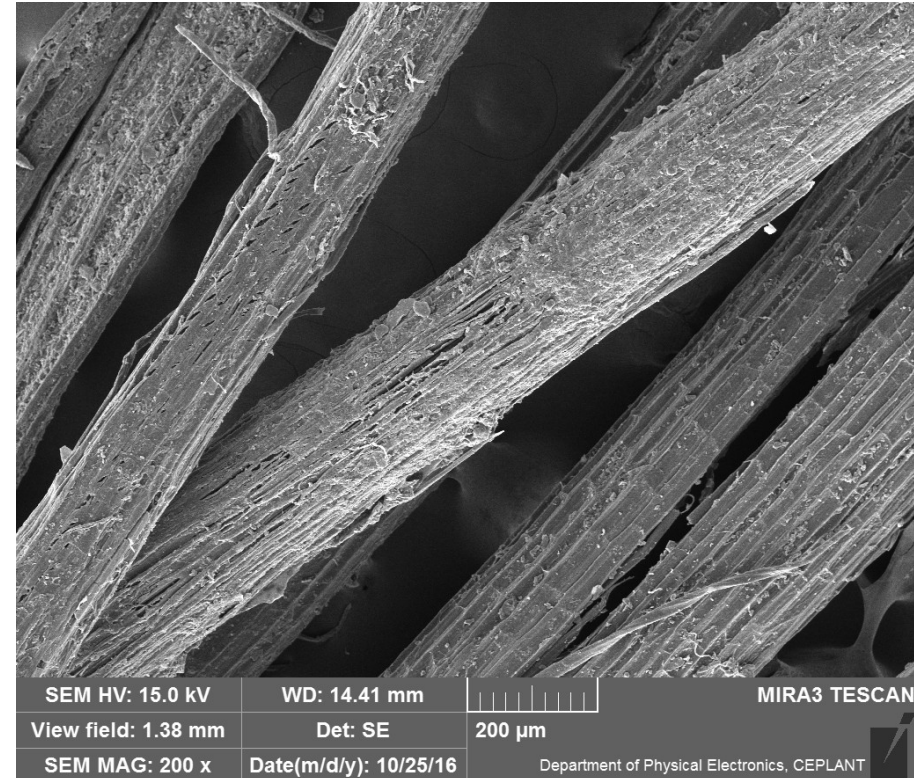
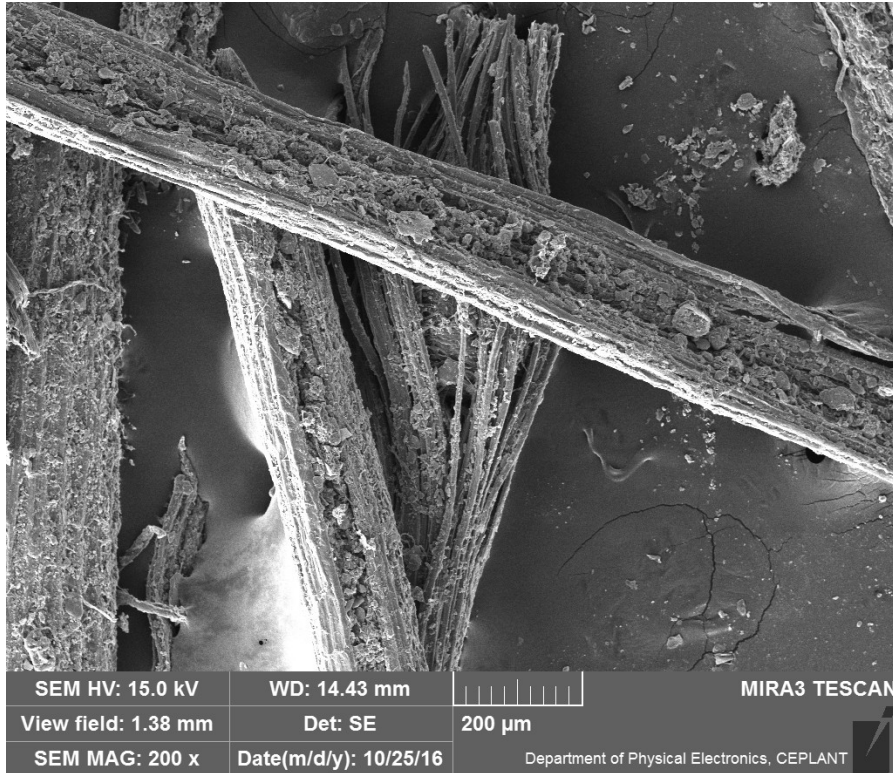
| | | |
|-------------------------|-----------------------|---|
| SEM HV: 15.0 kV | WD: 14.33 mm | MIRA3 TESCAN |
| View field: 270 μ m | Det: SE | 50 μ m |
| SEM MAG: 1.02 kx | Date(m/d/y): 10/25/16 | Department of Physical Electronics, CEPLANT |

VENKU cca. 3 roky

PŮVODNÍ

ZVĚTŠENÍ 1000x, SEM

LISTOVÉ VLÁKNO 5 – SISAL vliv EXPOZICE



VENKU cca. 3 roky

PŮVODNÍ

ZVĚTŠENÍ 200x, SEM

2

564.489

G 11

*Makromolekulární
látky*

25

J. KOMÁREK, J. MRÁZEK, M. ŠRÁMEK

DERIVÁTY CELULÓZY

SNTL



V. RYCHLÍK

Stroje
a zařízení
ve výrobě
chemických
vláken

SNTL

Výroba viskóзовého hedvábí

INŽ. JAN ŘEPŇÁK,
nositel Řádu republiky

Schváleno ministerstvem chemického průmyslu dne
27. května 1964 č. 23/V-249/64 jako učební text
pro přípravu dělníků ve školách dělnických povolání,
učební obory skupiny chemie

Praha 1966

STÁTNÍ NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY

Modifikace celulózy I

| PRODUKT | VLASTNOST | POUŽITÍ |
|------------------------------|--|--|
| Regenerovaná celulóza | | |
| viskóza | Podobná nativní celulóze | Vlákna |
| celofán | Transparentní, bezbarvý, .. | Fólie pro potravinářství i techniku |
| Acetát celulózy | Transparentní, bezbarvý, rozpustný v organických rozpouštědlech | Laky, lepidla, fólie, kinofilmy, vlákna, |
| Propionát celulózy | Podobné jako acetát, ale vyšší tepelná odolnost a pevnost | Termoplast pro strojní výroby a elektrotechniku |
| Acetobutyrát celulózy | Lesk, rozměrová stálost, odolnost proti světlu, .. | Laky, brýle, nábytkové kování |

Modifikace celulózy II

| PRODUKT | VLASTNOST | POUŽITÍ |
|--|--|---|
| Nitrát celulózy | Podle stupně nitrace, změkčovatelný kafrem > CELULOID | Laky, fólie, termoplast, VÝBUŠNINA |
| Methylcelulóza, ethylcelulóza | Podle stupně methylace rozpustnost ve vodě nebo v organických rozpouštědlech, filmotvorná, emulgační schopnosti | Lepidla, emulátory textilní šlichty, fotopapíry, |
| Benzylcelulóza | Jako methylcelulóza a ethylcelulóza | Laky, elektroizolace |
| Karboxymethylcelulóza | Koloidní a emulgační vlastnosti, rozpustná v horké vodě, Na sůl i ve studené vodě | Lepidla, textilní šlichty, ochranné= koloidy, zahušťovadla |

Modifikace celulózy III

| PRODUKT | VLASTNOST | POUŽITÍ |
|----------------------|--|--|
| Hydroxyethylcelulóza | Filmotvornost, rozpustnost ve vodě a ve směsích voda + ethanol | Laky na vlasy, zahušť'ovadlo pro barvy (TIXOTROPNÍ EFEKT) |

Výroba viskóзовého hedvábí z celulózy v České a Slovenské republice

- 1919 – Moravská Chrastavá (250 t/rok)
- 1920 – Senica nad Myjavou
- 1920 – Rudník u Hostinného nad Labem
- 1921 – Lovosice (hedvábí) > až do 2000
- ???? – Neratovice (stříž) > až do 2000
- 1935 – Svit u Popradu (**S**lovenská **vi**skózová **t**ovárěň), vlákna i celofán (fólie)
- 1951 – Bratislava

V současné době už žádný závod není v provozu (problémy s CS₂)

