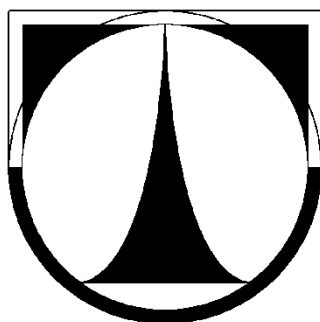


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



BAKALÁRSKA PRÁCA

LIBEREC 2009

MARTINA PAŇKOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

IDENTIFIKÁCIA TEXTILNÝCH VLÁKIEN
POMOCOU FLUORESCENCIE
IDENTIFICATION STAPLE BY FORCE OF
FLUORESCENCE

Martina Paňková

KHT- 644

Vedúci bakalárskej práce: Ing. Larisa Ocheretna

Rozsah práce:

Počet strán textu... 39

Počet obrázkov..... 25

Počet tabuliek..... 5

Počet grafov 0

Počet strán príloh . 21

Zadanie bakalárskej práce

(vložiť originál)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a 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 TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 27. 05. 2009

.....

Podpis

POĎAKOVANIE

Rada by som sa na tomto mieste poďakovala všetkým, ktorí mi pomáhali pri vypracovaní bakalárskej práce, a to či už praktickými radami, alebo psychickou podporou.

Konkrétne mojej bakalárskej vedúcej Ing. Larise Očeretnej z Katedry hodnotenia textílií za nenahraditeľnú podporu, odbornú pomoc a praktické rady a taktiež by som chcela poďakovať za ochotu doc. J. Černého z Prírodovedeckej fakulty na Karlovej univerzite.

Nakoniec by som rada poďakovala svojej rodine, ktorá mi svojou finančnou a psychickou podporou pomohla úspešne doštudovať.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá identifikaci vybraných textilních vláken pomocí fluorescence. První část práce se věnuje historii a vývoji mikroskopie, rozdělením mikroskopu, způsoby pozorování a popis fyzikálního jevu fluorescence.

Úkolem experimentu je nejprve zjistit pomocí světelného mikroskopu s UV zářením přítomnost autofluorescence u vybraných přírodních a syntetických textilních vláken. Dále by měl experiment objasnit při jakém způsobu pozorování je intenzita autofluorescence nejvyšší.

KLÍČOVÉ SLOVA:

- **fluorescence,**
- **identifikace textilních vláken pomocí fluorescence.**

ANNOTATION

Bachelor's thesis deals with the identification of selected fibers using fluorescence. The first part of the work deals with the history and development of microscopy, the distribution of the microscope, methods of observation and description of the physical phenomenon of fluorescence.

The task of the experiment is first to help determine the light microscope with UV light autofluorescence in the presence of selected natural and synthetic textile fibers. Furthermore, the experiment had to clarify in what way the observation is the highest intensity autofluorescence.

KEY WORDS:

- **fluorescence,**
- **identification of textile fibers using fluorescence**



Obsah

Úvod.....	8
1. História vývoju mikroskopov	9
2. Mikroskop a mikroskopia	9
2.1 Typy mikroskopov využívané pri skúmaní textílií	10
2.2 Špeciálne mikroskopické metódy	11
3. Konfokálny mikroskop	12
4. Fluorescencia a fluorescenčná mikroskopia	14
4.1 Fluorescenčný mikroskop	14
5. Fluorescenčné farbiva	18
5.1 Databáza fluorescenčných farbív a aplikácií.....	20
6. Fluorescencia ako nástroj pre identifikáciu živých a neživých objektov	21
6.1 Využitie fluorescenčného mikroskopu v biológii	21
6.2 Využitie fluorescenčného mikroskopu v archeológii.....	22
6.3 Fluorescencia textilných vlákien.....	23
7. Prieskum trhu a potencionálny dodávateľia farbív pre identifikáciu vlákien pomocou fluorescence	23
8. Pozorovanie fluorescence u textilných vlákien	25
8.1 Vplyv spôsobu prípravy preparátu na pozorovanie fluorescence vlákien	26
8.1.1 Vplyv intenzity okolných svetelných podmienok na pozorovanie fluorescence vlákien	28
8.1.2 Pozorovanie autofluorescence prírodných a syntetických vlákien.....	29
8.1.3 Pozorovanie autofluorescence u zmesi vlákien.....	30
8.1.4 Porovnávanie fluorescence textilných vlákien na mikroskopoch troma a jedným fluorescenčnom filtrom.....	35
9. Diskusia	39
Záver	42
Zoznam použitej literatúry	43
Zoznam príloh.....	45



Úvod

Dnešná doba kladie vysoké nároky na detailný výskum všetkých materiálov. Nejde len o materiály pre špeciálne zameranie, ale i materiály používaných v bežnom živote.

