



Dosahování sytých odstínů pomocí reaktivních barviv na celulózových materiálech

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil
Studijní obor: 3107R006 – Textilní a oděvní návrhářství
Autor práce: **Michaela Braunová**
Vedoucí práce: Ing. Jana Šašková





Dyeing of cellulosic materials with reactive dyes

Bachelor thesis

Study programme: B3107 – Textil
Study branch: 3107R006 – Textile and Fashion Design - Textile Design and Technology
Author: **Michaela Braunová**
Supervisor: Ing. Jana Šašková



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michaela Braunová**
Osobní číslo: **T14000145**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní a oděvní návrhářství**
Název tématu: **Dosahování sytých odstínů pomocí reaktivních barviv na celulóзовých materiálech**
Zadávající katedra: **Katedra designu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte rešerši zaměřenou na vlastnosti celulóзовých vláken (bavlna, lyocell, viskóza) a reaktivní barviva.
2. V laboratoři realizujte barvicí proces, zhodnoťte rozdíly barvení mezi druhy materiálů, proveďte stálostní zkoušky.
3. Zhodnoťte a komentujte výsledky (barevnost, analytika zbylých lázní).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **25**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Broadbent,A.D.: Basic principles of textile colloration, Bredford: SDC, 2001, ISBN 9780901956767

Clark,M.: Handbook of textile and industrial dyeing, Woodhead Publishing, 2011, ISBN 9781845696955

Shore,J.: Cellulosics Dyeing,Bradford: SDC, 1995, ISBN 9780901956682

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Šašková

Katedra materiálového inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **12. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **5. května 2017**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



Ing. Renata Štorová, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 20. března 2017

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 5. 5. 2017

Podpis:



Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Janě Šaškové, Ph.D, za odborné vedení, školení a cenné rady ohledně této práce a za pomoc při zpracování procesu barvení.

Anotace

V současné době existuje celá škála reaktivních barviv.

Barvivo, které bylo konkrétně v této práci používáno pro dané barvicí procesy, byla Ostazinová oranž V3-R, kterou jsme aplikovali v pěti cyklech na jednotlivé typy vzorků.

V práci jsou předvedeny čtyři různé typy vzorků celulóзовého původu, jimiž jsou viskóza, lyocell a dva typy bavlny, přičemž každý materiál má jinou plošnou hmotnost, jemnost a tím pádem i odlišně reaguje na dané barvivo.

Již po prvních procesech barvení bylo zřetelné, že saturace u jednotlivých materiálů bude radikálně odlišná. Účelem bylo zjistit, jak se vazná místa těchto materiálů vysycují právě s tímto reaktivním barvivem.

Následně jsme hodnotili koncentraci barviva ve zbylých barvicích a pracích lázních a pomocí Kubelka – Munkovy funkce jsme hodnotili remise barvených materiálů. Stálosti těchto materiálů byli posléze posuzovány metodou zkoušení stálobarevnosti v alkalickém potu.

Klíčová slova

Reaktivní barviva, celulóza, cyklické barvení

Anotation

Nowadays , there is a range of reactive dyes.

In this work there is used the Ostazin orange V3-R dye which we applied in five cycles to individual sample.

There are four different types of cellulosic samples, such as viscose, lyocell and two different types of cotton. Each material has a different structure, softness and reacts differently to the dye.

After the first coloring processes, it was clear to see that the saturation of every material was radically different. The purpose of this work was finding out how this dye is captured on cellulosic material.

Subsequently, we evaluated the concentration of dye in dye and wash bath and by using Kubelko - Munk 's function we evaluated the remission of dyed materials.

The stability of these materials was evaluated by the alkaline sweat test method.

Key words

Reactive dyes, cellulosic materials, cyclic dyeing

Obsah

OBSAH	9
SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	11
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	12
ÚVOD	13
REŠERŠNÍ ČÁST	14
1. VLASTNOSTI VLÁKEN	14
1.1 <i>Bavlna</i>	14
1.2 <i>Lyocell</i>	17
1.3 <i>Viskóza</i>	19
2. BARVITELNOST CELULÓZOVÝCH VLÁKEN	21
2.1 <i>Vliv krystalinity celulózových vláken na barvitelnost</i>	22
2.2 <i>Vlivy zvyšující záporný náboj celulózových vláken</i>	22
2.3 <i>Vliv jemnosti vlákna</i>	23
2.4 <i>Vliv tvaru průřezu vlákna</i>	23
2.5 <i>Barvitelnost bavlny</i>	24
2.6 <i>Barvitelnost vláken z regenerované celulózy</i>	25
2.7 <i>Barvitelnost lyocellových vláken</i>	26
3. REAKTIVNÍ BARVIVA	27
3.1 <i>Ostazinová oranž V3-R</i>	29
3.2 <i>Barvení celulózových vláken reaktivními barvivy</i>	30
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	33
4. POPIS BARVICÍHO PROCESU	33
5. POPIS VZORKŮ	35
6. VÝSLEDKY A DISKUSE	48
7. ZÁVĚR	49
8. PRAMENY	50
PŘÍLOHY	51

Seznam obrázků

Obrázek 1: Polyβ- D glukopyranóza, n...polymerační stupeň [4]	15
Obrázek 2: Morfologie bavlněného vlákna [2]	16
Obrázek 3: Zjednodušený vzorec molekuly celulózy [4]	19
Obrázek 4: Zralost bavlněného vlákna [2]	24
Obrázek 5: Sortiment reaktivních Ostazinových barviv [6].....	27
Obrázek 6: Obecná struktura reaktivního barviva [6].....	28
Obrázek 7: Vybarvení Ostazinovou oranž V3-R na mercerovaném popelínu [6] ...	29
Obrázek 8: Řetězec Ostazinové oranž V3-R, [6].....	29
Obrázek 9: Bavlna 1, snímek z mikroskopu	35
Obrázek 10: Lyocell, snímek z mikroskopu	36
Obrázek 11: Viskóza, snímek z mikroskopu.....	36
Obrázek 12: Bavlna 2, snímek z mikroskopu	37
Obrázek 13: Bavlna 1 - proces 5 cyklů barvení	39
Obrázek 14: Viskóza - proces 5 cyklů barvení	40
Obrázek 15: Lyocell - proces 5 cyklů barvení.....	40
Obrázek 16: Bavlna 2 - proces 5 cyklů barvení	40
Obrázek 17: Graf K/S hodnot pro jednotlivé materiály.....	42
Obrázek 18: Graf remisních křivek.....	42
Obrázek 19: Kalibrační přímka barvicího roztoku	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní vlastnosti bavlny [1].....	15
Tabulka 2: Základní vlastnosti viskózy [1]	19
Tabulka 3: Charakteristika Ostazinové oranž V3-R [6].....	29
Tabulka 4: Vlastnosti Ostazinové oranž V3-R [6]	29
Tabulka 5: Popis dostav materiálů před barvicím procesem	35
Tabulka 6: Vypočítané hodnoty jemností vláken	38
Tabulka 7: Popis změn dostav u jednotlivých vzorků	39
Tabulka 8: Vypočítané K/S hodnoty	41
Tabulka 9: Naměřené absorbance k jednotlivým koncentracím barviva	43
Tabulka 10: Hodnoty 1. cyklu barvení	44
Tabulka 11: Hodnoty 2. cyklu barvení	45
Tabulka 12: Hodnoty 3. cyklu barvení	45
Tabulka 13: Hodnoty 4. cyklu barvení	45
Tabulka 14: Hodnoty 5. cyklu barvení	46
Tabulka 15: Suma koncentrací barviva na jednotlivých materiálech.....	46
Tabulka 16: Hodnocení stálostí materiálů v alkalickém potu – zapouštění do doprovodné tkaniny	47

Seznam použitých zkratek

Zkratka	Název	Jednotka
Do	Dostava osnovy materiálu	(počet nití/1 cm)
Du	Dostava útku materiálu	(počet nití/1 cm)
BA	bavlna	
VS	viskóza	
LYOC	lyocell	
PS	polymerační stupeň	
T	jemnost	(tex)
λ	vlnová délka	(nm)
RS	reaktivní skupina	
SS	solubilizační skupina	
C ₀	koncentrace barviva v původní lázni	(g/l)
C _L	koncentrace barviva ve zbylé lázni	(g/l)
C _S	absolutní koncentrace barviva na vlákne	(mg/g)
A	absorbance	
Z	zředění	
E	procento vytažení	(%)
K/S	hodnoty Kubelka-Munkovy funkce pro popis remise světla	
ČSN	česká státní norma	

Úvod

Cílem této práce je získat povědomí o barvitelnosti čtyř různých vzorků celulóзовých materiálů. Pro tyto experimenty byly vybrány reaktivní barviva a konkrétně barvivo Ostazinová oranž V3-R.

Na celkem čtyři druhy vzorků a to – viskóza, lyocell, a dva typy bavlny, přičemž každý materiál má různou plošnou hmotnost a jemnost, bude aplikováno dané barvivo metodou ALL IN v pěti cyklech.

V rámci těchto vzorků se bude poté hodnotit zejména sorpce barviva na jednotlivé materiály a jejich odlišnost po daném barvení. Následně budeme hodnotit koncentraci zbylého barviva v barvicí a prací lázni.

Pomocí Kubelka-Munkovy funkce budeme měřit remise nabarvených materiálů a stálosti těchto materiálů budeme hodnotit pomocí metody zkoušení stálobarevnosti v alkalickém potu.

Část práce je věnována charakteristice jednotlivých použitých celulóзовých materiálů, poté samotným reaktivním barvivům a jejich vazbou právě na tyto materiály.

Celá práce se věnuje problematice barvení celulóзовých materiálů reaktivními barvivy.

Rešeršní část

1. Vlastnosti vláken

V této kapitole budou porovnány tři různé druhy celulózových vláken a to bavlna, lyocell a viskóza, které budou následně barveny reaktivními barvivy a testovány.

Budou zmíněny základní informace jako např. vzhled daného vlákna, jeho použití v dnešní době, několik informací o výrobě a struktuře.

1.1 Bavlna

Základní vlastnosti:

Vzhled vlákna:

Příčný řez u nepoškozené bavlny má ledvinovitý tvar a její přirozená barva je bílá, krémová až hnědá.

Identifikace:

Rychle hoří, zanechává jemný šedý popel, rozpouští se ve studené 80%-ní kyselině sírové H_2SO_4 .

Jemnost vlákna:

1 – 4 dtex

Vliv teploty:

Do 120°C nedochází k žádným podstatným změnám, až při teplotě 120 °C po pěti hodinách začíná žloutnout a při 150 °C hnědnout. Při 200 - 280°C dochází k dehydrataci a následně k destrukci vlákna. [1]

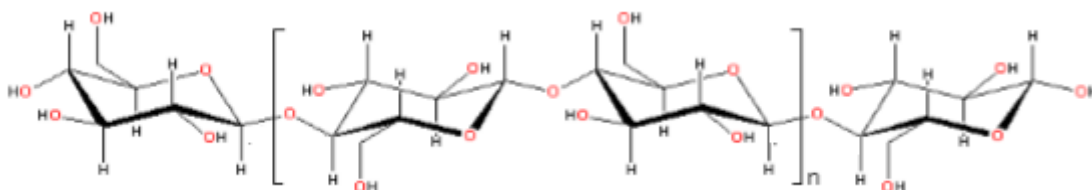
Tabulka 1: Základní vlastnosti bavlny [1]

POLYMERAČNÍ STUPEŇ (bělená bavlna)	2000-1600
PEVNOST SUCHÁ (cN/dtex)	3-4,9
PEVNOST MOKRÁ (%)	100-110
PEVNOST VE SMYČCE (%)	70
PEVNOST V UZLU (%)	91
TAŽNOST SUCHÁ (%)	3-10
TAŽNOST ZA MOKRA (%)	11
MODUL PRUŽNOSTI (cN/dtex)	42-82
MĚRNÁ HMOTNOST (kg/m ³)	1530
KOEFICIENT TŘENÍ	0,45
VLHKOST PŘI 65% RH (%)	8,5
SMÁČECÍ TEPLA (J/g)	11
TEPELNÁ VODIVOST (mWm ⁻¹ K ⁻¹)	71

Bavlna je v textilním průmyslu nejužívanějším celulóзовým vláknem. Je to jemná bílá substance sestávající z vláken získávaných ze semen rostlin, které patří k rodu *Gossypium* (bavlník). Celulóza tvoří 88 – 96 % bavlněného vlákna. Vedle celulózy jsou v něm obsaženy pektiny (0,7 – 1,2%), proteiny (1,1 – 1,9%), vosky a tuky (0,4 – 1,0%), organické kyseliny (0,5 -1,0%), prach (0,7 – 1,6%), cukry (- 0,3%). Tyto látky bývají odstraněny během předúpravy před barvením. Vláknem má před vysušením kruhovitý tvar řezu, po vysušení získá vláknem ledvinovitý průřez. [1]

Chemická struktura vlákna:

Jak již bylo zmíněno, základem bavlněného vlákna je celulóza. Z chemického hlediska jde o vysokomolekulární látku, která má v hlavní stavební jednotce jednu primární a dvě sekundární -OH skupiny v hlavním řetězci. Celulóza je polysacharid, který je tvořen tzv. poly β - D glukopyranózou. (obr. 1). Celulózová vlákna mají různý polymerační stupeň, který samozřejmě závisí na druhu vlákna: viskóza $n = 200 - 460$, bavlna $n = 1200$ ($n =$ počet strukturálních jednotek). [1]



Obrázek 1: Poly β - D glukopyranóza, n ...polymerační stupeň [4]

Z chemického hlediska je bavlna velmi odolné vlákno, špatně rozpustné v běžných rozpouštědlech díky vysoké krystalinitě a vysokému podílu vodíkových můstků.