Měd'naté hedvábní

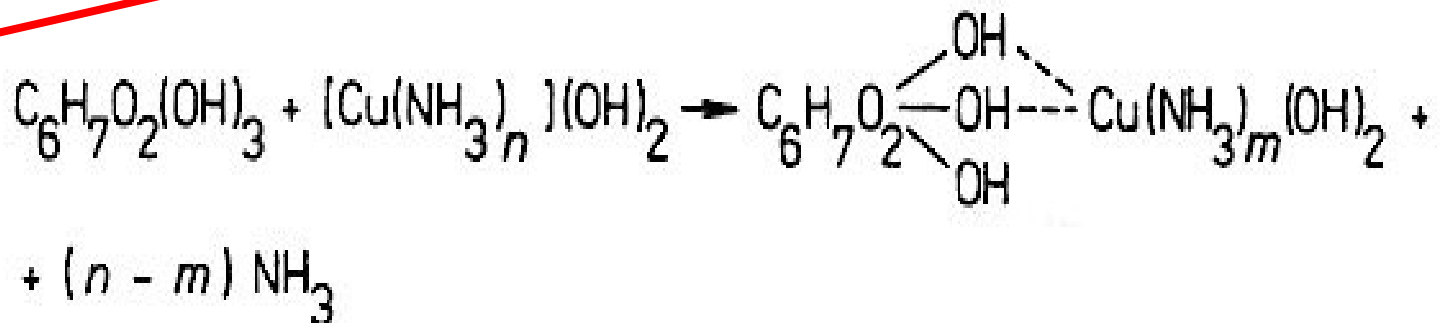
Děláme v laborkách



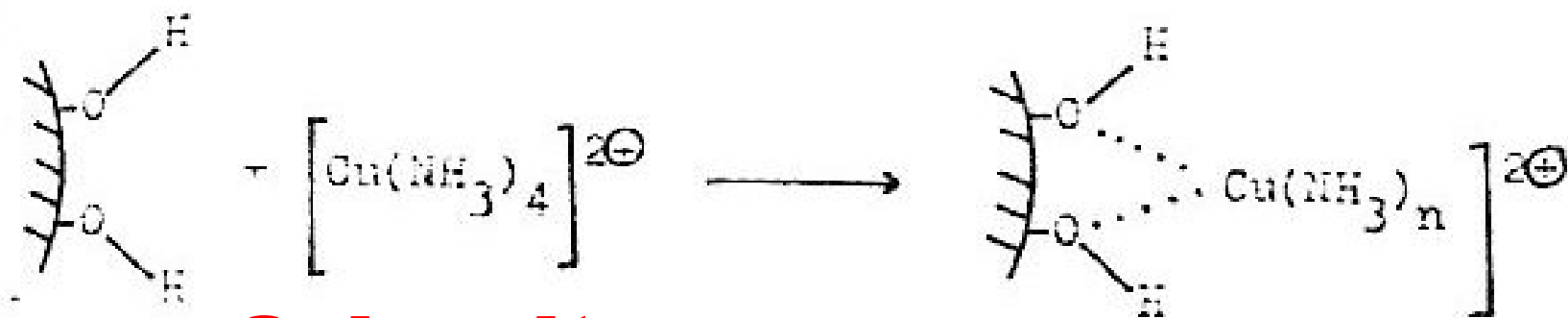
Jako zásaditá měďnatá sůl se používá zásaditý síran měďnatý obecného vzorce $m \text{CuSO}_4 \cdot n \text{Cu(OH)}_2$ a připravuje se podle reakce



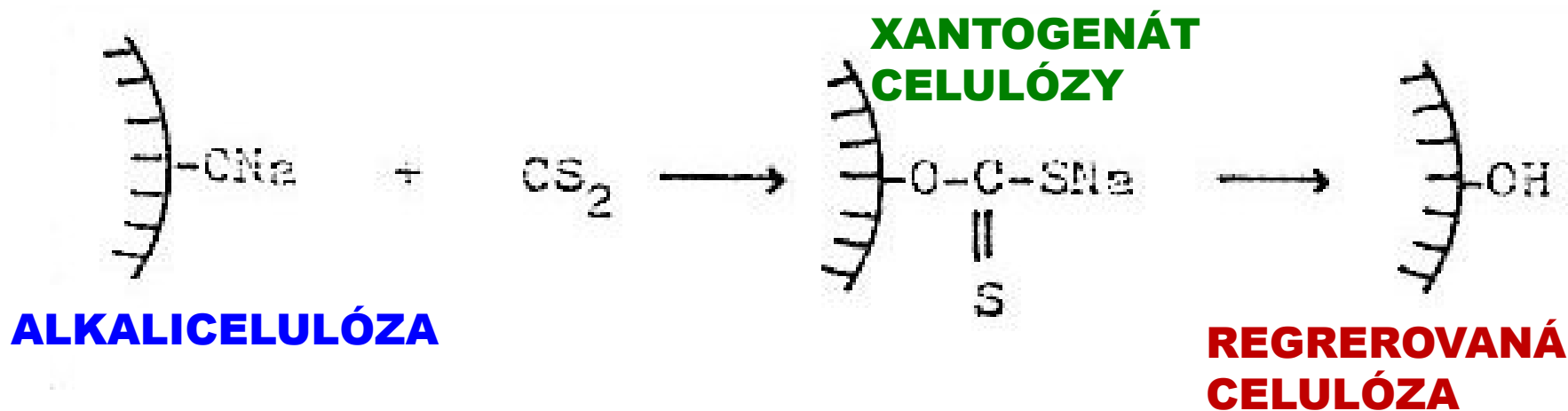
Při rozpouštění celulosy v **měďnatoamoniakálních roztocích** se předpokládá tento průběh reakce:



Schweitzerovo činidlo



Schweitzerovo činidlo



Roztok celulózy v NaOH přechází působením CS_2 na XANTOGENÁT
CELULÓZY

Viskóзовé vlákno

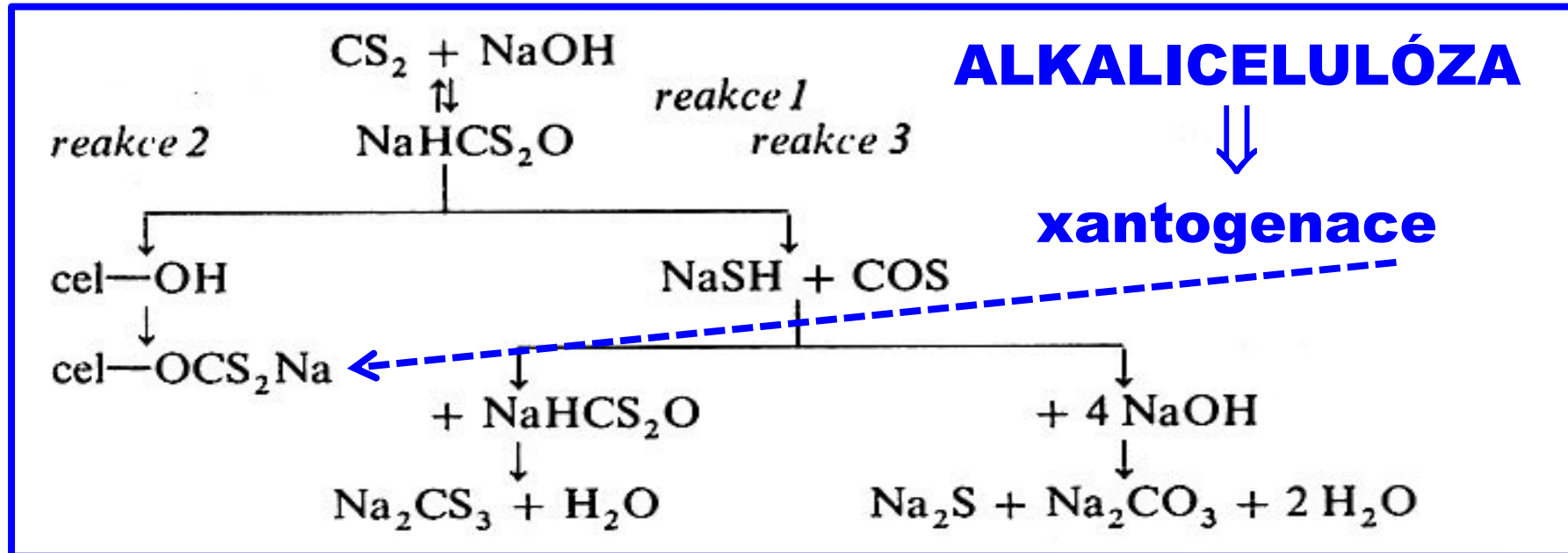
1. ALKALICELULÓZA – oddělí se β a γ celulózy > zbude α celulóza

- **NaOH se oddělí od hemicelulóz a nižších MW celulóz DIALÝZOU**

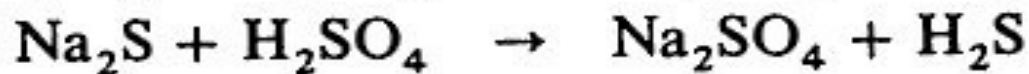
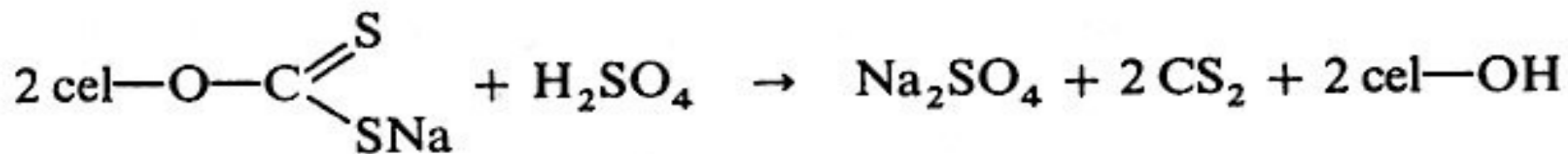
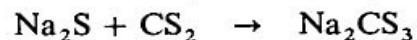
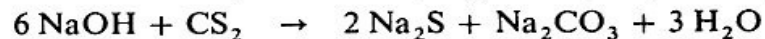
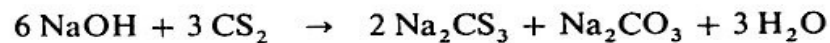
2. XANTOGENACE