Snahou výskumu týchto materiálov je zistiť presné chemické zloženie, presné fyzikálne vlastnosti, mechanické vlastnosti, štrukturálne vlastnosti a iné, ktoré môžu mať vplyv na konečný stav a využitie materiálu. Výrobky z týchto materiálov musia spĺňať celú radu noriem ako sú napr. konštrukčné, technologické, bezpečnostné, zdravotné, estetické atď.

Pre detailný výskum charakteristík materiálu je zároveň nutné vylepšovať doterajšie prístrojové techniky a konštruovať nové na základe nových poznatkov z iných oblastí, ktoré sa v danej dobe nahromadili. Jedným z klasicky využívaných prístrojových techník pre skúmanie materiálu je mikroskop. Jeho druhy sa používajú v oblasti strojnícťom, archeológií, medicíne, kriminalistike a taktiež v textilnom.

Táto predkladaná práca sa bude venovať využitiu svetelného mikroskopu s UV svetlom pre prírodné a syntetické vlákna. Pomocou tohto mikroskopu je snaha zistiť, či vybrané textilné vlákna majú schopnosť autofluorescencie a ich intenzitu.



1. História vývoju mikroskopov

Základ mikroskopu vznikol už pred 2000 rokmi, keď Rimania používali zväčšovacie sklá. V 16. storočí bol vytvorený prvý náznak mikroskopu, ktorý pomohol sledovať a študovať veci, ktoré sú ťažko viditeľné voľným okom. [17]

Mnoho vedcov pre svoj výskum potrebovali zdokonaľovať jednotlivé prístroje, to platí taktiež aj u mikroskopoch. Najznámejšími vedcami, ktorí dopomohli k zlepšeniu rozlišovacích vlastností mikroskopu boli:

- Zacharias a Hans Janssen, v roku 1590 vytvorili prvý zložený mikroskop. [9] [18]
- Galileo Galilei, ktorý doplnil mikroskop o konvexnú a konkavnú šošovku.
- Christiaan Huygens, ktorý v neskoršom 17. storočí jednoduchý dvoj šošovkový systém, ktorý bol achromatický korigovaný.

Predovšetkým vďaka Christiaan Huygens to bol veľký krok dopredu v zdokonaľovanie mikroskopie. Tento mikroskop sa vyrába aj dnes ale i v dnešnej dobe v porovnaní s modernejšími mikroskopmi má už niekoľko nedostatkov ako napr. malá veľkosť zorného poľa. V polovici 19. storočia už bola optika pre mikroskopov takmer dokonalá. [6]

V súčasnej dobe princíp mikroskopov zostáva rovnaký, ale je ďaleko pokročilejší. Dizajn mikroskopov sa čoraz viac mení, sú doplnené o prídavné zariadenia ako napr. počítač, kamerový systém a iné. Mikroskopy majú svoje uplatnenie v medicíne, biológii, pri skúmaní textilných vlákien, v kriminalistike atď.