K destruktivnímu rozložení dojde působením silné kyseliny o vysoké koncentraci (např. H_2SO_4 - 70%). [1]

Morfologie vlákna

Zralá vlákna v tobolece mají kruhový průřez. Při jejich vysychání dochází ke zborcení stěny vlákna a tím se vlákno začne stáčet do stužky. Bavlněné vlákno má amorfni a krystalickou část. Vodě přístupná je pouze část amorfni a proto je pro barvení důležitý stupeň krystalinity. [1]



Obrázek 2: Morfologie bavlněného vlákna [2]

1.2 Lyocell

Základní vlastnosti:

Mezi hlavní výhody lyocellu patří dobrá afinita k barvivům, odolnost proti louhům, úplná biologická rozložitelnost a možnost praní výrobků při 60 °C.

Díky speciální technologii výroby je velmi příjemný na omak, vyniká velkou pevností a je vysoce savý. Lyocell kombinuje požadavky na přírodní původ použitých materiálů a zároveň snadnou údržbu. Vzhledem k tomu, že velmi dobře odvádí vlhkost, používá se také často k výrobě lůžkovin. [4]

Polymerační stupeň

PS u lyocellu se pohybuje průměrně kolem 600.

Pevnost:

- za sucha (cN/tex) 40-44
- za mokra (cN/tex) 34-38

Tažnost:

- za sucha 14-16%
- za mokra 16-18%

Navlhavost:

- 65-70%

Nedostatky:

Hlavním nedostatkem je nízká elasticita (mačkavost) a malá odolnost proti kyselinám. [3][4]

Způsob výroby:

Základní surovinou pro výrobu je (stejně jako u viskózy) regenerovaná celulóza. Ta se posléze rozpouští pomocí chemických rozpouštědel a následný roztok se po průchodu zvláknovací tryskou sráží, rozpouštědlo se z vlákniny vypírá, recykluje a vrací k novému použití. [3][4]

Použití:

Lyocellové tkaniny se hojně používají pro výrobu matrací. Staplová vlákna se dají použít bez příměsí (často jako mikrovláknem) nebo ve směsi s polyesterem, bavlnou, lnem, hedvábím nebo vlnou (s vhodnou jemností a délkou) na oděvní, bytové i technické textilie. [3]

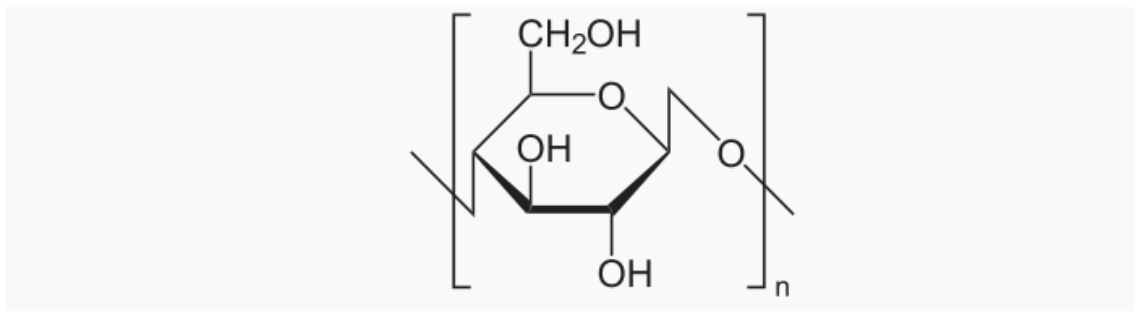
Historie:

Základní výzkum začal v 80. letech minulého století u nizozemské firmy Akco, od které zakoupily licenci firmy Courtaulds a Lenzing a vyráběly od 90. let lyocell průmyslově. Lenzing převzal v roce 2004 také výrobní zařízení firmy Courtaulds spolu se značkou Tencel®, pod kterou prodává lyocellová vlákna jako největší světový výrobce.

Výrobní kapacity v Rakousku, USA a Velké Británii dosáhly v roce 2008 130 000 tun (tj. cca 4 % celkového množství viskózových vláken). Menší výrobní zařízení jsou instalována také v Německu, Číně, Tajvanu a Jižní Koreji (tj. cca 4 % celkového množství viskózových vláken). [4]

1.3 Viskóza

Celulóza, jako základní surovina pro výrobu viskózy, je přírodní polymer, tedy organická sloučenina s molekulovým řetězcem. Viskóza se získává regenerací celulózy. [5]



Obrázek 3: Zjednodušený vzorec molekuly celulózy [4]

Vlastnosti:

Standartní viskózové vlákno dosahuje v suchém stavu jen zhruba 80-90% pevnosti bavlny a za mokra klesá na polovinu vlastní hodnoty. Modifikované druhy viskózy se vyrábí až s dvojnásobnou pevností oproti bavlně a tato klesá v mokřém stavu jen asi o 25%. Výrobky z viskózového vlákna mají příjemný omak, mají dobrou savost a (ve směsích s jinými vlákny a v závislosti na struktuře tkaniny) nemačkovatost. Při vyšších teplotách se však snadno sráží a nejsou odolné proti biologickým vlivům.

S barvením běžnými prostředky (i ve vlákenné hmotě) a bělením nejsou u viskózy žádné problémy. [4]

Tabulka 2: Základní vlastnosti viskózy [1]

POLYMERACNÍ STUPEŇ	300
PEVNOST SUCHÁ (cN/dtex)	1,6-2,5
PEVNOST MOKRÁ (%)	50-60
PEVNOST VE SMYČCE (%)	30-65
PEVNOST V UZLU (%)	45-60
TAŽNOST SUCHÁ (%)	15-30
TAŽNOST ZA MOKRA (%)	20-40
MODUL PRUŽNOSTI (cN/dtex)	54
MĚRNÁ HMOTNOST (kg/m ³)	1520
KOEFICIENT TŘENÍ	0,19
VLHKOST PŘI 65% RH (%)	13
SMÁČECÍ TEPLA (J/g)	50
TEPELNÁ VODIVOST (mWm ⁻¹ K ⁻¹)	60

Historie:

Začátkem 20. století přišla první viskózová vlákna na trh jako levnější náhrada za přírodní hedvábí a později za bavlnu a vlnu.

V obou světových válkách byl blokován dovoz všech důležitých textilních materiálů do Evropy a viskózová vlákna zůstala jako téměř jediná surovina pro textilní průmysl.

Koncem 60. let minulého století dosáhla světová produkce tohoto vlákna asi 3,5 milionu tun, v roce 2009 byly zaznamenány 3,8 miliony tun vláken, z toho asi 85 % stříže a za rok 2014 se udávala světová produkce s 6 miliony tun. [4]

Výroba:

Celulóza je sice obsažena v buněčných stěnách každé rostliny, k rentabilní výrobě viskózy se však hodí jen určité druhy dřeva. Typicky se používá buk nebo smrk, které obsahují např. 40 a více % celulózy, ekonomicky výhodnější mohou být stromy rychleji rostoucí. K výrobě 1 tuny vlákna je zapotřebí cca 6 m³ dřeva a 2 tuny chemikálií.

Viskózová vlákna se dodávají jako filament nebo stříž, lesklá, matovaná, barvená nebo bělená ve hmotě v jemnostech a délce (u stříže) podle účelu použití. [4][5]

Použití:

Viskóza se používá u všech výrobků, které mají mít vlastnosti podobné přírodnímu hedvábí a nesmějí být příliš drahé. Jsou to zejména tkaniny na halenky, šatovky a podšívkovina.

Viskózová stříž se snadno mísí s bavlnou, vlnou nebo syntetickými vlákny. Příze se nejčastěji používá k výrobě tkanin na módní vrchní ošacení. Hlavní důvod mimo nízkých nákladů je líbivý lesk, který viskóza výrobkům dodává. Jestliže však podíl tohoto vlákna ve směsi přesahuje 30 %, kalhoty nebo sako se rychle opotřebí.

U modifikovaných druhů viskózových vláken jsou tyto nedostatky téměř zcela odstraněny a i směsi s vyšším obsahem viskózy jsou vhodné pro vrchní ošacení. [5]

2. Barvitelnost celulózových vláken

Celulóza je nejhojnějším polymerem, který je dnes k dispozici na celém světě. Podstatou těchto nejrozšířenějších vláken jsou lineární makromolekuly celulózy, v jejichž průběhu se na každé glukopyranózové jednotce objevují tři volné –OH skupiny. Ty tvoří základ afinity k barvivům tím, že vytvářejí vodíkové vazby s vhodnými polárními skupinami v aniontech tzv. přímých a dalších substantivně natahujících barviv.

Nejvýhodnější polohu pro vytváření vodíkových můstků s barevnými anionty má primárně –CH₂OH skupina.

Barvitelnost celulózových vláken substantivně natahujícími barvivy klesá v tomto pořadí (hodnotí se rychlost barvení při teplotě blízké varu): viskózové vlákno – bavlna mercerovaná bez napětí (louhovaná) – bavlna mercerovaná pod napětím – Lyocell – bavlna nemercerovaná – len – konopí. Což je v podstatě dokázáno v této práci (viz experimentální část), jelikož největší sytost vybarvení měla právě viskóza, hned po ní lyocell a jako poslední bavlna (v tomto případě nemercerovaná).

Barvitelnost těchto vláken je ovlivněna řadou faktorů. Jedním z nich je polymerační stupeň jednotlivých materiálů. Ve výše zmíněných kapitolách byl uveden polymerační stupeň u bavlny zhruba 2000-1600, jelikož se jedná o přírodní polymer. Tento materiál má na každém konci svého řetězce –OH skupinu, na kterou lze navázat barvivo.

Co se týče vláken z regenerované celulózy, konkrétně viskózy, tak právě v důsledku regenerace dané celulózy je její polymerační stupeň nižší, a také i krystalinita. Vzhledem k této skutečnosti je v řetězci více vazných –OH skupin (než u bavlny) a tím i větší možnost navázat dané barvivo. Toto platí jak pro viskózu, tak lyocell, ovšem u lyocellu je polymerační stupeň o něco vyšší než u viskózy (600), tím pádem i počet –OH skupin je o něco nižší než u viskózy.

V dalších kapitolách budou představeny faktory, které ovlivňují barvitelnost celulózových materiálů.

[7][9]

2.1 Vliv krystalinity celulóзовých vláken na barvitelnost

V místech těsného přiblížení řetězců celulózy vznikly hustějším „provázáním“ vodíkovými vazbami *krystalinity*, do nichž molekuly barviva nemohou proniknout. Při velkém celkovém nadbytku –OH skupin ve vláknech to nepředstavuje reálný problém, neboť k saturaci vlákna barvivem by bylo zapotřebí koncentrací až o jeden řád vyšších než jsou běžné při barvení nejtmaevších odstínů. Nicméně vážnou závadu může vyvolat nárůst krystalinity vlivem intenzivního sušení, zejména při tzv. přesušení dané textilie.

Návrat struktury do stavu s běžným obsahem molekulární vody již pak není možný, dojde k jakémusi zrohovatění textilie – výrazně u viskózových a též i bavlněných vláken. Do přerušovaných míst pak proniká barvivo relativně pomaleji než do okolních, a proto zde hrozí vznik světlejších skvrn. Vcelku se to projevuje „mapovitým“ vybarvením. Když se budeme zabývat krystalinitou u jednotlivých celulóзовých materiálů, tak u viskózy je krystalinita v průměru nižší než u bavlny: 30-50 %, u bavlny je to přibližně 50-90 %.