- **Roztok v NaOH**

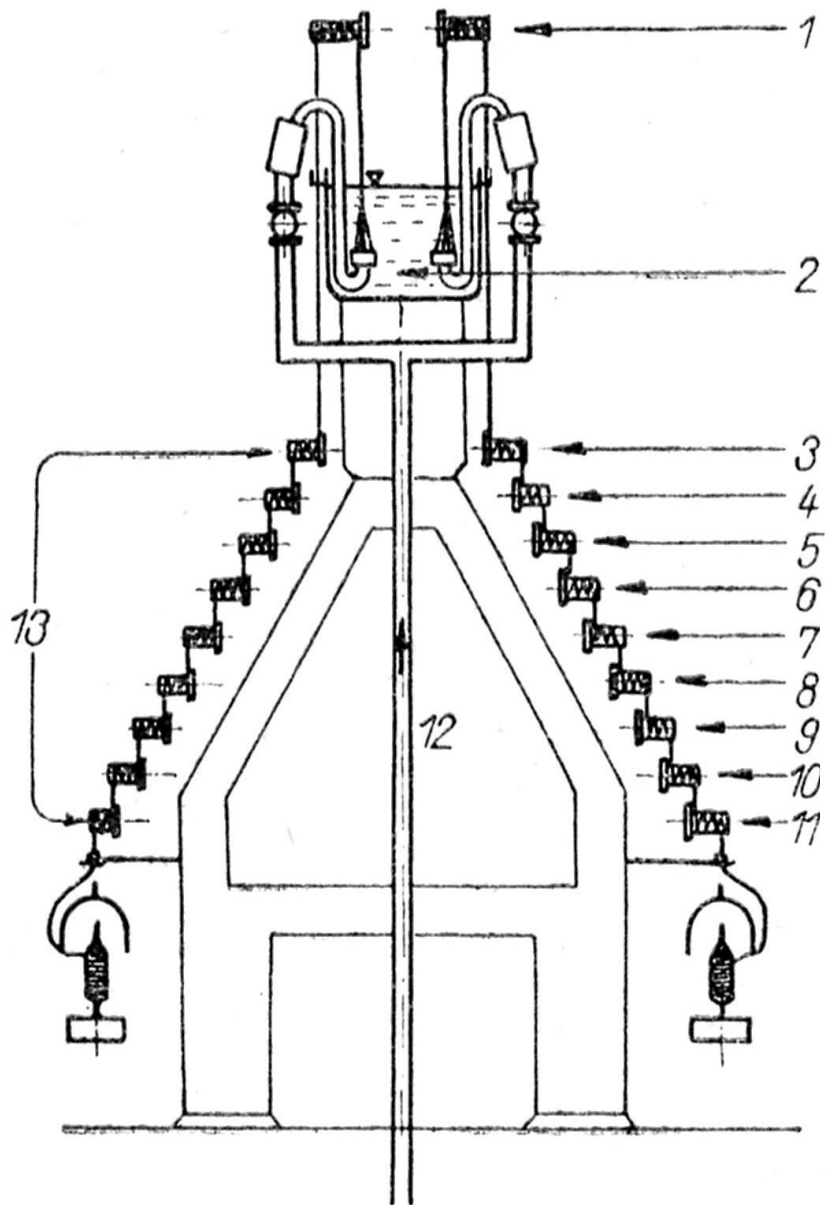
3. Mokré zvláknění do SRÁŽEDLA



VEDLEJŠÍ REAKCE



REGENERACE



Před zhruba 50 lety:

- viskóзовé vlákno bylo dominantním chemickým vláknem
- technologie byla dovedena k téměř dokonalosti

PROČ JE DNES VLÁKNEM MINORITNÍM?

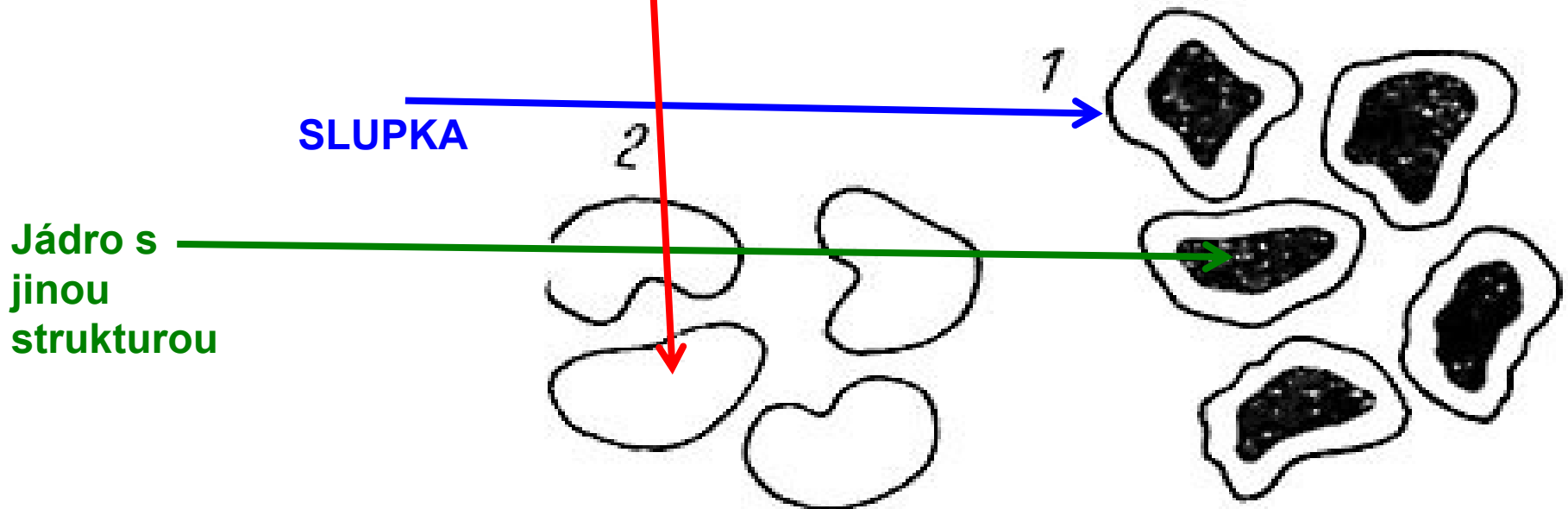
Obr. 14. Schéma kontinuálního zvlákňovacího stroje na viskóзовé hedvábí typu Industrial Rayon (IRC)

1 - odtahový váleček; 2 - koagulační lázeň; 3 - zředěná kyselina; 4 - voda; 5 - roztok siřičku sodného; 6 - voda; 7 - roztok chlornanu sodného; 8 - voda; 9 - olejová emulze; 10 - odkapávání; 11 - sušení na vyhřívaném válečku; 12 - přívod viskózy; 13 - upravovací válečky.

PROČ JE DNES VLÁKNEM MINORITNÍM?

- Technologická náročnost
 - Mnoho kroků výroby
 - Časově náročné
 - Rozpouštědla nutná regenerovat
- Náklady
 - Zařízení má mnoho strojů
 - Regenerace rozpouštědel
- Ochrana životního prostředí
 - Sirouhlík (CS_2)
 - Evropa nechtěla investovat do např. víceplášťových budov a zachytu CS_2

**Pomalé srážení > stejnoměrná
struktura napříč vláknem > VYŠŠÍ
PEVNOST > KORDOVÉ HEDVÁBÍ**



Obr. 20. Schéma příčného řezu vláknem:

1 - vlákno s jádrem, 2 - bez-jaderné vlákno

KDE MÁ VISKÓZOVÝ KORD JEŠTĚ DNES ŠANCI?

- **KORD** = hedvábí s extrémně vysokou pevností

VÝROBA UHLÍKOVÝCH VLÁKEN

- **PAN (polyakrylonitril) – hlavní surovina**
 - **Smoly z karbonizace černého uhlí (vedlejší produkt v koksově) – minoritní surovina**
 - **Viskózový kord – nyní spíše opomíjená surovina > ŠANCE PRO VÁS!**
- **Viskózový kord - dříve kostry pneumatik**

Ukázka sekaných vláken

Začíná éra umělých vláken

» Vedle pulovrů, kalhot, pyžam a trenčkotů se jako velká novinka objevilo i umělé hedvábí, které postupně vytlačovalo přírodní. Mokrě bylo sice křehké, ale podle tehdejší ženy „v hedvábných šatech nikdo drhnout podlahu nechodil, takže kdo by si kupoval drahé pravé hedvábí“.