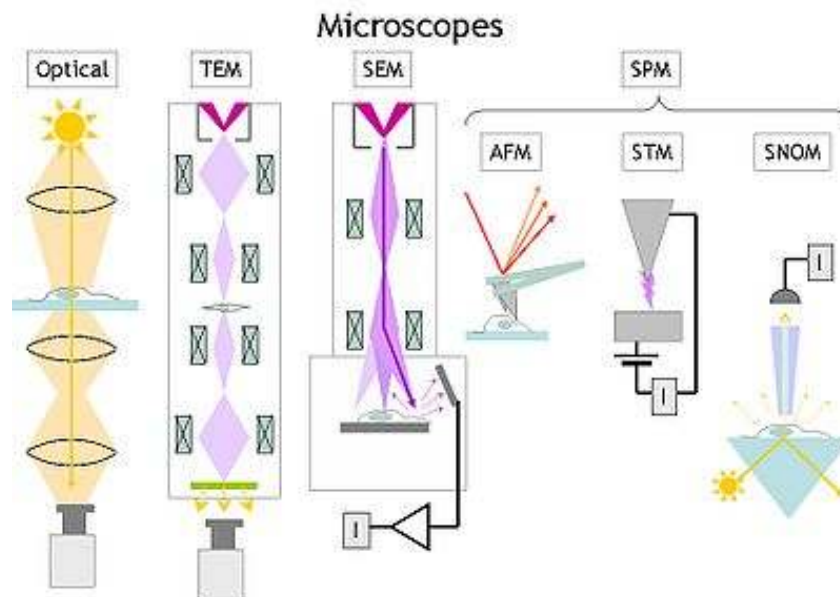
2. Mikroskop a mikroskopia

Mikroskop môže byť definovaný ako optický prístroj, slúžiaci ku zväčšovaniu zobrazovania malého objektu. [18]

Zmyslom mikroskopie je pozorovanie malých objektov, ktoré sú ľudským okom neviditeľné alebo slabo viditeľné. Existuje veľa rôznych typov mikroskopov líšiacich sa svojou schopnosťou jasne rozlišovať jednotlivé časti obrazu.

Pod označením mikroskop sa obvykle myslí optický mikroskop, ktorý k zobrazeniu používa svetelné lúče. Existujú však aj mikroskopy využívajúce iné princípy a spôsoby zobrazenia, napr. elektrónový mikroskop, polarizačný mikroskop a iné.

Podľa zložitosti konštrukcie sa delia zväčšovacie optické prístroje na jednoduché (lupy) a zložité (mikroskopy). [9] Schéma mikroskopov viz. obr. 1.



Obr. 1 Prehľadné schéma mikroskopov [vysvetlivky: Optical (Optický), TEM (Prenos elektronickým mikroskopom), SEM (Rastrový elektrónový mikroskop), SPM (Skenovacie mikroskopické sondy), AFM (Mikroskop atómovej sily), STM (Skenovanie tunelovým mikroskop), SNOM (Skenovanie oblasti umiestnený blízko mikroskopu)] [18]

2.1 Typy mikroskopov využívané pri skúmaní textílií

V súčasnej dobe je ponuka mikroskopov veľmi veľká. Mikroskopy sa rozlišujú podľa použitia, podľa konštrukcie, mikroskopy pre špeciálne účely atď. V tejto kapitole bola pozornosť venovaná obzvlášť mikroskopom, ktoré sa využívajú pri skúmaní textilných materiálov. Medzi ne patrí:

- **Elektrónový mikroskop** využíva namiesto svetla prúd elektrónov, podobných žiareniu s veľmi malou vlnovou dĺžkou λ . Zväčšený obraz vzniká dopadom elektrónov na fluorescenčné tienidlo alebo na fotografickú platňu. Obraz vzniká prechodom elektrónov skúmaným predmetom alebo jeho odtlačkom v podobe tenkej blany (transmisná mikroskopia), alebo odrazom elektrónov od jeho povrchu (odrazová mikroskopia), resp. sa vytvorí elektrónmi emitovaný z



povrchu skúmaného predmetu (emisná mikroskopia). Pri konštrukcii elektrónového mikroskopu sa využil poznatok, že prúd elektrónov prechádzajúci elektromagnetickou alebo elektrostatickou šošovkou podlieha tým istým zákonom ako svetelný lúč prechádzajúci optickou šošovkou. V elektrónovom mikroskope sú teda optické šošovky nahradené elektromagnetickými šošovkami. Elektrónový mikroskop je ďalej vybavený aj vákuovou čerpacou sústavou, zdrojom vysokého napätia na urýchľovanie elektrónov a zdrojom stabilného prúdu pre magnetické šošovky. Pre svoju neoceniteľnú schopnosť maximálneho zväčšenia 250 000-krát má široké uplatnenie. Používa sa v biológii, fyzike i chémii, metalurgii a v paleontológii. Prvý elektrónový mikroskop zhotovili v roku 1933 nemeckí fyzici E. Rusk a M. Knoll.