[7]

2.2 Vlivy zvyšující záporný náboj celulóзовých vláken

Vlivem oxidativních vlivů při růstu bavlněných vláken, při nadměrně intenzivním bělení, či při výrobě vláken z regenerované celulózy je část –OH skupin zoxidována až na karboxylové –COOH skupiny. Tyto kyselé skupiny zvyšují záporný náboj celulózy více, neboť jejich disociační konstanta je o několik řádů vyšší než –OH skupiny. [9]

Technologické důsledky této skutečnosti se projevují slabým negativním nábojem na povrchu celulóзовých vláken, který se zvyšuje:

1. se zvyšováním alkality dané lázně
2. s předchozím oxidativním poškozením celulózy

Zvýšení záporného náboje celulózy má za následek zvýšené odpuzování aniontů některých barviv – zejména díky vlivu 2., je-li oxidativní poškození velké. K potlačení tohoto záporného náboje se v barvicích lázních využívají neutrální elektrolyty. [7]

Oxidační činidla

Používají se při předúpravě bavlny a lnu (chlornan sodný, chloritan sodný, peroxid vodíku) ve vyšších koncentracích a díky nim dochází ke snižování polymeračního stupně těchto materiálů. Dle podmínek vznikají buď aldehydické skupiny (což je redukující typ oxycelulózy) nebo karboxylové skupiny (kyselý typ oxycelulózy). [7]

Barvitelnost se tedy značně mění dle podmínek a intenzity dané oxidace a tím dochází k tomu, že afinita k barvivům se téměř vždy snižuje. To je důsledek zvýšeného obsahu $-\text{COOH}$, či $-\text{COONa}$ skupin, a tím rostoucího záporného náboje celulózy a odpuzování aniontů barviv. [7][9]

Alkalické lázně

Tyto lázně velmi zvyšují bobtnání a srážení celulóзовých vláken. Celulózy o nižším polymeračním stupni se dokonce rozpouštějí. Za přístupu vzdušného kyslíku je alkáliemi katalyzován vznik oxycelulózy kyselého typu, která zdatelně snižuje afinitu substantivně natahujících barviv. [7]

2.3 Vliv jemnosti vlákna

Budeme vycházet z představy jakési vrstvy průsvitných vláken, kterými procházejí světelné paprsky, které postupně předávají část své energie molekulám barviva tzv. selektivní adsorpcí. Dráha paprsků je však při každém kontaktu s povrchem vlákna pozměněna – a tím se zde projeví lom a odraz světla. Po určitém počtu odrazů a lomů statisticky nutně musí dojít k situaci, kdy je paprsek odražen směrem ven z textilie – tedy k pozorovateli. Počet vláken, kterými světelné paprsky průměrně projdou, je dán vlastnostmi polymeru vláken (tzv. index lomu), tvarem průřezu vláken i textilní strukturou, ale vůbec nezáleží na jemnosti vlákna. Při lomu a odrazu na jednom vlákně je důležitý pouze tvar průřezu a povrch vláken, nikoliv jejich tloušťka.

Se snižováním tloušťky vláken bude tedy pro vyvolání stejného odrazového efektu stačit stále menší hmotnost vláken. Pokud budeme srovnávat stejné množství vláken obsahující stejné množství barviva, pak jemnější vlákna (resp. tenčí) se budou jevit světlejší. K molekulám barviva v jemnějších vláknech se totiž dostává menší množství světla a větší část se následně odrazí zpět tzv. nebarevnou reflexí. [7]

2.4 Vliv tvaru průřezu vlákna

Dalším důležitým faktorem pro barvitelnost je tvar průřezu vlákna jednotlivých materiálů. Pro kvantifikaci tvaru tohoto průřezu lze použít tzv. tvarový faktor, který udává odlišnost průřezu vlákna od kruhovitěho průřezu. U bavlny se tento tvarový faktor pohybuje kolem 0,47 (ledvinovitý průřez) a u viskózových vláken kolem 0,6. Konkrétně u bavlny lze mercerací změnit průřez ledvinovitěho vlákna (0,47) na kruhový (0) a tím i docílit zvýšení intenzity odstínu. [7]

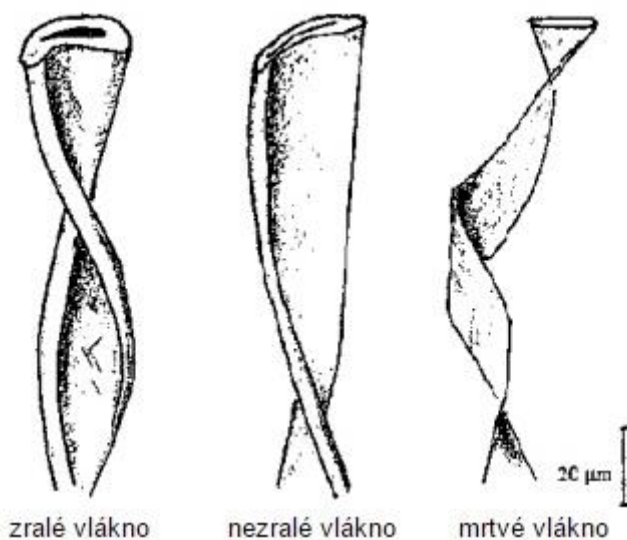
Z této skutečnosti můžeme vyvodit, že materiály s kruhovými průřezy vláken jsou nositeli lepší intenzity odstínu než materiály s nekruhovými průřezy vláken.

2.5 Barvitelnost bavlny

Pokud barvíme bavlnu, vždy je daná barvitelnost ovlivněna jejím původem, jemností, zralostí a předúpravou.

Vliv zralosti bavlny na barvitelnost

Co se týče zralých vláken, jejich celulózová stěna je velmi dobře vyvinuta a dobře se obarvují všemi substantivně táhnoucími barvivy. Polozralá a nezralá vlákna mají sekundární stěnu slabší, proto je barvitelnost o něco snížena. A konečně mrtvá bavlněná vlákna mají sekundární stěnu velmi málo vyvinutou či chybí úplně a vlákno se tedy téměř nebarví. Obsah mrtvých a nezralých vláken je důležitým ukazatelem kvality sorty bavlny. U většiny barviv se krytí mrtvé bavlny neuspokojivé a při barvení kombinacemi barviv se projevují obávané odstínové rozdíly „nopků“. Problémy s nedostatečným obarvováním mrtvých a nezralých vláken v bavlně lze značně potlačit mercerací nebo louhováním. [7][10]



Obrázek 4: Zralost bavlněného vlákna [2]

Vliv předúpravy bavlněných přízí a tkanin na barvitelnost

Předúprava bavlny je pro výsledek barvení rozhodující. Cílem této předúpravy je docílení stejnoměrné, vysoké i rychlé savosti materiálu, dobrá bobtnavost vlákna a získání definované bělosti. V případě barvení na tmavé odstíny nemusí předúprava obsahovat bělení, nicméně by měl být výchozí odstín vlákna konstatní.

Odstranění šlichet při předúpravě musí být úplné a stejnoměrné, neboť právě ty největší problémy s egálností vybarvení jsou často způsobovány nedostatečně odstraněnými škrobovými šlichtami. Problémy tkví v tom, že škrob působí jako mechanická bariéra při prostupu barviva do vlákna. V případě barvení reaktivními barvivy škrob působí komplikace tím, že reaktivní barviva reagují přednostně s –OH skupinami škrobu. Reaktivní barvivo vázané na molekulu škrobu se odstraní z vlákna po barvení – tedy zhoršuje se výtěžnost barviv i egálnost a probarvenost. [7]

Vliv mercerace na barvitelnost

Díky merceraci se za určitého napětí změně úplně krystalografická i morfologická struktura bavlněné celulózy a kromě toho se průřez bavlněného vlákna změně z ledvinovitého téměř na kruhový. Pevnost vláken se zvyšuje a to jak za sucha, tak za mokra. Co se týče barvení, zvyšuje se jeho rychlost, docíljuje se vyššího vytažení lázně. Mercerace v podstatě pomůže hlavně se zrychlením kinetiky barvení. Mezi další klady této operace je, že díky ní se zlepšuje zabarvování nezralých a mrtvých vláken a vlákna díky tomu nabývají lesku. [7][9]

Čím více byla při merceraci bavlna napínána, tím se následně pomaleji barví. Mercerovaná bavlna má vyšší procento amorfního podílu, a tím výrazně větší vnitřní sorpční povrch než bavlna klasická. [7]

2.6 Barvitelnost vláken z regenerované celulózy

V této práci máme obsažený taktéž jeden vzorek viskózy. Nevýhodou viskózových vláken je nízký polymerační stupeň. Důsledkem toho je nízká krystalinita, značně nižší pevnost za mokra, vysoký stupeň bobtnání a rychlejší degradace chemickými činidly než u bavlny. Bobtnání v alkalických lázních vede k tak velkým objemovým změnám vláken, že může docházet k zneprůchodnění lázně slisovaným blokem viskózových vláken. S tím je potřeba při barvení počítat. Od barvení bavlny se jinak téměř neliší. Obecně je nutno alkalitu lázní při barvení viskózových vláken minimalizovat. [7][9]

Viskóza má radiálně diferencovanou strukturu. Na povrchu je tenká povrchová vrstva tzv. skin, která má tloušťku kolem 2 μm , je silně orientovaná, s malým počtem úzkých pórů ve velikosti 5 – 25 nm na rozdíl od vnitřních vrstev, které jsou značně méně orientované, s velikostí pórů až 150 nm. Tento tzv. skin efekt představuje zpomalení sorpce barviv do vláken z lázní o nezvýšených až středních teplotách. Teprve nad 70°C u těchto vláken 2. generace tento problém mizí. [7]

2.7 Barvitelnost lyocellových vláken

Lyocellová vlákna jsou radiálně téměř homogenní (průměr pórů je zde 5 – 10 nm), jsou silně krystalinická, a na rozdíl od viskózových vláken je zde amorfni, tak i krystalinický podíl vláken vysoce orientovaný.

Charakteristické je u lyocellu velmi výrazná tendence k fibrilaci povrchu za mokra, což je někdy využíváno pro speciální omakový efekt. Při barvení je však nutno zabránit nežádoucí fibrilaci uplatněním technologií, které mechanicky nenamáhají povrch vláken, jako se tomu stává např. u barvením tzv. klocovacím postupem.

Relativně vysoký podíl polymeračního stupně a vysoká krystalinita se projevují relativně vysokými pevnostmi i za mokra a trochu nižší hydrofilii, která však pro uspokojivé užité vlastnosti dostačuje.

Vlivem různých přísad do zvlákňovací lázně se vlastnosti a barvitelnost různých variant lyocellových vláken mírně mění, vcelku jsou však tyto vlákna ohledně barvení velmi podobná nemercerované bavlně, dochází jen k menším odchýlkám u jednotlivých barviv. [7]

3. Reaktivní barviva

V roce 1955 vyvinuli Rattee a Stephen, pracující pro ICI v Anglii, postup pro barvení bavlny barvami reagujícími s vlákny obsahujícími dichlorotriazinové skupiny. Zjistili, že barvení bavlny těmito barvivy za mírných alkalických podmínek vedlo k tomu, že reakční atom chloru na triazinovém kruhu byl nahrazen atomem kyslíku z hydroxylové skupiny celulózy. Úlohou alkálie je způsobit kyselou disociaci některých hydroxylových skupin v celulóze a celulózový iont (Cell-O⁻), který reaguje s barvivem.

[10]

Reaktivní barviva pro barvení celulózy:

Ostaziny V jsou vinylsulfonová reaktivní barviva se střední reaktivitou. Jsou vhodná pro barvení celulózových substrátů vytahovacími i klocovacími postupy. Vyznačují se dobrou reprodukovatelností a technologickou spolehlivostí.

[6]

Sortiment barviv pro textilní aplikace:

OSTAZINOVÁ ŽLUŤ V-FG	Reactive Yellow 42	
OSTAZINOVÁ ŽLUŤ V-GR	Reactive Yellow 15	
OSTAZINOVÁ ORANŽ V-3G	Reactive Orange 72	
OSTAZINOVÁ ORANŽ V-3R	Reactive Orange 16	
OSTAZINOVÁ ČERVENĚ V-5B 110	Reactive Red 35	
OSTAZINOVÁ ČERVENĚ V-RB	Reactive Red 198	
OSTAZINOVÁ MODŘ V-R	Reactive Blue 19	
OSTAZINOVÝ TYRKYS V-G	Reactive Blue 21	
OSTAZINOVÁ ČERŇ V-B	Reactive Black 5	

Obrázek 5: Sortiment reaktivních Ostazinových barviv [6]

Pro tuto práci byly vybrány právě tyto Ostazinová barviva a konkrétně Ostazinová oranž V3-R. Pojmenování reaktivní barvivo se odvozuje od skutečnosti, že barvivo chemicky reaguje se substrátem (vlákem) a mezi chromoforem a substrátem se utvoří kovalentní vazba. Jelikož kovalentní vazba je velmi pevná (energie potřebná k jejímu rozštěpení činí 215 - 300 kJ.mol⁻¹) tak v porovnání s ostatními typy barviv (např. vodíková vazba má energie 21 - 30 kJ.mol⁻¹) jsou vybarvení reaktivními barvivy velmi stálá v praní a otěru.