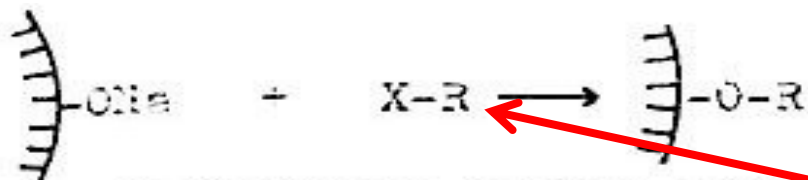
» Metr přírodního hedvábí stál 120 Kč, ale za umělé zaplatila zákaznice 26 Kč.

» Objevily se i první dvoudílné plavky. Šily se z vl-
něného žerzeje, ve třicátých letech i z lastexu, látky
protkané gumičkami.

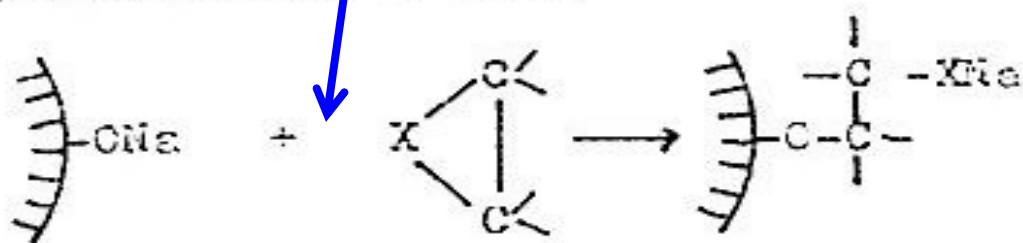


↑ Reklama na umělé hedvábí, Pestrý týden 1934

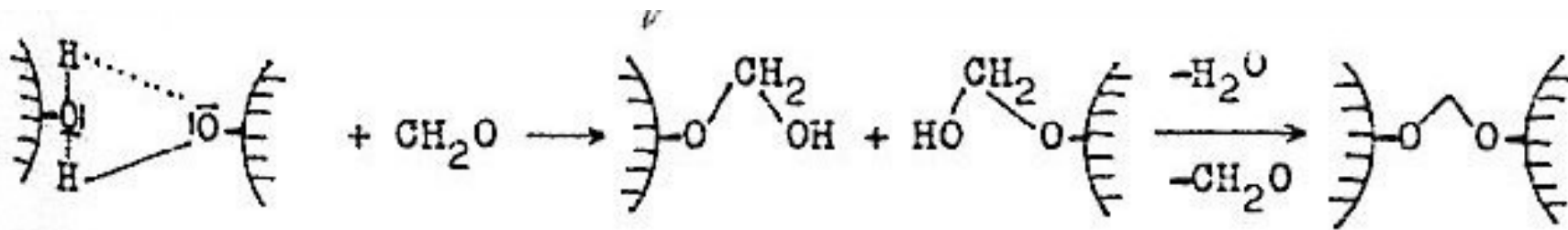
**Viskózové hedvábí
(vlákno na bázi
polysacharidu) bylo
prvním
konkurentem
PŘÍRODNÍHO
HEDVÁNÍ
(bílkovinné vlákno)
V Československu
dostupné už v roce
1934!**



nebo tzv. Michaelovou reakcí (reakcí s nestabilními cykly jako je ethylenoxid a pod.)



**Působením
ALKYLAČNÍCH
ČINIDEL na
ALKALICELULÓZU
vznikají C-
ALKYLDERIVÁTY
CELULÓZY**

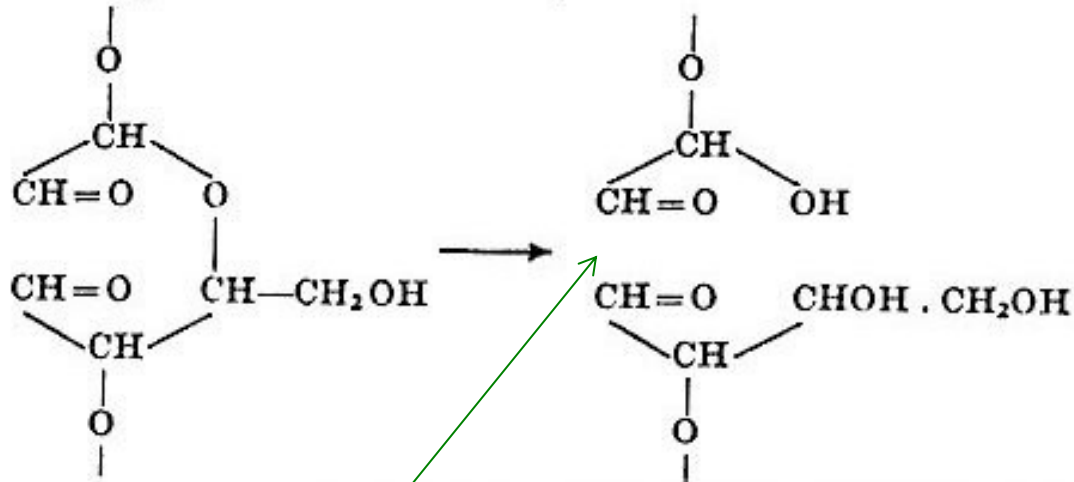


Působením aldehydu vzniká POLOACETAL a pak může reagovat na ACETAL.

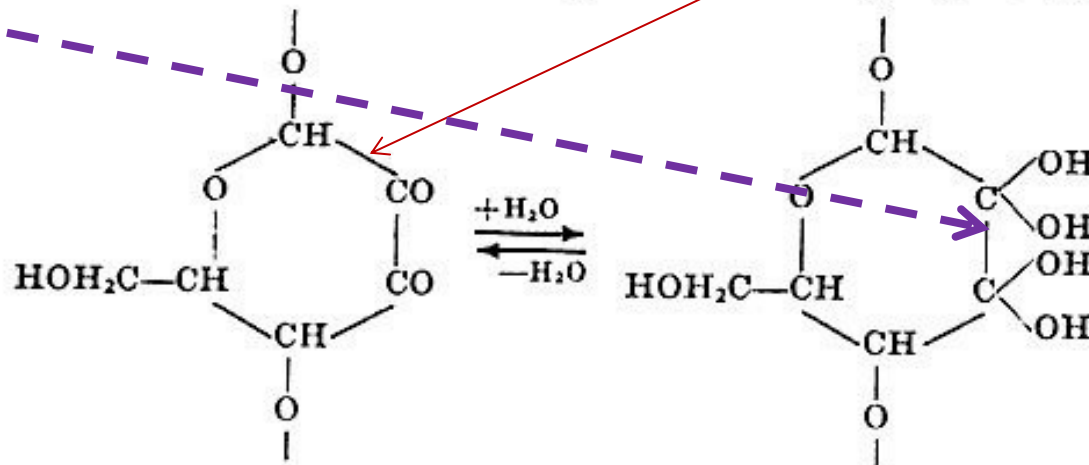
Oxidovaná celulóza

- **SYNTHESIA Pardubice > OKCEL**
 - PRÁŠEK
 - TEXTILIE
- **Použití**
 - **Medicína – hemostatikum, vstřebatelné pokrývy ran**
 - Technické – laky, fólie,
- **Technologie výroby**
 - **Oxidace bavlny**
 - **H₂O₂, HNO₃, CHLORNANY, ...**
- **Druhy oxidované celulózy**
 - **Dělení podle toho, co způsobí oxidace na hlavním řetězci**
 - **Různé rozpustnosti ve vodě a v roztoku NaOH**

Oxycelulózy se dvěma aldehydickými skupinami v poloze 2 a 3 se velmi snadno hydrolyzují v alkalickém prostředí



Diketonická oxycelulóza (vzorec 2a) je vzhledem ke konjugaci obou ketoskupin žlutá, při působení vody barva mizí. To by snad mohlo být způsobeno reverzibilní hydratací



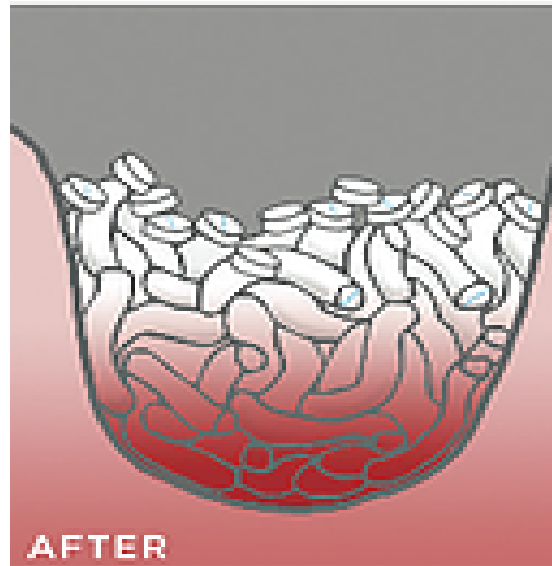
Také tento typ oxycelulózy se v alkalickém prostředí snadno hydrolyzuje.