- **Rastový elektrónový mikroskop (SEM)** zväčšuje povrchové detaily v postupných obrazoch. Tieto obrazy sa snímajú rastrovaním lúčom elektrónov (základy M. Knoll -1935, zhotovenie Ardenne v Nemecku 1938). V rastovom mikroskope elektrónová optika urýchľuje a koncentruje úzky zväzok elektrónového lúča, ktorý vychádza z elektrónovej dýzy. Vychyľovací systém pohybuje lúčom v smere riadkov bod za bodom po povrchu vzorky, podobne ako pri snímaní televízneho obrazu. V tom istom slede prebieha riadkovanie i na obrazovke oscilografu. Obraz vyniká ostrou kresbou a plasticnosťou.
- **Konfokálny mikroskop** umožňuje odstrániť z obrazu objektu šum, ktorý vytvára svetlo alebo emitovaná fluorescencia z tých rovín vzorkou, na ktorých nie je zaostrená optika. [7] Tento mikroskop je podrobne popísaný viz. kap. 3
- **Fluorescenčný mikroskop** je založený na poznatku, že niektoré látky po dopade svetla určitej vlnovej dĺžky žiaria svetlom inej vlnovej dĺžky. Fluorescencia sa vyvoláva zdrojom ultrafialového žiarenia (ortuťová výbojka, oblúkovka), ktorým sa predmet osvetľuje. Týmto mikroskopom sa dajú skúmať aj nefluoreskujúce látky, ktoré sú zafarbené fluoreskujúcou látkou. [13] Tento mikroskop je podrobne popísaný viz. kap. 4.1.

2.2 Špeciálne mikroskopické metódy

Pri výskumu sa môžu využiť nie len rôzne druhy mikroskopov, ale taktiež rôzne metódy pozorovania pre zlepšenie konečného obrazu.



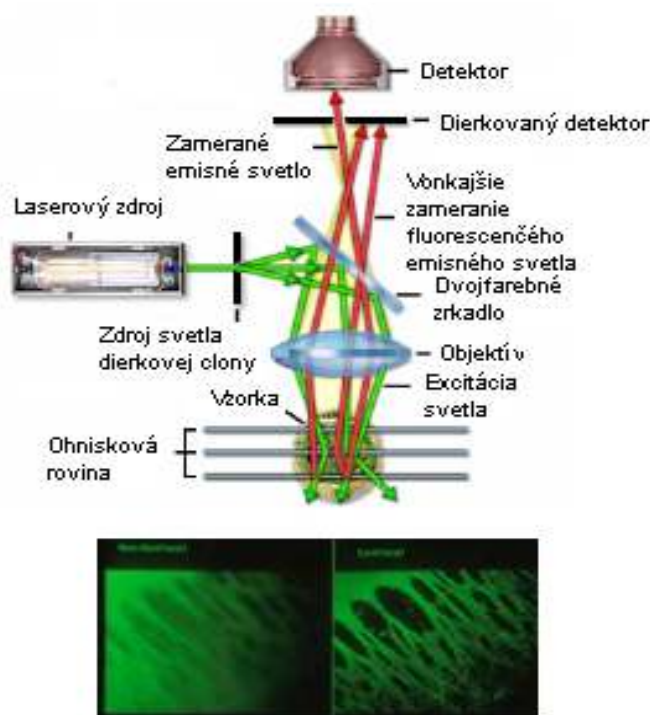
- **Mikroskopia v tmavom poli** - princíp tejto metódy spočíva v tom, že vhodnou clonou zadržíme centrálnu lúču a necháme prechádzať len lúču okrajovo. Tieto lúče sú však šikmé, a preto sa do objektívu vôbec nedostanú, takže zorné pole je tmavé. A však dopadnú tieto okrajové lúče na nejaký drobný predmet v preparáte, odrážajú sa od neho a môžu potom vniknúť do zorného poľa. Potom celý objekt alebo niektoré jeho štruktúry intenzívne svietia na temnom pozadí. Pri pozorovaní v tmavom poli sa kontrastne zobrazuje i veľmi drobné častice a organizmy takmer neviditeľné pri pozorovaní vo svetelnom poli.
- **Fázový kontrast** - zafarbené preparáty pohltia časť ním prechádzajúceho svetla, a to rôzne podľa ich stupňovania pre svetlo (absorpčný obraz). Tím sa mení amplitúda ich vln, zatiaľ čo jeho fáza zostáva nezmenená. Využíva sa v biologických oboroch.
- **Interferenčná mikroskop** - je dokonalejší a zložitejší oproti fázovému kontrastu. Využíva polarizované svetlo. Lúč sa delí na dve, pričom jeden z nich prechádza objektom, kde sa mení jeho fáza, a druhý lúč prechádza bez zmeny. Keď sa obidve lúče stretnú v objektíve, začnú spolu interferovať. To má za následok, že pozorujeme farebný obraz preparátu.
- **Využitie ultrafialového svetla** (taktiež označovaná ako *Cytospektrofotometria*, alebo *fluorescenčná mikroskopia*)- ultrafialové žiarenie má kratšiu vlnovú dĺžku ako je viditeľná časť spektra a teoreticky by bolo možné dosiahnuť väčšie rozlišovacie schopnosti. Nevýhodou je, že živé objekty sú ultrafialovým svetlom rýchlo umŕtvované.
- **Infračervené svetlo** - využíva sa pri pozorovaní málo priehľadných objektov. Výhodou je, že štruktúra buniek je ostrejšie a kontrastnejšie zobrazená.
- **Polarizačná mikroskop**
- **Použitie X- lúča vo výskumu bunky** (*röntgenová mikroskopia, historadiografia, difrakcia X- lúčů*)