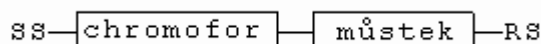
[8]

Historie:

První reaktivní barviva byla uvedena na trh firmou ICI (Velká Británie) v roce 1956 a to jako reaktivní barviva určená na vlnu. Později se reaktivní barviva na vlnu víceméně přestala vyrábět a začala se vyrábět reaktivní barviva na celulózu, kde postupně začala dominovat a dnes představují hlavní třídu barviv na celulózu.

Reaktivní azobarviva se vyznačují vysokými mokřými stálostmi, vysokou výťažností barviva z lázně, který samozřejmě závisí na typu barviva, vysokou brilantností, v porovnání s kypovými barvivy nižší cenou a jednoduchou aplikací. [6]

Reaktivní barvivo má obecně konstituci zobrazenou na obrázku 7.



Obrázek 6: Obecná struktura reaktivního barviva [6]

V obrázku 7 SS značí solubilizační skupinu (obvykle SO_3H), která způsobí, že barvivo je rozpustné ve vodě. RS značí reaktivní skupinu, která reaguje s vláknem. Chromofor je nositel barevnosti, čili konjugovaný systém elektronů. Chemický můstek je v molekule reaktivního barviva proto, aby oddělil reaktivní skupinu od chromoforu, a tím pádem aby chromofor a reaktivní skupina netvořili jeden konjugovaný systém. Je to proto, aby reakcí s vláknem nedocházelo ke změnám barevnosti. [8][10]

Nevýhody:

S aplikací reaktivních barviv jsou spojeny tři základní problémy, které jsou v podstatě stejné pro všechny druhy reaktivních barviv, včetně barviv na celulózu a vlákna. Prvním problémem je afinita barviva k vláknem, která nesmí být ani příliš malá ani příliš velká. Malá afinita barviva k vzorku by způsobila, že hydrolyza reaktivní skupiny by byla preferována oproti fixační reakci. Naopak vysoká afinita by jednak způsobila, že barvivo by bylo fixováno nejvíce na povrchu vlákna, a že zhydrolyzované barvivo by díky své vysoké afinitě k vláknem nešlo na konci barvicího procesu vyprat. To by způsobilo nízké stálosti v praní. Zhydrolyzovaným barvivem je v tomto případě barvivo, které má na sobě navázán kyslík, a nadále již nedokáže s daným substrátem reagovat, jelikož procesem navázání barviva na $-OH$ skupiny v dané vodní lázni celá reakce barviva se substrátem končí. [6]

Druhým problémem je stupeň fixace barviva. Požadavek na současná barviva je ten, aby stupeň fixace byl přes 90%. Zbývajících 10% je barvivo buď zhydrolyzované či nezreagované.

Třetím a posledním problémem je stabilita vazby barvivo - vzorek.

Je-li substrátem celulóza, musí tato kovalentní vazba být pevná v silně alkalickém prostředí za vyšších teplot. [8]

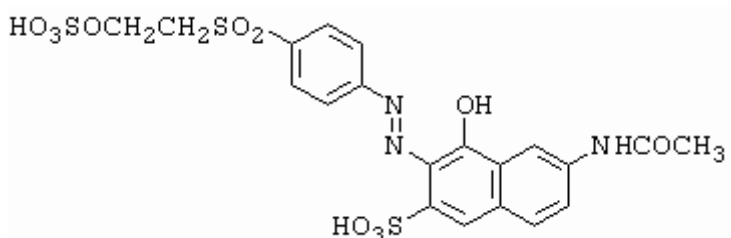
3.1 Ostazinová oranž V3-R

Ostazinová oranž je reaktivním barvivem, které bylo v této práci použito na procesy barvení celulóзовých materiálů. Hodnota λ tohoto barviva je udána 495, což při měření na spektrofotometru budeme udávat jako vrchol. Molární hmotnost tohoto barviva je 617, 53708 g.mol⁻¹. [6]



Obrázek 7: Vybarvení Ostazinovou oranž V3-R na mercerovaném popelínu [6]

Řetězec



Obrázek 8: Řetězec Ostazinové oranž V3-R, [6]

Charakteristika

Tabulka 3: Charakteristika Ostazinové oranž V3-R [6]

C. I.	Reactive Orange
C. I. No.	17757
CAS No.	20262-58-2
Chemická třída	Reaktivní azobarvivo

Vlastnosti

Tabulka 4: Vlastnosti Ostazinové oranž V3-R [6]

Rozpustnost (g/l při 25°C)	70
Barvení směsí PES/bavlna (dvouláznové barvení)	vhodné
Barvicí způsob Pad-Batch	vhodný
Egalizační schopnost	dobrá až velmi dobrá
Vypratelnost	dobrá

3.2 Barvení celulózových vláken reaktivními barvivy

Poměrně jednoduchý postup pro barvení celulózových materiálů reaktivními barvivy, který vyvinuli Rattee a Stephen, se stále používá hojně po světě. Výrobci barviv přinášejí stále nová reaktivní barviva s přizpůsobenými, resp. zlepšenými vlastnostmi pro barvení (taktéž tisk) celulózových vláken.

Hlavním trendem vývoje je zvýšená fixovatelnost a možnost snížit dávky NaCl při barvení, např. reaktivní barviva Low-salt.

Nejrozšířenější způsoby láznového barvení reaktivními barvivy jsou založeny na substantivním vytažení těchto barviv na materiál, ale bez přísady alkálie. Teprve potom se lázeň alkalizuje buď jednorázově či několikrát za sebou dalšími přísadami alkálie. Přidáním alkálie vzniká kovalentní vazba s vláknem (tzv. alkalizace). Důvod, proč je alkálii nutno přidat, je ten, abychom dosáhli egálního vytažení co největšího množství reaktivního barviva na vlákno a jeho následnou fixaci. Je nutno uskutečnit stejnoměrné natažení barviva během „substantivní“ fáze barvení, jelikož v průběhu dané alkalizace není jakékoliv vyrovnání případných nestejnóměrností možné. [8][10]

Afinita běžných reaktivních barviv k celulózovým vláknům je o něco menší než u přímých barviv. To se projevuje tak, že efektivní přísada neutrálního elektrolytu (což je v tomto případě NaCl, ale může být též Na_2SO_4) je téměř o jeden řád vyšší než u přímých barviv.

V odpadních vodách se vyskytují vysoké dávky solí a alkálií, proto jsou reaktivní barviva aplikovaná láznovým způsobem podnětem k ekologickým námitkám.

Co se týče teploty substantivního přebarvení, předpisy barvíren většinou pracují s nižšími teplotami, a pak se lázeň zahřívá na teplotu optimální pro alkalickou fixaci. Důvod je ten, že při nižších teplotách je počáteční sorpce pomalejší, což je výhodné pro egalizaci.

Při některých postupech se naopak objevuje i uplatnění principu co nejvyšší teploty ke konci substantivní fáze barvení. Zvýšením teploty docílíme rychlejšího migračního vyrovnání počátečních neegalit.

Na substantivní fázi barvení následně navazuje alkalizace lázně, který vyvolá chemickou reakci reaktivních barviv s celulózou (fixaci). Při tom jsou uplatňovány tyto zkušenosti:

- a. Teplota alkalizované lázně vyplývá z reaktivity použitého barviva. Při použití silnější alkálie se daná teplota může snížit. [8]

- b. Délka fixace se pohybuje v rozmezí 40 – 100 minut, někdy i více dle potřeby sytosti odstínu.
- c. Alkálie, která musí být předem rozpuštěná a rozředěná se může přidat k lázni jednorázově, či se rozdělí do dvou, případně více dávek přidávaných pravidelně po 10 – 20 minutách. Poté v plně alkalizované lázni fixace pokračuje dalších 30 – 60 minut.
- d. Některé technologie využívají kombinaci alkálií tak, že nejprve se přidá slabší alkálie (např. NaHCO_3) a po 15 – 30 minutách silnější alkálie (např. Na_2CO_3). [8]

U mnoho reaktivních barviv lze toto lážňové barvení realizovat velmi jednoduchým způsobem, kterému se říká ALL-IN. V tomto případě se přidávají všechny přísady včetně alkálie najednou do lázně od samého počátku barvení. Je ovšem nutno zdůraznit, že použitá alkálie musí být velmi přesně zvolena a vyzkoušena s ohledem na reaktivitu konkrétního barviva a na použitý časově teplotní režim barvení.

Byly vybrány 3 schémata režimů jednotlivých podskupin reaktivních barviv. Jsou znázorněny níže v pořadí od nejreaktivnějších (nízká teplota alkalické fixace) k těm méně reaktivním (teplota fixace 70 – 90 °C).

- 1) Dichlortriazinová reaktivní barviva, která v podstatě reagují za studena. Říká se jim tzv. „S-barviva“, v tuzemsku se setkáme s Ostazinem S. Postupuje se tak, že se nejprve smáčí vybrané barvivo, po 10 minutách se přidá NaCl a následně po 20 minutách se přidává alkálie Na_2CO_3 . Celý proces se provádí za teploty 30-40 °C. Po přidání alkálie do lázně dochází k fixaci zhruba po dobu 30 minut a poté se vzorek vypere.
- 2) ALL-IN, které se využívají k barvení na aparátech. Tato varianta spočívá v tom, že barvivo, NaCl a taktéž alkálie se přidá do lázně najednou a po dobu 60 minut za teploty 25 °C dochází k fixaci. Poté následuje praní. Tato metoda postupu byla realizovaná právě v této práci.
- 3) Další skupinou jsou Vinylsulfonová reaktivní barviva a v tuzemsku konkrétně Ostazin V. Za běžné pokojové teploty smáčíme substrát, po 10 minutách přidáváme NaCl a po dalších deseti přidáváme sodu. Poté daný materiál zahříváme na teplotu 40 – 60 °C po dobu 60 minut a následně pereme. [10][11]

Reaktivními barvivy by se teoreticky měla získat vybarvení s mokrymi stálostmi o stupni 5, jelikož kovalentní vazba je v běžných uživatelských lázních nerozložitelná. V praxi se reálné technologie však tomuto ideálu jen částečně přibližují. Stálosti jsou totiž závažně zhoršovány ulpělým hydrolyzovaným reaktivním barvivem, které je udržováno na vlákně slabými fyzikálními silami. [10]

Afinita hydrolyzovaného reaktivního barviva k celulóze je asi poloviční než u přímých barviv. Odstranění hydrolyzátu reaktivního barviva je ovšem zdoluhavý proces, jelikož substantivita velmi zpomaluje vypírání tohoto nežádoucího podílu reaktivního barviva z vláken.

Technologicky závěrečné zpracování zahrnuje tyto dílčí na sebe navazující operace:

- Za potřebí je důkladné oplachování studenou vodou, které má za cíl odstranit velké množství přísad, zejména soli, které by zpomalovaly vypírání hydrolyzovaného reaktivního barviva a alkálie.
- Následně je za potřebí substrát vyprat teplou vodou, která má zhruba 70 – 80 °C.
- Mydlení za varu je nejvíce rozhodující součástí závěrečného zpracování. Je vcelku výhodné ho několikrát zopakovat.
- Neustálé oplachování teplou a studenou vodou. [8]

Reaktivní barviva se neustále vyvíjí, objevují se barviva nová, rychleji reagující s vlákny a jejichž hydrolyzáty se lépe vypírají. Další vylepšení spočívá ve zvýšení absorpčního koeficientu reaktivních barviv. Sytosti daného odstínu by se dosáhlo při nižších dávkách barviva a tím by se snížil i podíl zhydrolyzovaného reaktivního barviva. [11]

Experimentální část

Jak bylo řečeno již v úvodu, obsahem této práce je barvení čtyř různých celulózových vzorků reaktivním barvivem v pěti cyklech. Pro tento proces bylo vybráno reaktivní barvivo Ostazinová oranž V3-R od firmy Syntesia a.s..

Mezi testovanými vzorky je viskóza, lyocell, a dva různé typy bavlny. Účel tohoto výběru je ten, že podstatou hodnocení vybarvení u jednotlivých materiálů bude odlišnost z hlediska struktury vláken jednotlivých materiálů.