Celulóza pro zastavování krve



US Patent 8,828,050 B2

XStat® is a first-in-kind **hemostatic device** for the treatment of gunshot and shrapnel wounds. XStat works by injecting a group of **small, rapidly-expanding sponges into a wound cavity** using a syringe-like applicator. Each sponge contains an x-ray detectable marker. In the wound, the XSTAT sponges expand and swell to **fill the wound cavity within 20 seconds of contact with blood. This creates a temporary barrier to blood flow and provides hemostatic pressure.**



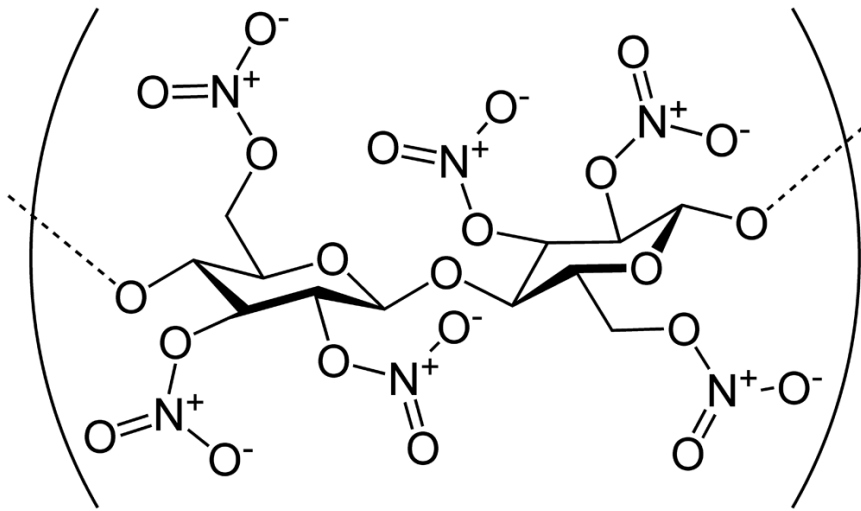
Nitrocelulóza 1

- **SYNTHESIA Pardubice**
 - Dodává se jako **zvlhčená** (voda, alkoholy)
pevná látka
- **Použití**
 - *Vojenské*
 - **Civilní – plasty, laky, fólie,**
- **Technologie výroby**
 - **Oxidace buničiny nebo bavlny (starý název „střelná bavlna“)**
 - **HNO₃**
- **Druhy nitrocelulózy**
 - **Dělení podle toho, kolik je obsah dusíku a jaká je viskozita roztoku v acetonu**
 - **Různé rozpustnosti v organických rozpouštědlech**

Nitrocelulóza 2

Kolodium je roztok **nitrocelulózy** v **etheru** a **ethanolu** mající sirupovitou konzistenci, používaný v **chirurgii** jako "tekutý obvaz" a pro udržení krytí na místě. Natře-li se na kůži, zasychá do podoby pružného **celulózového** filmu.

Dnes se k tomuto účelu používají hlavně AKRYLÁTY. např. AKUTOL Spray.



Nitrocelulóza o vysokém stupni nitrace

Pyroxylin = jiný ANGLICKÝ název pro Nitrocelulózu

Nitrocelulóza 3

- **Rozpouštědlové laky**
- **Nižší obsah dusíku > rozpustnost v EtOH a aromátech > POLITURY**
- **Střední obsah dusíku > NITROLAKY > v ethylacetátu & butylacetátu > rychle schnoucí > PRUŽNÉ**
 - **PŘI POTŘEBĚ MĚKČÍCH FILMŮ > FTALÁTOVÁ ZMĚKČOVADLA**

DŘÍVĚJŠÍ POUŽITÍ

- **Automobilové laky na karosérie**
- **Laky na skluznice lyží (HISTORICKÝ POSTUP)**

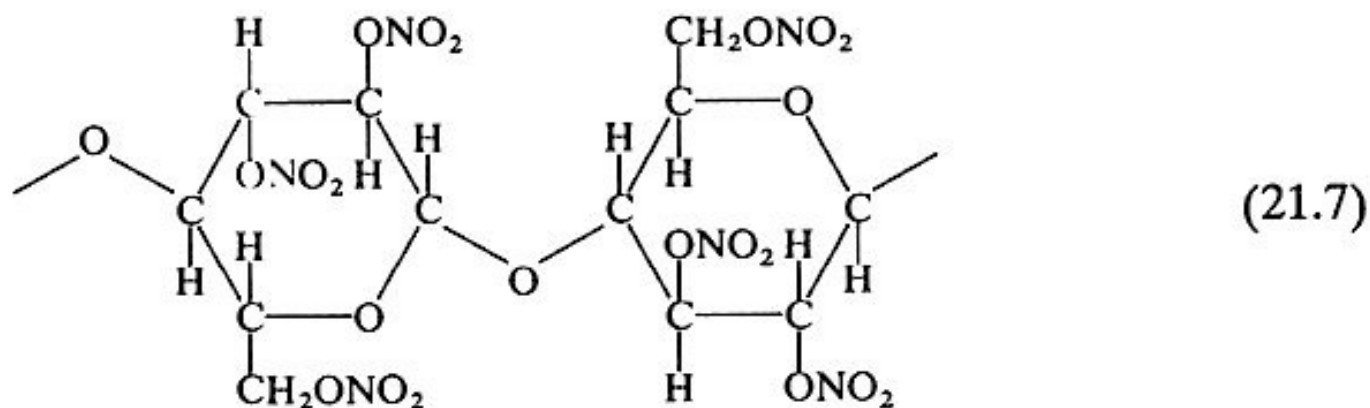
Nitrocelulóza 4 - CELULOID

Alkoholem vlhčený nitrát celulosy (100 hmotn. dílů) se v hnětáku smísí s kafrem (27 až 33 hmotn. dílů) a přidají se další změkčovadla, pigmenty, barviva a stabilizátory. K dosažení homogenity se přidává ještě ethanol. Směs se hněte několik hodin při 40 až 50 °C, zbaví se nečistot ve filtračních lisech a nakonec se zbaví ethanolu válčováním na vyhřívaných dvou-válcích, kde se současně dokončuje želatinace a homogenizace hmoty. Vyválcované desky se za tepla slisují v bloky, ze kterých se řežou desky požadované tloušťky. Desky se zbavují zbytku ethanolu v komorových sušárnách při 30 až 50 °C. Konečnou operací je rovnání a leštění desek v lisu za tepla.

Výhodou celuloиду je velmi dobrá barvitelnost, možnost vzorování i snadná opracovatelnost. Nevýhodou je jeho velká hořlavost a pracnost výroby. Čerstvě připravený celuloíd zapáchá po kafru (zápach časem mizí). Při zahřátí na 70 až 110 °C celuloíd měkne a lze jej tvarovat. Nad 120 °C se v kratší nebo delší době rozkládá. Používá se k výrobě hřebenů, toaletních potřeb, obrouček brýlí, **míčků pro stolní tenis**, pro vykládání hudebních nástrojů aj. Jeho význam a rozsah výroby se stále snižují.

CELOFÁN

- **Postup jako u viskóзовého vlákna, ale lití z PLOCHÉ HUBICE do srážedla**
- **Křehká fólie > měkčení glycerolem (cca. 10 – 15 % hmot.)**
- **Často lakován nitrocelulóзовými laky > potravinářské obaly a obaly na cigarety (nyní BOPP)**
- **Po zvlhčení tvarovatelný > uzavírání sklenic se zavařeninami atd.**
- **Po zvlhčení POLOPROPUSTNÁ MEMBRÁNA > HEMOdialýza (dříve)**

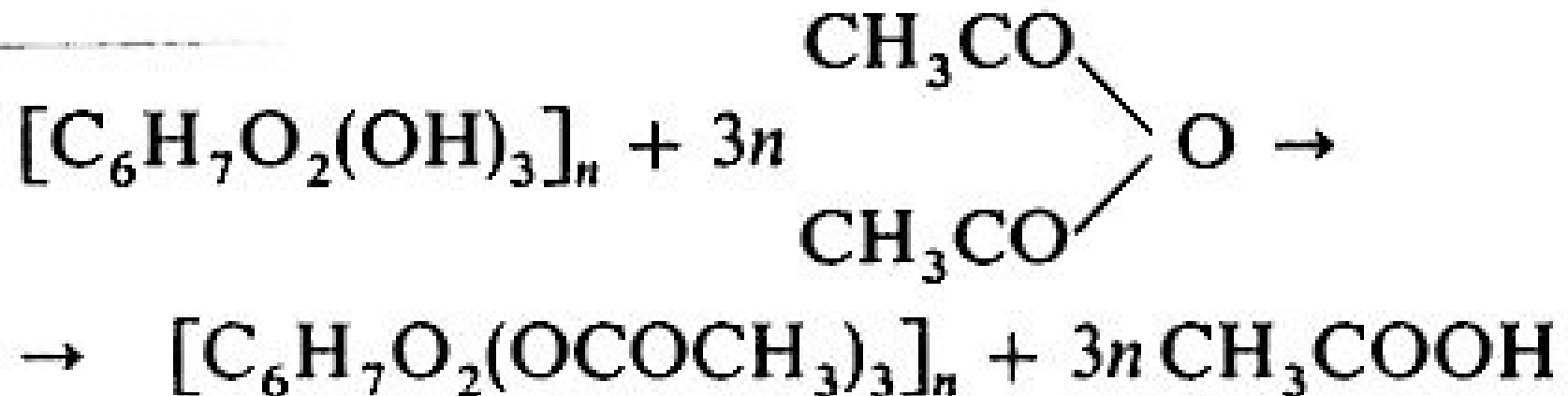


Běžně používané nitrocelulosy mají obsah dusíku nižší (10,5 až 12,5 %, pro výbušniny až 13,5 %).