Kromě toho budeme také hodnotit změnu dostavy před a po barvicím procesu, remisní hodnoty nabarvených vzorků, koncentraci barviva ve zbylé lázni a jako stálostní zkoušky budeme realizovat stálostmi daných materiálů v alkalickém potu. Obsahem této experimentální části bude přímo popis samotného barvení, popis vzorků před a po barvení, analytika zbylých lázní a celkové zhodnocení daného experimentu.

4. Popis barvicího procesu

Co se týče samotného barvicího procesu, začali jsme tím, že jsme si nejprve zajistili od každého druhu materiálu 5 g vzorku (tedy dohromady 20 g vzorků), který nyní slouží jako výsledný produkt tohoto celého barvicího procesu. Ke každému materiálu jsme přidali dalších 5 malých vzorků vážících 0,5 g, které slouží jako stupnice barevnosti po jednotlivých cyklech barvení. Těchto 5 malých vzorků jsme v 1. cyklu obarvili společně, a poté s každým dalším cyklem jeden malý vzorek ubírali. Díky tomu můžeme nyní vyhodnotit růst sytosti u jednotlivých druhů materiálů s jednotlivými barvicími cykly.

Po přípravě vzorků bylo zapotřebí si připravit neutrální elektrolyt NaCl, alkálii Na_2CO_3 a samozřejmě také samotné barvivo. Sůl se udává v množství 50 g/l a alkálie 15 g/l. My jsme připravovali 8 lázní po 100 ml, přičemž každý druh materiálu měl jednu lázeň uzpůsobenou pro 1 velký vzorek, a druhou lázeň měl pro 5 malých vzorků. Bylo tedy nutno si tyto hodnoty přepočítat na takový objem, který jsme potřebovali. Pro 800 ml lázeň jsme dávkovali 1 g barviva.

Základní barvicí předpis:

- Metoda ALL IN, 80° (60min)
- 5 % vybarvení
- 1 g Ostazinová oranž V3-R
- 15 g/l Na₂CO₃
- 50 g/l NaCl
- 1:40
- Vzorky – 2,5 g (4x), 0,5g (20x) – 20 g materiálu

Nejdříve jsme si tedy odměřili barvivo, a to jsme poté důkladně rozmíchali s malým množstvím vody.

Následně jsme si odměřili NaCl a před přidáním soli do lázně s barvivem jsme nejprve důkladně promíchali a rozpustili opět ve vedlejší nádobě s vodou. Poté jsme přilili k roztoku s barvivem. Poslední složkou roztoku je alkálie, na jejíž důkladné promíchání a rozpuštění před přidáním do roztoku s barvivem je kladen velký důraz, jinak nemusí dojít ke stejnoměrnému obarvení substrátu. Tudíž jsme opakovali stejný postup jako se solí – řádně jsme alkálii s vodou promíchali a až po jejím dokonalém rozpuštění jsme přidali do roztoku s barvivem a solí. Tento roztok jsme doplnili vodou do 800 ml a následně rozdělili do 8 speciálních tlakových patron po 100 ml. V první patroně byl 1 velký vzorek, v druhé patroně bylo 5 malých vzorků, tím pádem každému druhu materiálu náležely 2 patrony. Tyto patrony jsme poté vložili do přístroje AHIBA, což je rotační aparát, který tyto patrony zahřál na 80 °C a po dobu 60 minut, 60 otáčkami za minutu jsme tyto vzorky nechali fixovat.

Po 60 minutách fixování byly patrony vytaženy a následovalo praní. Všechny vzorky jsme prali ve čtyřech pracích lázních, dokud prací voda nebyla čirá. Tyto lázně (ze všech pěti cyklů barvení) jsme si ponechali pro pozdější testování množství zbylého barviva, které v nich zůstalo.

Celý tento proces jsme opakovali dohromady 5x, přičemž jak už bylo řečeno výše, jediné, co se změnilo, bylo to, že jsme ubírali s každým dalším cyklem jeden malý půlgramový vzorek materiálu.

Již po prvním barvení bylo na první pohled rozpoznat, že jednotlivé vzorky reagují na barvivo naprosto odlišně. U vzorku viskózy došlo k výraznému roztřepení, ale naopak k sytému a líbivému vybarvení naopak u vzorků bavln je vybarvení mírně světlejší, ale struktura textilie zachována. Taktéž u lyocellového vzorku dopadlo barvení velice dobře a materiál zůstal nepoškozen.

Postupem barvení se sytost barviva na vlákně samozřejmě zvětšovala.

5. Popis vzorků

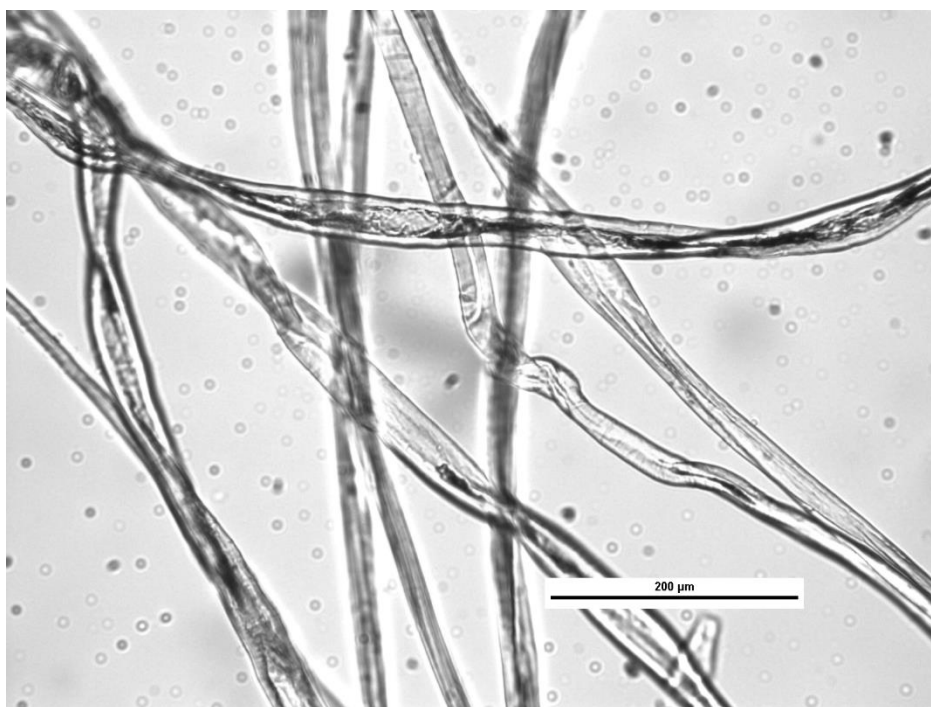
Materiály obsažené v této práci nejsou směšové, ale jednokomponentní. Jedná se tedy o dva vzorky 100% bavlny, o vzorek 100% lyocellu a 100% viskózy.

Popis vzorků před barvením

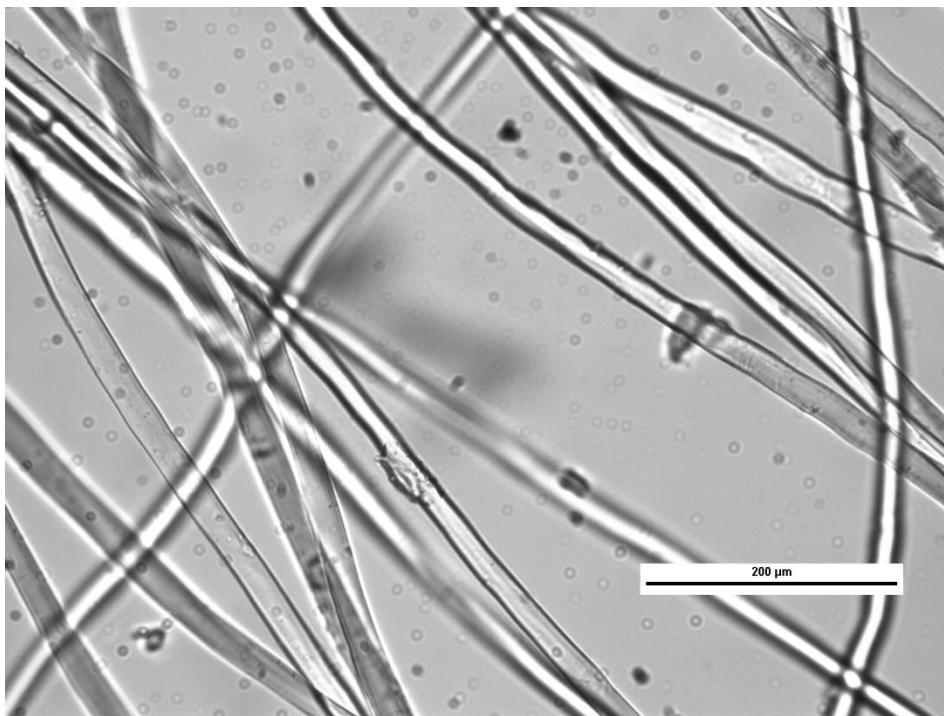
Tabulka 5: Popis dostav materiálů před barvicím procesem

Vzorek	Materiál	Vazba	Do	Dú
1	100% BA 1	plátno	24 nití / 1 cm	24 nití / 1 cm
2	100% LYOC	plátno	30 nití / 1 cm	30 nití / 1 cm
3	100% BA 2	plátno	28 nití / 1 cm	28 nití / 1 cm
4	100% VS	plátno	22 nití / 1 cm	22 nití / 1 cm

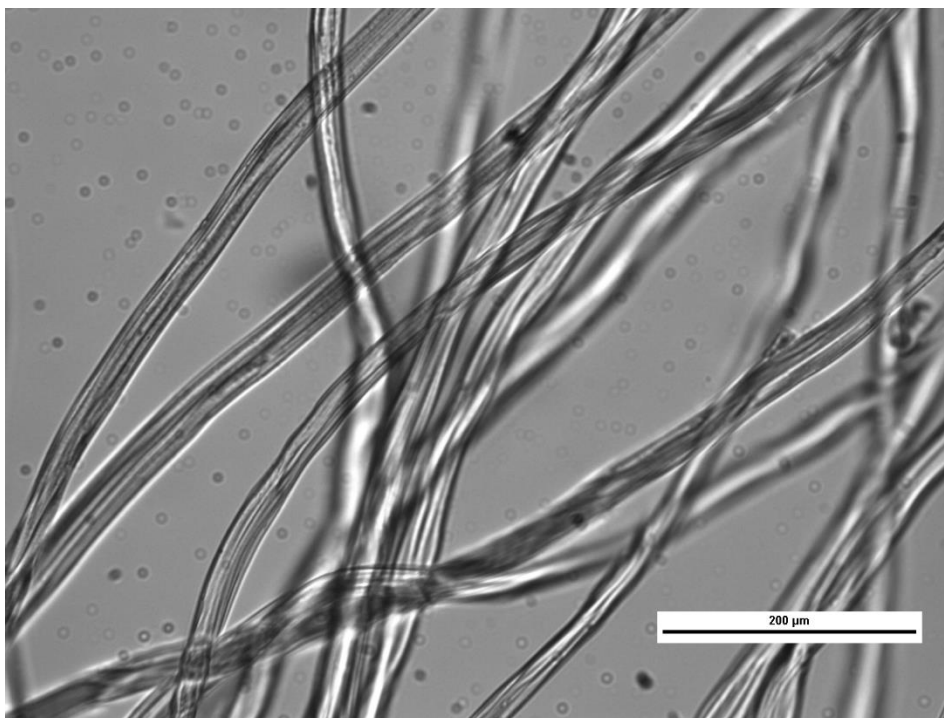
Pomocí mikroskopu byly vyfoceny snímky vláken obsažených v jednotlivých materiálech. Na snímcích je k zahlédnutí typická materiální struktura každého z daných vzorků.



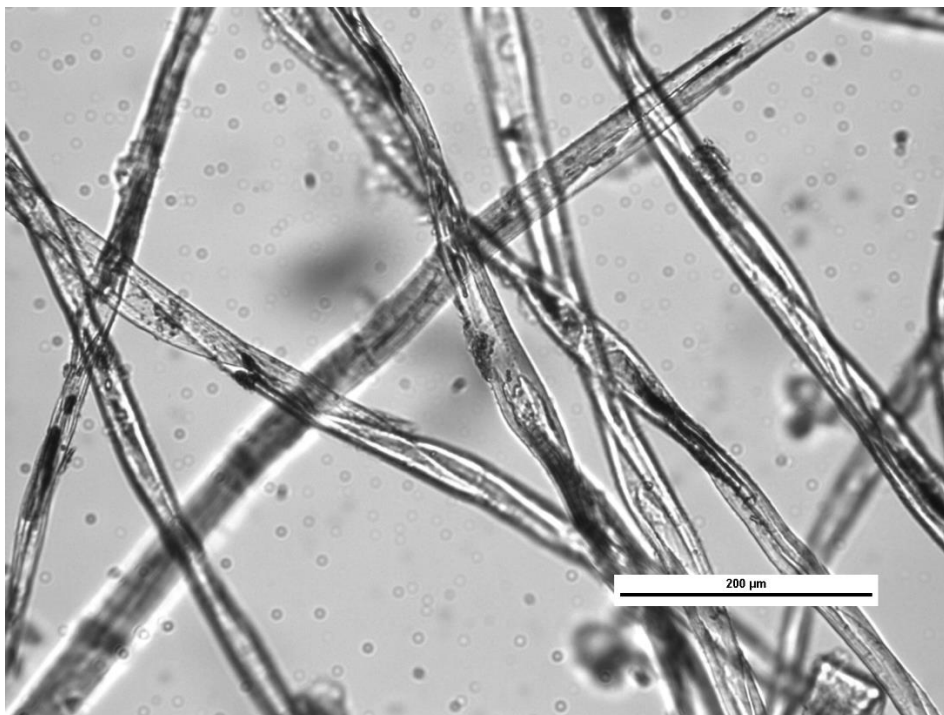
Obrázek 9: Bavlna 1, snímek z mikroskopu



Obrázek 10: Lyocell, snímek z mikroskopu



Obrázek 11: Viskóza, snímek z mikroskopu



Obrázek 12: Bavlna 2, snímek z mikroskopu

Následně jsme opět pomocí mikroskopu a nafocených snímků naměřili 50 hodnot průměru jednotlivých vláken osnovních a útkových nití u každého materiálu (viz příloha 1-8). Hodnoty v tabulkách jsou udány v µm. Z těchto hodnot byl následně vypočítán průměr, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti průměru vlákna u jednotlivých materiálů.

BAVLNA 1

OSNOVA: průměr = 18,261; směrodatná odchylka = 3,250

IS 95%: (17,029; 19,493)

ÚTEK: průměr = 18,023143 směrodatná odchylka = 3,160

IS 95%: (16,825; 19,221)

BAVLNA 2

OSNOVA: průměr = 18,238; směrodatná odchylka = 3,061

IS 95%: (17,078; 19,398)

ÚTEK: průměr = 18,285; směrodatná odchylka = 3,190

IS 95%: (17,0757; 19,494)

VISKÓZA

OSNOVA: průměr = 16,801; směrodatná odchylka = 2,797

IS 95%: (15,741; 17,861)

ÚTEK: průměr = 16,437; směrodatná odchylka = 2,828

IS 95%: (15,365; 17,509)

LYOCELL

OSNOVA: průměr = 10,54; směrodatná odchylka = 1,91

IS 95%: (9,816; 11,264)

ÚTEK: průměr = 11,074; směrodatná odchylka = 1,855

IS 95%: (10,371; 11,777)

Z těchto hodnot byli posléze vypočítány jemnosti vláken daných materiálů, které jsou uvedené v tabulce níže.

Tabulka 6: Vypočítané hodnoty jemností vláken

	BA 1	BA 2	VS	LYOC
osnova	3,928 dtex	3,919 dtex	3,310 dtex	1,309 dtex
útek	3,827 dtex	3,939 dtex	3,183 dtex	1,445 dtex

Popis vzorků po barvení

Zhodnocení změn dostav osnovy a útku před a po barvení na jednotlivých materiálech:

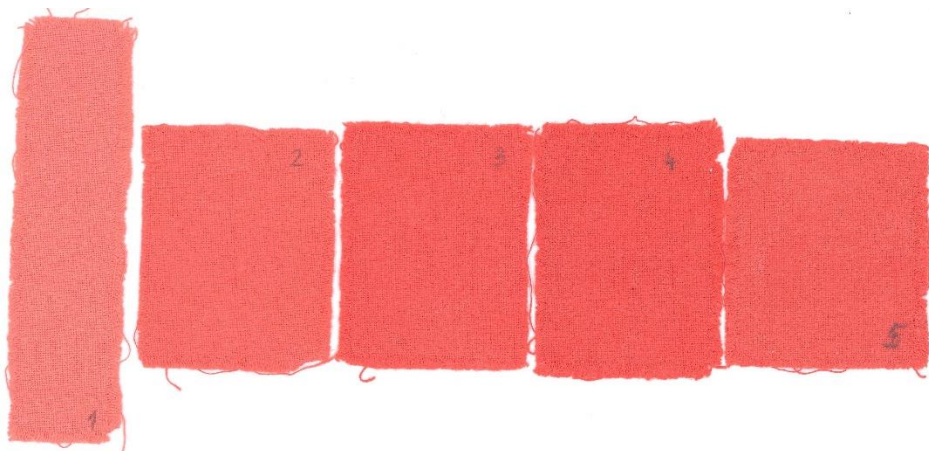
Počty nití v tabulce jsou udávány na 1 cm.

Tabulka 7: Popis změn dostav u jednotlivých vzorků

	BA 1		BA 2		VS		LYOC	
	před	po	před	po	před	po	před	po
Do	24	24	28	28	22	28	30	30
Dů	24	24	28	28	22	28	30	30

Jak můžeme vyčíst z těchto dat v tabulce, ke změně dostavy došlo pouze u vzorku viskózy, kde se změnila jak dostava osnovy, z 22 nití/cm na 28 nití/cm tak stejně i dostava útku.

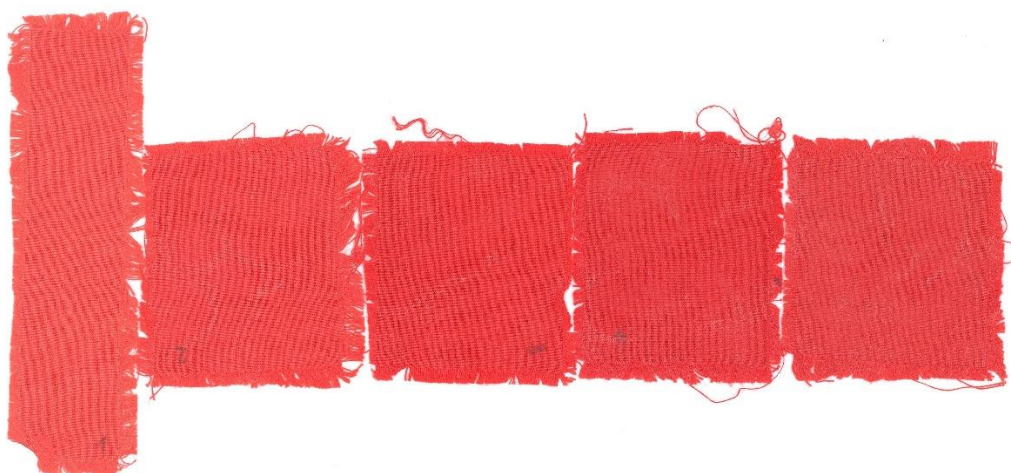
Zhodnocení vybarvení vzorků mezi jednotlivými cykly



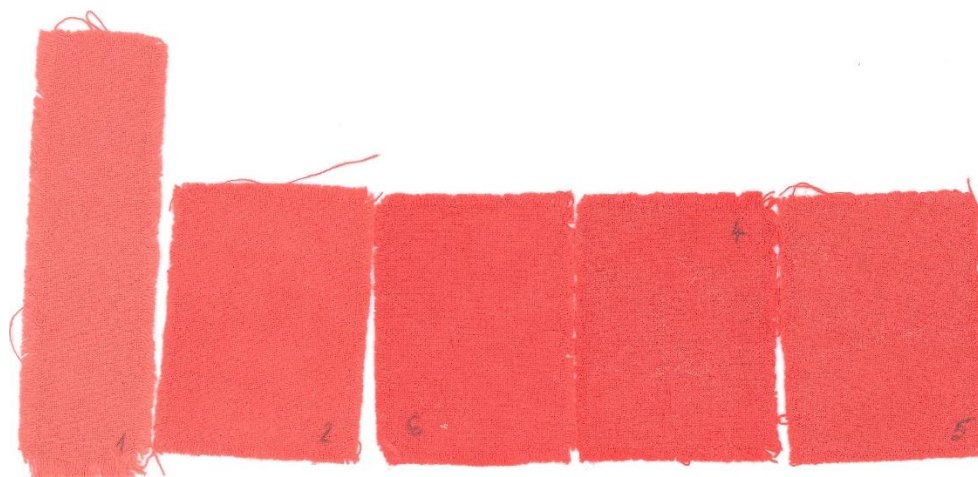
Obrázek 13: Bavlina 1 - proces 5 cyklů barvení



Obrázek 14: Viskóza - proces 5 cyklů barvení



Obrázek 15: Lyocell - proces 5 cyklů barvení



Obrázek 16: Bavlna 2 - proces 5 cyklů barvení

Jak můžeme vidět na jednotlivých obrázcích, koncentrace barviva na vlákne s každým cyklem rostla zhruba do 3. – 4. cyklu, a u vzorku z posledního cyklu začala klesat. U každého materiálu se s 5. cyklem barvení začal substrát lehce zakalovat. Je to dáno přidáním alkálií, která se začala na jednotlivých vzorkách srážet.

Hodnocení remisí na barvených materiálech

Hodnoty remisí vzorků mezi jednotlivými cykly byly měřeny na přístroji Datacolor Spectraflash SF600+, uspořádání di:8°, SCI (Specular component included, v překladu znamená – včetně zrcadlové složky odrazu).

Vzorek byl osvětlován v integrátoru se zrcadlovou složkou rozptýleným světlem, osa snímacího paprsku byla odkloněna od normály s maximální úchylkou osy sběrného svazku 8° od normály a s maximálním rozptylem + - 5°. Uspořádání 8° se používá v případě, když nechceme, aby osvětlující paprsek dopadal kolmo na substrát, ale dopadal s určitým odklonem zhruba mezi 5° a 10°.

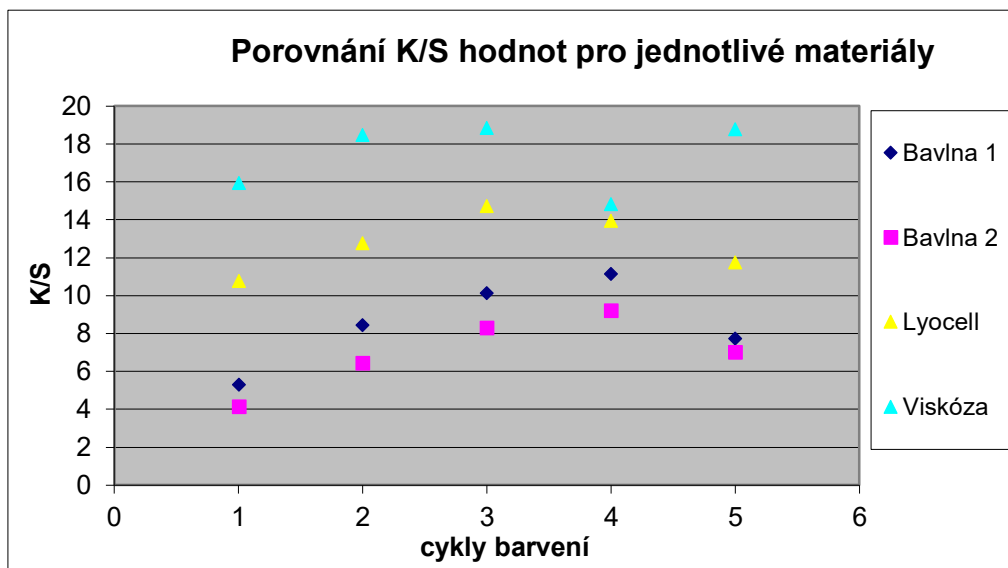
Konstrukce přístroje:

Vnitřní povrch integrátoru je opatřen bílým odrážejícím povlakem s minimální selektivitou odrazu. Integrátor má být rovněž vybaven clonkou zamezující přímý dopad osvětlujících paprsků na měřený vzorek.