Tab. 21.1. Rozdělení technických nitrocelulos podle obsahu dusíku

| Typ CN | Obsah dusíku % | Nejpoužívanější rozpuštědla | Použití |
|--------|------------------------------|--|--|
| A | 10,5 až 11,2 | ethanol | celuloid, nátěrové hmoty |
| M | 11,2 až 11,7 | estery, ketony, směs diethylether-ethanol | — |
| E | 11,8 až 12,5 12,0 až 13,5 | dtto — | nátěrové hmoty, lepidla bezdyrné prachy |

Acetát celulózy > vlákna, plasty



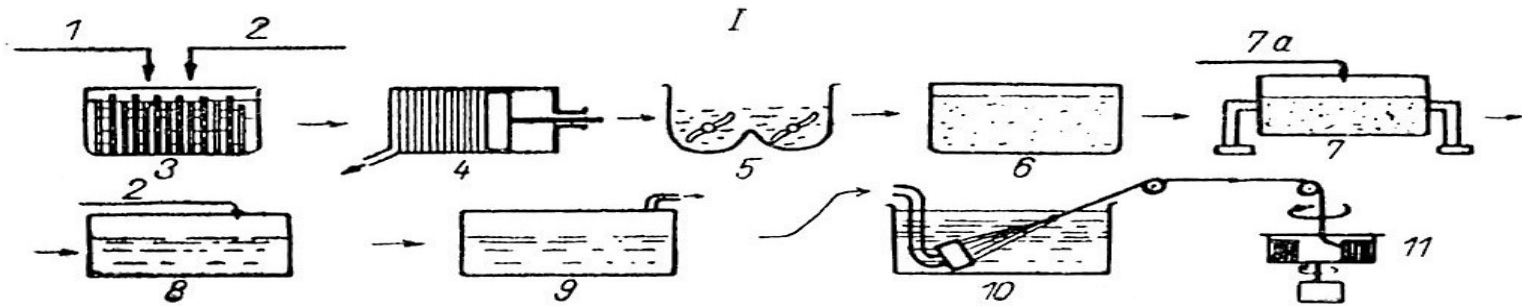
Kdysi vyráběla SYNTHEsia

Pardubice

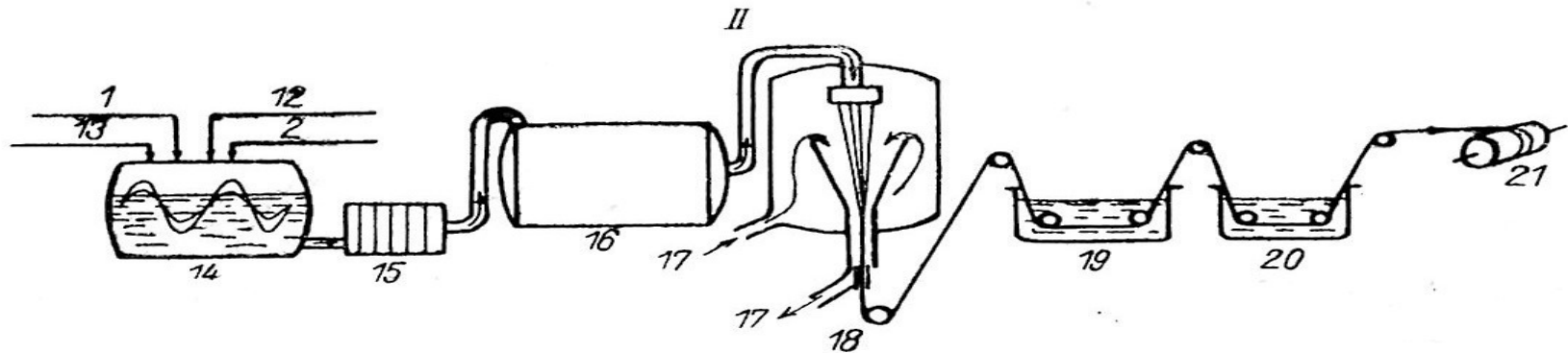
Nyní např. www.mazzucchelli.it >

pro designové výrobky, např. brýle

Vlákna na bázi celulózy výrobní schémata I



I - výroba viskózového hedvábí

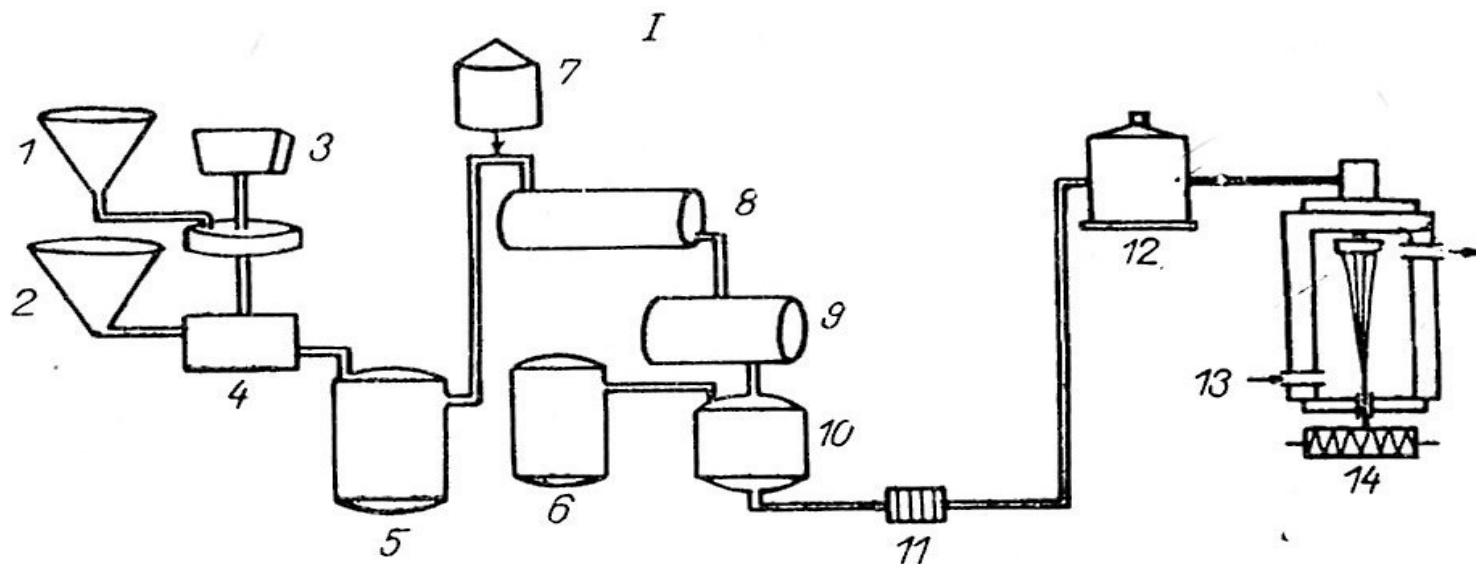


II - výroba mědnatého hedvábí

Obr. 16a. Schémata výroby viskózového a mědnatého hedvábí

1 - celulóza; 2 - louh sodný; 3 - namáčení; 4 - lisování; 5 - rozvlákňování; 6 - zrání alkaliceleulózy; 7 - sulfidace; 7a - sirouhlík; 8 - rozpouštění xantogenátu na viskózu; 9 - odvzdušňování a zrání viskózy; 10 - zvlákňování; 11 - navíjení do přadného koláče; 12 - síran mědnatý; 13 - čpavek; 14 - rozpouštění celulózy; 15 - filtrace; 16 - zásobník; 17 - voda; 18 - dlouhíci zvlákňování; 19 - kyselá lázeň; 20 - praní; 21 - navíjení.