Tabulka 8: Vypočítané K/S hodnoty

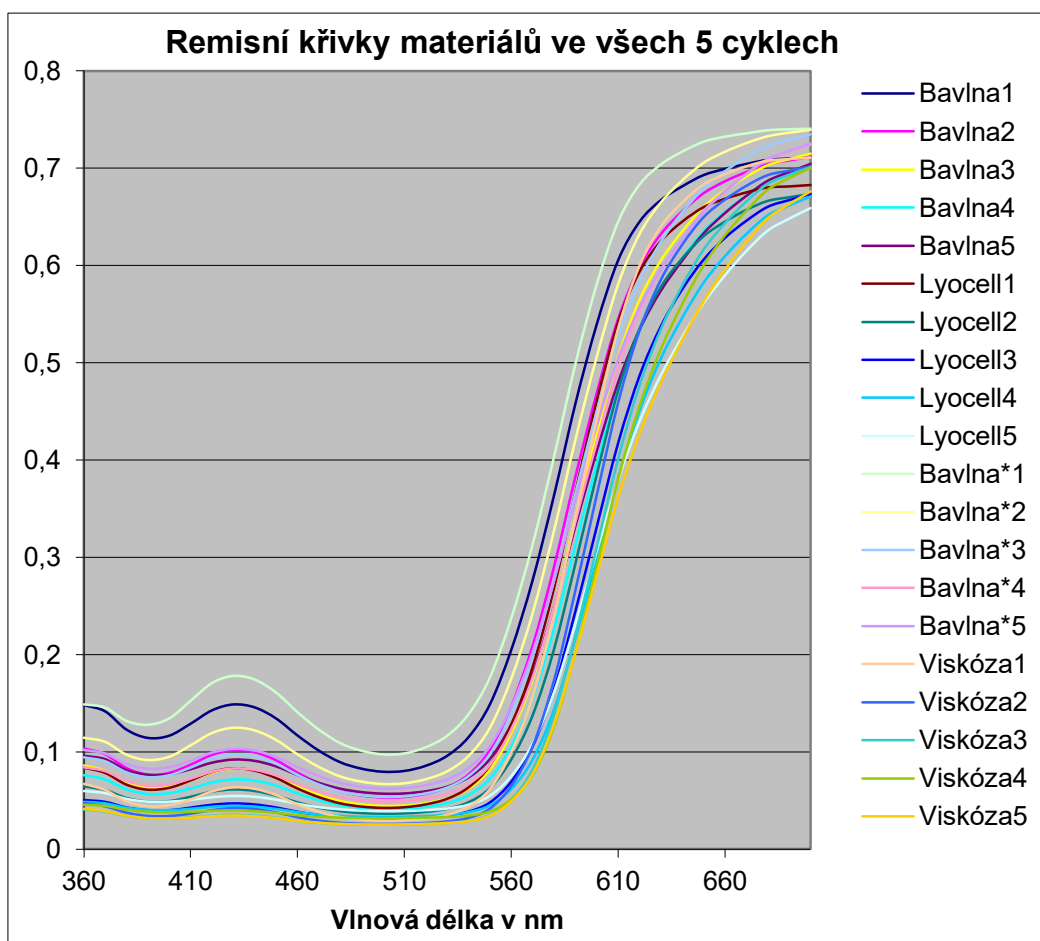
Vypočítané hodnoty K/S získané z naměřených remisí barvených vzorků				
cyklus	BA 1	BA 2	VS	LYOC
1	5,333	4,173	15,952	10,793
2	8,441	6,461	18,467	12,769
3	10,160	8,327	18,864	14,727
4	11,157	9,246	14,822	13,954
5	7,749	7,050	18,776	11,761

V grafu na následující straně již lze vidět tyto hodnoty K/S, které byly vypočítány právě z daných hodnot remisí. Tyto hodnoty máme pro všechny jednotlivé cykly barvení a jednotlivé typy vzorků. Díky tomu, lze vidět průběh růstu koncentrace barviva na jednotlivých materiálech a následný pokles a vypírání barviva, který je viditelný v posledních cyklech barvení, což se týká všech materiálů kromě lyocellu. Tam došlo k poklesu u čtvrtého cyklu barvení a u pátého hodnota K/S opět vzrostla.



Obrázek 17: Graf K/S hodnot pro jednotlivé materiály

Na níže uvedeném grafu lze již vidět samotné remisní křivky barevným vzorků všech 5 cyklů všech 4 materiálech. Osa x znázorňuje vlnovou délku v nm, a osa y znázorňuje relativní intenzitu.



Obrázek 18: Graf remisních křivek

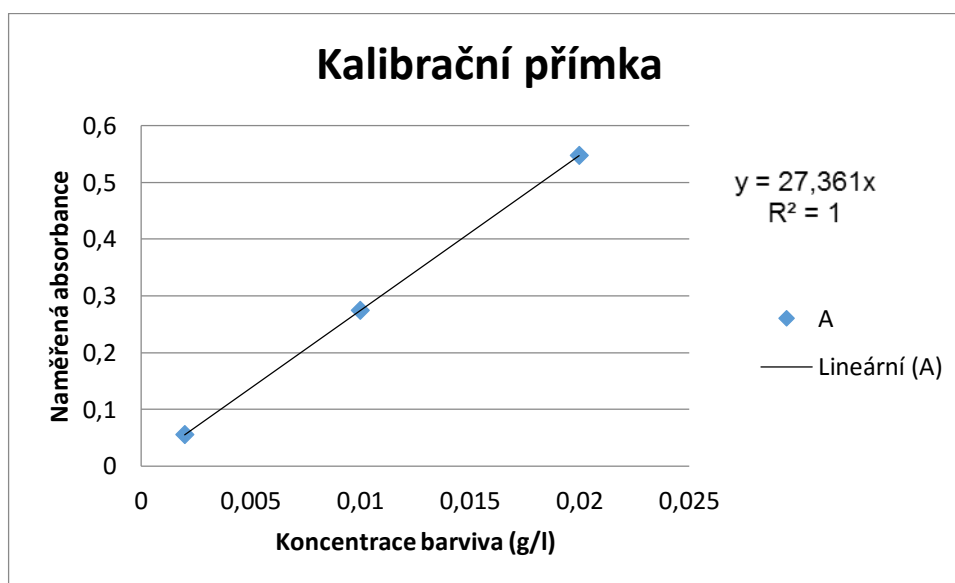
Určení koncentrace barviva na vlákně resp. procenta vytažení

Nejprve bylo zapotřebí realizovat tzv. koncentrační řadu pomocí kalibrační přímky. Kalibrační přímka vychází z absorbancí roztoků určité koncentrační řady. Vybrali jsme si 4 různé koncentrace barvicího roztoku, které jsme si následně změřili pomocí spektrofotometru. Jednalo se o roztoky:

Tabulka 9: Naměřené absorbance k jednotlivým koncentracím barviva

Obsah	Koncentrace barviva (g/l)	Naměřená absorbance
0,1 ml	0,002	0,055
0,5 ml	0,01	0,274
1 ml	0,02	0,547
2 ml	0,04	1,041

Na následujícím obrázku již můžeme vidět graf, který demonstruje onu kalibrační přímku, díky které získáváme absorbační koeficient potřebný pro další výpočty.



Obrázek 19: Kalibrační přímka barvicího roztoku

A teď již k samotnému určení koncentrace barviva na vlákně.

Hodnoty absorbance (A) byli naměřeny pomocí spektrofotometru. Roztok byl zředěn 5x (100 ml roztoku barviva se solí a alkálií + 400 ml pracích lázní) a z tohoto 500 ml roztoku bylo odpipetováno 5 ml a doplněno vodou do 50 ml, tedy 10x. Dohromady máme tedy zředění 50x (5*10).

Pomocí absorbačního koeficientu (v předešlém grafu hodnota $y = 27,361$) jsme vypočetli nejprve koncentraci barviva ve zbylé lázni C_L . Postupovali jsme tak, že hodnotu absorbance A jsme vydělili hodnotou absorbačního koeficientu, a výsledek tohoto poměru vynásobili hodnotou zředění (tedy 50). Poměr koncentraci lázně ke koncentraci původní lázně jsme vyjádřili v % a odečetli od 100, čímž jsme získali hodnotu E – procento vytažení lázně, které v našem případě vycházelo zhruba mezi 40 - 50 % vzhledem k používání metody ALL IN a vzhledem k daným laboratorním podmínkám.

Dále byla spočítána už jen absolutní koncentrace na vlákne a na konci jsou hodnoty ze všech těchto pěti cyklů sumarizované v jedné celkové hodnotě.

1. CYKLUS

Tabulka 10: Hodnoty 1. cyklu barvení

VZOREK	A	Z	C_L (g/l)	C_s (mg/g)
1 - LYOC	0,453	50	0,828	16,704
2	0,458	50	0,837	
3 - BA 1	0,520	50	0,950	11,515
4	0,533	50	0,974	
5 - VS	0,391	50	0,715	20,908
6	0,405	50	0,740	
7- BA 2	0,502	50	0,917	12,903
8	0,513	50	0,937	

2. CYKLUS

Tabulka 11: Hodnoty 2. cyklu barvení

VZOREK	A	Z	C _L (g/l)	C _s (mg/g)
1 - LYOC	0,392	50	0,716	21,346
2 - BA 1	0,449	50	0,821	17,180
3 - VS	0,428	50	0,782	18,715
4 - BA 2	0,587	50	1,073	7,092

3. CYKLUS

Tabulka 12: Hodnoty 3. cyklu barvení

VZOREK	A	Z	C _L (g/l)	C _s (mg/g)
1 - LYOC	0,434	50	0,793	18,276
2 - BA 1	0,62	50	1,133	4,680
3 - VS	0,567	50	1,036	8,554
4 - BA 2	0,68	50	1,243	0,294

4. CYKLUS

Tabulka 13: Hodnoty 4. cyklu barvení

VZOREK	A	Z	C _L (g/l)	C _s (mg/g)
1 - LYOC	0,471	50	0,861	15,571
2 - BA 1	0,6	50	1,096	6,142
3 - VS	0,544	50	0,994	10,235
4 - BA 2	0,662	50	1,210	1,610

5. CYKLUS

Tabulka 14: Hodnoty 5. cyklu barvení

VZOREK	A	Z	C _L (g/l)	C _S (mg/g)
1 - LYOC	0,602	50	1,100	5,996
2 - BA 1	0,68	50	1,243	0,294
3 - VS	0,668	50	1,221	1,171
4 - BA 2	0,649	50	1,186	2,560

Suma koncentrací na substrátu (mg/g):

Tabulka 15: Suma koncentrací barviva na jednotlivých materiálech

	1	2	3	4	5
Lyocell	16,704	38,051	56,327	71,898	77,894
Bavlna 1	11,515	28,694	33,374	39,516	39,810
Viskóza	20,908	39,622	48,176	58,412	58,412
Bavlna 2	12,903	19,996	20,290	21,900	24,460

Z tabulky lze poté lehce vyhodnotit, že největší koncentraci barviva na substrátu má vzorek lyocellu, následně hned po něm má druhou největší koncentraci viskóza a dvě nejmenší hodnoty koncentrací barviva má bavlna 1 a 2.

Hodnocení stálosti v alkalickém potu

Název normy: METODA ZKOUŠENÍ STÁLOBAREVNOSTI V POTU

Číslo normy: ČSN EN ISO 105-E04 (80 0165) – alkalický pufr

Metoda je založena na zjišťování změny odstínu vzorku a zapouštění doprovodných tkanin ve stupních šedé stupnice při působení alkalických či kyselých roztoků, obsahujících histidin a imitujících lidský pot.

Postup: Z malých vzorků o hmotnosti 0,5 g, které jsme barvili, jsme si vzali vždy jeden po prvním barvicím cyklu a druhý po pátém barvicím cyklu (pro pozdější srovnání) a každý z nich jsme smočili v roztoku simulujícím alkalický pot. Dané vzorky jsme poté ručně vyždímali a odložili na předem připravené sklíčko se surovou bílou tkaninou. Toto jsme opakovali u každého materiálu, tedy 4x. Poté jsme sklíčka jednotlivě poskládali na sebe a vložili mezi dvě destičky zkušebního zařízení, který zajistil tlak 12,5 kPa. Toto zkušební zařízení se vzorky jsme poté nechali sušit po dobu 4 hodin při cca 37 °C.

Hodnocení: Hodnotili jsme změnu odstínu u každého materiálu po realizaci této zkoušky a také zapuštění všech doprovodných tkanin, a to u malého vzorku po prvním barvicím cyklu a u vzorku po pátém barvicím cyklu ve stupních šedých stupnic.

Vyhodnocení: Co se týče hodnocení zapuštění vzorků na surovou bílou tkaninu, u bavlny 2 a lyocellu se neprokázalo žádné zapouštění, kdežto u bavlny 1 se u vzorku po 1. cyklu barvení prokázalo lehké zapuštění, konkrétně číslo 4 na šedé stupnici.

U vzorku po 5. cyklu barvení bylo zapuštění do surové tkaniny razantnější, tudíž jsme dostali stupeň 3. A konečně u posledního materiálu, viskózy, se na vzorku po 1. cyklu barvení neprokázalo žádné zapuštění, a u vzorku po 5. cyklu barvení jen lehké, číslo 4 na šedé stupnici.

Ohledně změn odstínu u vzorků, které byli smočeny v alkalickém pufru vzhledem k původním vzorkům zde nebyla prokázána žádná změna.