Vlákna na bázi celulózy výrobní schéma II

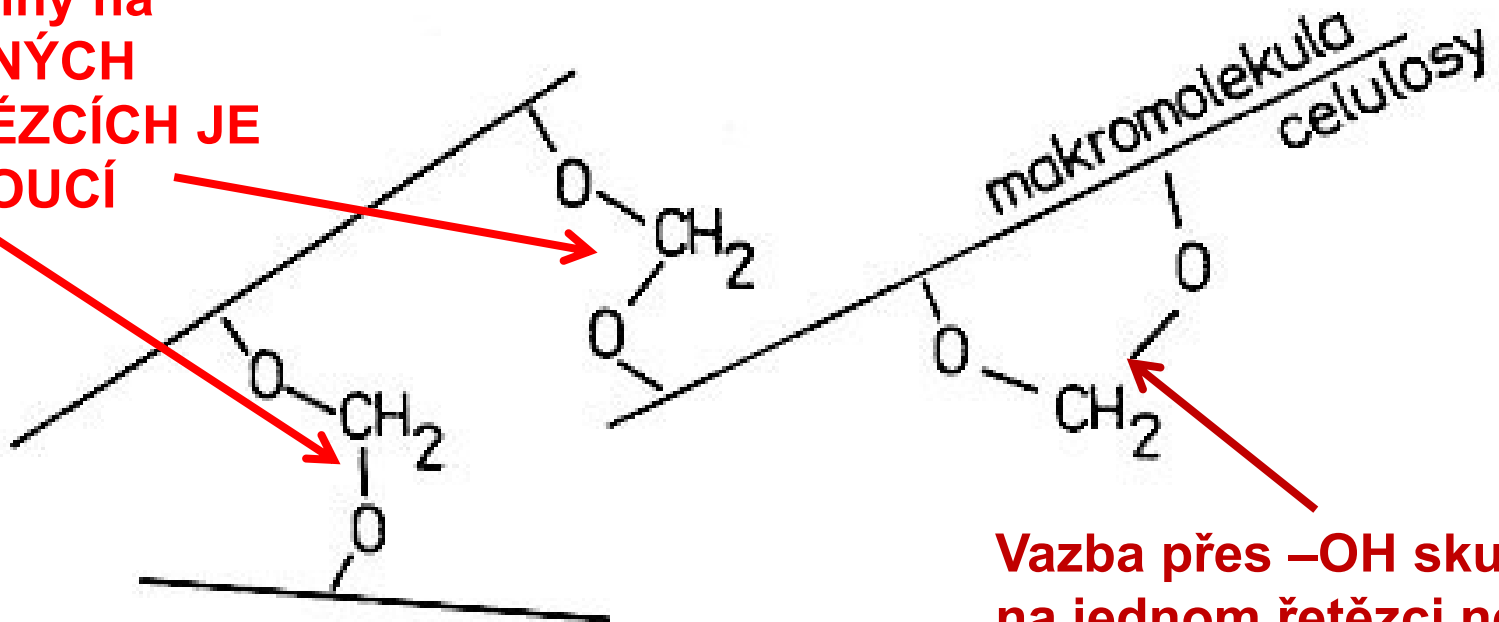


I - Výroba acetátového hedvábí

1 - kyselina octová; 2 - acetanhydrid; 3 - celulóza; 4 - hnětení; 5 - zásobník triacetátu; 6 - aceton; 7 - voda; 8 - srážení; 9 - hydrolyza; 10 - rozpouštění sekundárního acetátu; 11 - filtrace; 12 - zásobník zvlákňovacího roztoku; 13 - teplý vzduch; 14 - zvlákňování a navíjení;

Vazba molekul celulózy > sesít'ovaná vlákna

Vazba přes $-OH$ skupiny na RŮZNÝCH ŘETĚZCÍCH JE ŽÁDOUCÍ



Vazba přes $-OH$ skupiny na jednom řetězci není žádoucí

Umělý pergamen – H_2SO_4 > balení tuků

Vulkánfibr – $ZnCl_2$ > kufry, složky

Mikrokrystalická celulóza

- Inertní látka pro přenos účinné látky léčiv a potravinových doplňků
- Nakypřovací prostředek v potravinách
- Vlákniťá přísada do potravin

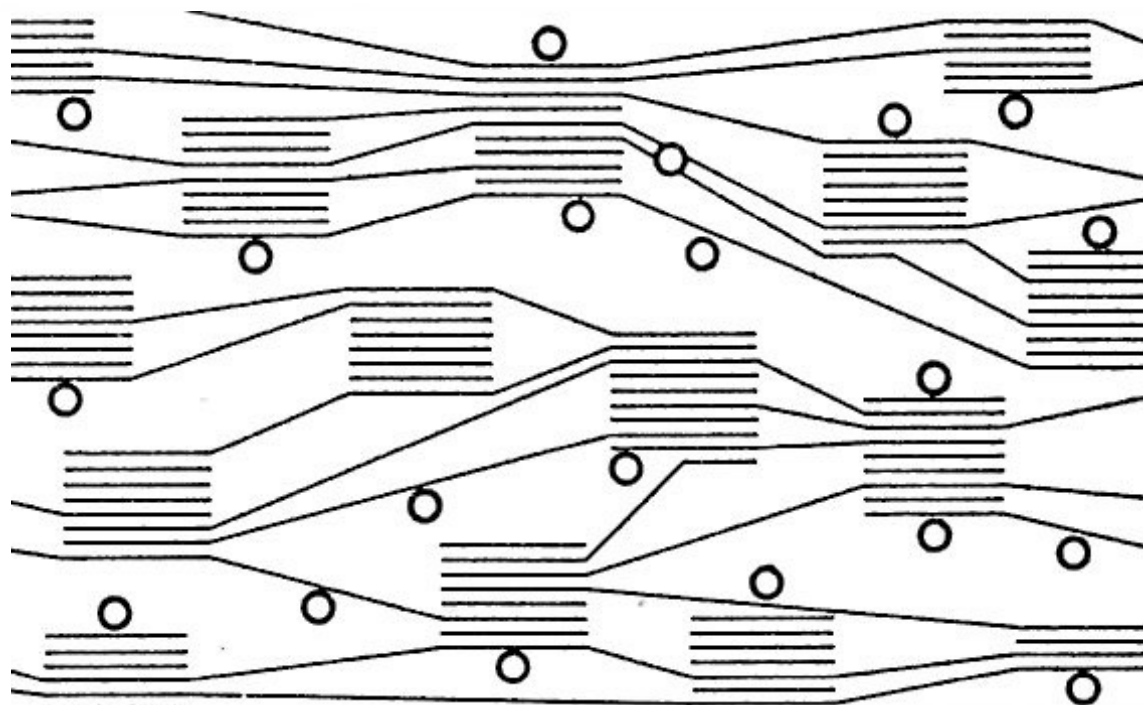
Celulóza jako MĚNIČ IONTŮ

Měníče iontů na bázi celulosy. Iontově výměnné celulosy se získají reakcí volných hydroxylových skupin celulosy s funkčními skupinami, majícími buď zásadité, nebo kyselé vlastnosti. Celulosový skelet se skládá téměř výhradně z jednotek anhydroglukosy spojených etherovou vazbou mezi uhlíkovými atomy v poloze 1,4. Výměnné skupiny jsou vázány na vláknitý povrch celulosového skeletu etherovými nebo esterovými vazbami na alkoholické skupiny anhydroglukosových kruhů. Různé typy iontově výměnných skupin jsou uvedeny v tab. 6.1. Běžnější měniče aniontů se obvykle připravují působením epichlorhydrinu a aminu na celulosu. Aby se získaly měniče kationtů, zavádějí se sulfonové, karboxylové nebo fosfonové kyselé skupiny.

Měníčové materiály mají tvar tyčinek nebo vláken obvykle o průměru 18 μm . Délka kolísá od 20 do 300 μm , průměrná délka je 80 μm . Shluky uhlovodíkových řetězců s oblastmi větší nebo menší orientace, popisované jako krystalické i amorfní látky, jsou náhodně orientovány podél os vláken. Uvnitř mezi těmito oblastmi, které jsou stabilizovány a zesíťeny vodíkovými můstky, leží „otvory“ s velkým rozmezím průměru a dostupnými iontově výměnnými skupinami (obr. 6.1). Výměnné kapacity nejsou příliš velké,

Celulóza jako MĚNIČ IONTŮ

pohybují se od $0,2 \text{ mval g}^{-1}$ pro typy SE a ECTEOLA do $0,9 \text{ mval g}^{-1}$ pro silně bazické typy. Etherové deriváty celulosy (typy CM, SM, SE, TEAE, DEAE a AE) jsou dostatečně stálé a mohou se používat za nejrůznějších podmínek. Esterové deriváty však podléhají hydrolyze při hodnotách pH menších než 2 a větších než 10, zejména při vyšší teplotě, než je teplota laboratorní.