Tabulka 16: Hodnocení stálosti materiálů v alkalickém potu – zapouštění do doprovodné tkaniny

	BA 1	LYOC	BA 2	VS
Vzorek po 1. cyklu barvení	4	5	5	5
Vzorek po 5. cyklu barvení	3	5	5	4

6. Výsledky a diskuse

V souvislosti s cyklickým barvením byly v práci sledovány změny barveného materiálu – dostava a stálosti v alkalickém potu. Změny v dostavě se projevily jen u viskozového materiálu, přičemž u viskózy je známá nízká stabilita v alkáliích. Barvicí lázeň je alkalická a je tedy pravděpodobné, že dochází k bobtnání během barvicího procesu a následným strukturním změnám.

Při zjišťování stálosti v alkalickém potu nedošlo ke změně odstínu obarvených materiálů, ale z hlediska zapouštění dochází u násobně barvených vzorků k mírnému zhoršení.

Zajímavé je sledování K/S hodnot obarvených vzorků. Ve všech případech dochází k jejich nárůstu až do 4. cyklu. Nárůst tmavosti je patrný i subjektivně.

Nejvyšší K/S hodnoty vykazují viskózové vzorky, což odpovídá představě o nejlepší barvitelnosti viskózových vláken. Platí to tedy i v případě násobného cyklického barvení.

Srovnáme-li sytost vybarvení s hodnotami koncentrace barviva fixovaného na vlákne, zjistíme, že nejvíce barviva je fixováno na lyocellu, a to i přesto, že se tento materiál zdá na pohled světlejší než viskóza. Tento jev je dán tím, že lyocellová vlákna mají z testovaných vláken nejnížší jemnost.

7. Závěr

Cílem této práce bylo porovnání jednotlivých materiálů celulóзовého původu po barvení reaktivním barvivem Ostazinová oranž V3-R v pěti cyklech.

V této práci jsme zkoumali koncentraci barviva ve zbylých barvicích lázních, zároveň s lázněmi pracími. Z těchto hodnot jsme poté dostali celkovou koncentraci barviva na daném materiálu. Pomocí přístroje Datacolor jsme získali hodnoty remisí těchto vzorků, z nichž jsme vypočítali hodnoty K/S Kubelka-Munkovy funkce.

Vzorky jsme také hodnotili z hlediska změny dostav před a po barvení, a nakonec jsme na těchto vzorcích realizovali stálostní zkoušku stálobarevnosti v roztoku simulujícím alkalický pot, jejíž výsledky jsme poté hodnotili pomocí šedé stupnice.

Díky realizaci barvení malých vzorků jsme získali barvicí stupnici jednotlivých materiálů po každém cyklu barvení. S každým cyklem sytost vzorku rostla, u vláken z regenerované celulózy více než u bavlny.

Z hlediska sytosti materiálu tento proces zaručeně vyhrála viskóza, nicméně cyklickým barvením a praním materiál začal v těchto lázních (velmi pravděpodobně z důvodu přítomnosti alkálie) bobtnat, a tím došlo k strukturálním změnám vzorku.

U lyocellového vzorku se vysycení barviva mírně snížilo, ale materiál zůstal beze změny. Bavlněné vzorky dopadli téměř stejně, oproti viskóze a lyocellu je tedy sytost vzorků poměrně mdlá, nicméně struktura materiálu zůstala nepoškozena.

Problém, na který jsme během barvicího procesu narazili, byl ten, že v posledních cyklech barvení došlo ke znečištění povrchu materiálu. V experimentech které byly provedeny v rámci sledování procesu cyklického barvení v dřívějších dobách, se tento problém prakticky nevyskytoval a pokud ano, jednalo se o jeden vzorek tmavého barviva po desátém cyklu barvení, což bylo hodnoceno jako náhodný jev. Vzhledem k typu neegality (zašpinění bílým práškem) lze odhadovat, že se jedná o vysrážený uhličitán.

Doporučovala bych proto analýzu vzorků – např. elektronovou mikroskopií, změřit pH výluhu a podobně, aby bylo možné podobným problémům v budoucích experimentech předejít.

8. Prameny

- [1] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. V Liberci: Technická univerzita, c2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [2] Cotton [online], SWIFOFIL, 2017, Datum poslední revize 21. 3. 2017, [citováno 28. 04. 2017], dostupné z www: <http://www.swicofil.com/products/001cotton.html>
- [3] Lyocell [online], Wikipedie: Otevřená encyklopedie, c2015, Datum poslední revize 11. 11. 2015, 16:49 UTC, [citováno 12. 01. 2017] <<https://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Lyocell&oldid=13037595>>
- [4] ŠVAGERKA, Tomáš. Vliv jemnosti viskóзовých a lyocellových vláken na jejich vlastnosti a barvitelnost. Liberec, 2008. Disertační práce (Ph.D.). Technická univerzita v Liberci, Fakulta textilní, Katedra textilní chemie, 2008-21-08
- [5] Viskóza [online], poslední aktualizace 8. prosinec 2016 11:20 [cit. 12. 1. 2017], Dostupné z WWW: <http://www.gina.cz/Informace-o-zbozi/Materialy/Viskoza.aspx>
- [6] Ostazinová barviva [online], poslední aktualizace 15. prosinec 2016 8:17 [cit. 12. 1. 2017], Dostupné z WWW: <http://dyes.synthesia.eu/cze/organicka-barviva/textilni-barviva#Ostazin-H>
- [7] KRYŠTŮFEK, Jiří a Jakub WIENER. Barvení textilií I. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-328-6.
- [8] KRYŠTŮFEK, Jiří, Jakub WIENER a Dagmar MACHAŇOVÁ. Barvení textilií II. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. ISBN 978-80-7372-796-3.
- [9] Clark, M.: Handbook of textile and industrial dyeing, Woodhead Publishing, 2011, ISBN 9781845696955
- [10] Broadbent, A. D.: *Basic principles of textile colloration*, Bredford: SDC, 2001, ISBN 9780901956767
- [11] Shore, J.: *Cellulosics Dyeing*, Bradford: SDC, 1995, ISBN 9780901956682

Přílohy

Příloha 1 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

BAVLNA 1

OSNOVA:

1	17,85	21	21,01	41	19,05
2	20,7	22	18,12	42	22,72
3	14,29	23	16,41	43	18,22
4	20,49	24	15,16	44	19,82
5	22,41	25	18,63	45	15,34
6	18,68	26	20,42	46	17,03
7	22,39	27	18,12	47	20,13
8	20,14	28	15,26	48	19,6
9	22,02	29	14,01	49	21,77
10	20,53	30	21,08	50	18,48
11	22,09	31	18,17		
12	22,3	32	20,77		
13	19,86	33	11,96		
14	13,41	34	9,51		
15	17,33	35	15,68		
16	19,23	36	13,24		
17	18,13	37	10,23		
18	12,66	38	18,71		
19	19,71	39	20,84		
20	19,47	40	19,87		

Příloha 2 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

BAVLNA 1

ÚTEK:

1	18,15	21	22,79	41	15,86
2	16,55	22	16,55	42	22,17
3	20,41	23	18,26	43	20,46
4	17,25	24	16,64	44	21,11
5	15,3	25	10,68	45	24,48
6	19,44	26	15,1	46	14,61
7	20,46	27	17,49	47	13,42
8	19,71	28	21,98	48	19,25
9	15,57	29	20,65	49	17,55
10	20,96	30	18,42	50	13,32
11	15,12	31	19,82		
12	19,03	32	13,26		
13	19,78	33	10,35		
14	20,7	34	12,47		
15	20,54	35	18,38		
16	22,3	36	16,4		
17	22,47	37	15,1		
18	16,86	38	18,53		
19	19,36	39	19,81		
20	19,2	40	17,06		

Příloha 3 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

BAVLNA 2

OSNOVA:

1	18,1	21	26,14	41	12,96
2	20,91	22	24,38	42	14,55
3	17,19	23	16,77	43	10,25
4	20,22	24	17,88	44	13,65
5	16,53	25	18,75	45	19,21
6	20,73	26	15,78	46	17,96
7	16,05	27	18,84	47	20,85
8	19,69	28	15,76	48	20,66
9	21,78	29	19,05	49	20,99
10	16,29	30	13,36	50	18,35
11	15,84	31	15,44		
12	19,27	32	17,08		
13	14,37	33	23,37		
14	15,93	34	21,8		
15	19,54	35	17,24		
16	21,35	36	15,49		
17	20,47	37	19,17		
18	18,48	38	22,07		
19	16,78	39	20,37		
20	18,16	40	16,05		

Příloha 4 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

BAVLNA 2

ÚTEK:

1	22,88	21	15,33	41	20,72
2	19,25	22	19,82	42	22,8
3	20,22	23	21,75	43	20,99
4	17,57	24	19,66	44	12,74
5	12,02	25	18,81	45	10,14
6	19,12	26	20,34	46	9,63
7	21,08	27	21,19	47	15,68
8	20,75	28	18,23	48	11,41
9	14,29	29	20,59	49	14,85
10	15,42	30	16,35	50	18,13
11	15,59	31	15,14		
12	17,27	32	20,29		
13	20,55	33	21,16		
14	19,31	34	20,41		
15	17,17	35	20,96		
16	20,75	36	17,51		
17	19,79	37	20,26		
18	20,47	38	20,21		
19	17,9	39	19,41		
20	18,14	40	20,2		

Příloha 5 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

VISKÓZA

OSNOVA:

1	16,47	21	18,32	41	16,85
2	21,26	22	15,49	42	12,55
3	18,68	23	14,68	43	14,36
4	13,41	24	15,05	44	16,16
5	16,7	25	14,04	45	12,4
6	18,63	26	14,39	46	16,8
7	20,02	27	13,16	47	14,22
8	20,99	28	14,86	48	17,25
9	19,08	29	16,79	49	19,18
10	16,99	30	12,87	50	18,55
11	17,73	31	9,18		
12	20,77	32	13,74		
13	16,96	33	20,42		
14	11,65	34	20,99		
15	20,69	35	18,53		
16	17,28	36	16,98		
17	15,58	37	18,49		
18	16,45	38	17,02		
19	17,71	39	19,08		
20	20,6	40	20,01		

Příloha 6 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

VISKÓZA

ÚTEK:

1	11,65	21	12,08	41	12,35
2	13,16	22	11,47	42	11,42
3	16,57	23	15,28	43	13,51
4	18,15	24	16,58	44	17,17
5	19,02	25	18,63	45	18,1
6	17,93	26	17,88	46	21,9
7	13,47	27	17,1	47	20,66
8	17,85	28	15,86	48	19,72
9	16,87	29	16,64	49	21,8
10	14,82	30	17,35	50	18,61
11	16,55	31	14,25		
12	15,2	32	13,15		
13	19,25	33	13,15		
14	17,69	34	16,6		
15	17,62	35	14,65		
16	19,37	36	12,98		
17	18,6	37	18,06		
18	17,37	38	20,84		
19	18,05	39	18,71		
20	15,66	40	10,51		

Příloha 7 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

LYOCELL

OSNOVA:

1	10,93	21	11,99	41	9,84
2	11,74	22	9,09	42	15,3
3	12,17	23	11,01	43	9,39
4	7,13	24	11,22	44	8,1
5	11,64	25	11,18	45	11,42
6	13,65	26	8,49	46	12,18
7	10,71	27	9,67	47	9,03
8	7,43	28	9,75	48	12,25
9	8,41	29	7,95	49	15,1
10	13,22	30	7,8	50	12,35
11	10,34	31	12,4		
12	8,95	32	9,39		
13	10,67	33	10,55		
14	7,55	34	11,56		
15	10,22	35	12,35		
16	9,03	36	9,37		
17	9,3	37	13,49		
18	11,29	38	9,25		
19	10,05	39	10,34		
20	7,85	40	12,94		

Příloha 8 – seznam padesáti měření průměru vláken v μm

LYOCELL

ÚTEK:

1	9,37	21	12,68	41	12,18
2	12,13	22	10,65	42	14,56
3	11,42	23	12,28	43	11,58
4	10,71	24	8,49	44	10,45
5	15,66	25	10,66	45	8,76
6	14,04	26	13,49	46	8,37
7	10,82	27	9,29	47	11,93
8	12,12	28	12,02	48	9,39
9	13,07	29	7,75	49	9,41
10	13,35	30	12,65	50	8,49
11	8,75	31	10,42		
12	12,45	32	14,35		
13	10,26	33	11,94		
14	10,61	34	9,87		
15	11,15	35	7,65		
16	10,96	36	10,17		
17	11,61	37	9,02		
18	8,61	38	10,55		
19	11,01	39	12,9		
20	12,26	40	11,67		