Obr. 6.1 Schematické znázornění mikrostruktury vláknitých celulosových měničů iontů

Čarami jsou znázorněny shluky uhlovodíkových řetězců, kroužky označují iontově výměnné skupiny

Celulóza jako CHROMATOGRAFICKÝ MATERIÁL

Papír jako chromatografické prostředí

Papír je soubor vláken, uspořádaných dosti náhodně, neboť při výrobě se jen částečně orientují. Shluk vláken vytváří pórovité prostředí, které zadržuje nepohyblivou fázi, a prostory mezi vlákny vytvářejí kanálky, jimiž může protékat pohyblivá fáze. Kapilární povaha těchto kanálků jednak brání toku rozpouštědla, jednak je zdrojem kapilární hnací síly. Čelo rozpouštědla při svém postupu táhne za sebou sloupec kapaliny ve svazku kapilár, vytvářejícím pórovitou strukturu papíru. Kapiláry mají nepravidelnou velikost i průřez, jsou zakroucené, avšak většinou tvoří navzájem propojené kanálky. Slepé póry, které se v soustavě rovněž vyskytují, zachycují pohyblivou fázi a znehybňují ji (analogie s aktivními adsorpčními centry, která přispívají k chvostování v kolonové chromatografii). Nejucelenější popis papíru jako

Celulóza jako CHROMATOGRAFICKÝ MATERIÁL

Papíry z čisté celulosy. Obvyklý filtrační papír je poněkud náhodné seskupení celulosových vláken. Celulosu si můžeme představit jako síť polymerních glycidových řetězců s relativní molekulovou hmotností až 500 000, hydrofilní povahy a zesítenou soustavou pevných vodíkových vazeb. Každé vlákno je snopcem orientovaných menších jednotek, zvaných fibrily. V těchto fibrilách jsou oblasti s velkým stupněm uspořádání, zvané krystalinity, a oblasti s malým stupněm uspořádání, označované jako amorfní. Nepohyblivá kapalná fáze není v těchto fibrilách rozdělena rovnoměrně a zdá se, že se soustřeďuje v amorfních oblastech. Vodu nebo jiná hydrofilní rozpouštědla v těchto amorfních oblastech lze považovat za jiný druh vody, vyznačující se vysokým stupněm organizovanosti a mající odlišné vlastnosti od ostatní vody. Můžeme ji považovat za „kaši“ nabotnalého vláknitého materiálu, organizovanou a hutnou blízko celulózových řetězců, avšak blízkost se postupně s rostoucí vzdáleností od řetězců vlastnostem ostatní vody.

Tato kaše se podobá nasycenému roztoku polysacharidu, jemuž brání ve fyzikálním rozpouštění polymerní síť, na kterou jsou připojeny skupiny polysacharidu. Jak povrch, tak amorfní oblasti, které zachycují nasátou vodu, způsobují retenci.

Celulóza jako CHROMATOGRAFICKÝ MATERIÁL

Upravené celulosové papíry. Hydrofobní sloučeniny lze dělit na křemelinovém filtračním papíru nebo jiném podobném papíru plněném adsorbentem. Čistý celulosový papír se impregnuje dokonale vyčištěným silikagelem, kysličníkem hlinitým nebo rozsivkovou hlinkou. V těchto plněných papírech převládají adsorpční vlastnosti kyseliny křemičité, kysličníku hlinitého nebo rozsivkové hlinky nad vlastnostmi obvykle připisovanými celulóze jako nosiči.

KŘEMELINA

Nanocelulóza

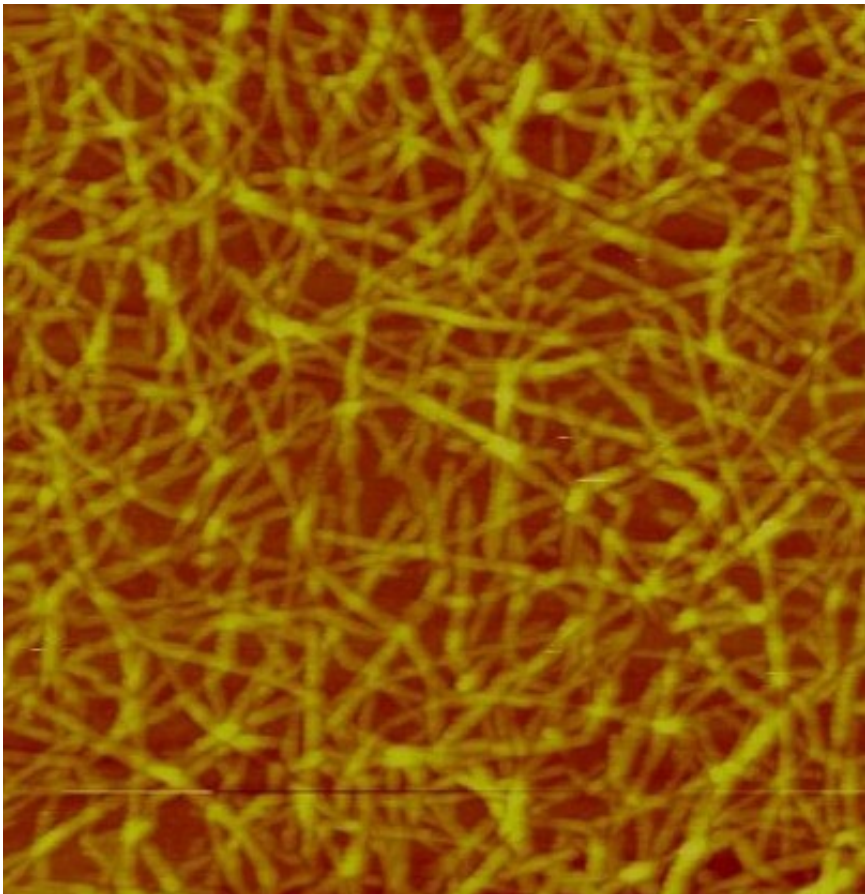
Nanocellulose, or microfibrillated cellulose (MFC)

is a material:

composed of nanosized cellulose fibrils with a high aspect ratio (length to width ratio). Typical **lateral dimensions are 5–20 nanometers** and **longitudinal dimension is in a wide range from tens of nanometers to several micrometers**. It is pseudo-plastic and exhibits the property of certain gels or fluids that are thick (viscous) under normal conditions, but flow (become thin, less viscous) over time when shaken, agitated, or otherwise stressed. This property is known as thixotropy. When the shearing forces are removed the gel regains much of its original state. The fibrils are isolated from any cellulose containing source including wood-based fibers (pulp fibers) through high-pressure, high temperature and high velocity impact homogenization (see manufacture below).

Nanocellulose can also be obtained from native fibers by an acid hydrolysis, giving rise to highly crystalline and rigid nanoparticles (generally referred to as **nanowhiskers**) **which are shorter (100s to 1000 nanometers) than the nanofibrils** obtained through the homogenization route. The resulting material is known as **nanocrystalline cellulose (NCC)**.

Nanocelulóza



**MOŽNÁ TO
ZKUSÍME
UDĚLAT V
LABORKÁCH!**

AFM height image of carboxymethylated nanocellulose adsorbed on a silica surface. The scanned surface area is $1 \mu\text{m}^2$ > **VLÁKNA MAJÍ PRŮMĚR cca. 80 – 100 nm**

Celulózy v práci konzervátora a restaurátora

| Typ celulózy nebo jejího derivátu | Fyzikální forma | Použití | poznámka |
|---|-----------------|---|---|
| Nativní celulóza | Vlákna | Doplňovací materiál pro papír a kartónu | Případně dobarvit do odstínu restaurovaného dokumentu |
| Nitrocelulóza | Roztok | Lepidlo, tmel | Výplňový tmel plněný dřevitou moučkou |
| Karboxymethylcelulóza | Roztok | Lepidlo | Restaurování tapet, lepení papíru |
| Propionát celulózy Acetobutyrát celulózy | Tuhá látka | Imitace přírodních lesklých hmot | Zpracování v tavenině |

Karosérie z přírodních vláken

Německý institut WKI (Wilhelm Klauditz Institut) Braunschweig, představil na mezinárodním veletrhu Internationale Grüne Woche (IGW) 2015, který se koná v Berlíně, své nové textilie na bázi hybridních bio materiálů jejichž velkou část tvořila vlákna z bavlny, konopí a dřeva.

Díky dovedné kombinaci plastů s bio textilními materiály a uhlíkovými vlákny vznikají extrémně lehké a přesto velmi stabilní díly, které jsou vhodné k výrobě karosérií. Výrobci automobilů, stejně jako odborníci pro letectví a kosmonautiku, se také stále více orientují na plasty vyztužené různými vlákny.

Skleněná vlákna jsou cenově také výhodná, ale jsou ve srovnání s přírodními poměrně těžká. Výzkumní pracovníci proto stále více sázejí na přírodní vlákna rostlinného původu, která však ve srovnání s uhlíkovými vlákny mají menší pevnost. Podle způsobu použití se proto kombinují uhlíková vlákna s bio textilními.

Vlákna zde často slouží jako rohože, které se na sebe navzájem kladou, a tato část se zafixuje plastovou matricí. Tam, kde se předpokládá, že díly budou silně namáhány, jsou používána uhlíková vlákna, která nahradí přírodní. Ta zůstávají pouze tam, kde se nepředpokládá enormní zatížení. Takto vyrobené díly mají vysokou pevnost, dobré akustické vlastnosti a jsou ekologičtější než čistě uhlíkové díly.

Obvykle se povrch přírodních vláken upravuje tak, aby se dala snadno zpracovávat běžnými textilními stroji. Jedná se zejména o ošlichtování (lubrikaci) povrchu vlá-

ken. Zatímco pro výrobu textilií je tento proces důležitý, většinou je kontraproduktivní, pokud mají být zpracovávány kompozity. Proto se optimalizuje povrch vláken z technického hlediska. Speciální povlaky jsou navrženy tak, aby se vlákna optimálně vázala na matrici nebo zvolený plast. Za těchto předpokladů se může zvýšit pevnost materiálů až o 50 %.