[13]

3. Konfokálny mikroskop

Konfokálna mikroskopia ponúka niekoľko výhod oproti klasickej optickej mikroskopii. Napr. kontrolovateľnosť hĺbky ostrosti, odstránenie zlého obrazu nezaostrenia informácií a schopnosť zhromažďovať sériových optických úsekov

z tučných vzorkov (napr. biologické tkanivá). Kľúčom konfokálnych prístupov je použitie priestorových filtrácií na odstránenie nezaostreného svetla alebo žiarenia vo vzorke, ktoré sú silnejšie ako v rovine zamerania. V posledných rokoch dochádza k využívaniu konfokálnej mikroskopie vďaka čiastočne relatívnej ľahkosti a s veľmi vysokou kvalitou obrazu. Tento mikroskop doplnený o UV zdroj je dobrým nástrojom pre pozorovanie veľmi malých objektov, ako sú bunky (v biológii), mikrovlákná (pre textil) a pod. [2] Schéma viz. obr. 2 prechod svetelného lúča pomocou konfokálneho mikroskopu.



Obr. 2 Princíp prechodu svetelného lúča v konfokálnom mikroskopy [7]

Zdrojom svetla je spravidla laser, svetlo prechádza úzkou štrbinou, ktoré je zaostrené do jedného bodu vzorku. Svetlo emitované z tohto bodu je potom snímané detektorom. Aby svetlo sa dostalo až k detektoru musí znova prejsť cez štrbinu, ktorá leží v mieste, kam objektív zameriava svetlo zo zaostreného bodu objektívu.

Svetlo emitované z osvetlených ale nezaostrených bodov je zaostrované mimo štrbinu a do detektora nedopadá. Signál z detektora je posielať do počítača, ktorý dostáva informácie o súradniciach snímaného bodu. Celý objekt je preskenovaný týmto spôsobom bod po bodu v rôznych optických rovinách. Toto skenovanie je automatizované a ovládané riadiacim počítačom. Z nahromadených informácií počítač zobrazí celkový obraz skenovaného vzorku. [7]



4. Fluorescencia a fluorescenčná mikroskopia

Určité zlúčeniny majú schopnosť k tomu, aby absorbovali náhodné elektromagnetické žiarenie a tým dokážu previesť elektróny k vyššej energetickej hladine, čiže excitovanému stavu. Elektróny v excitovanom stave sa snažia znovu dostať do základného štádia a preto nabitá energia sa musí určitým spôsobom uvoľniť, túto energiu nazývame tzv. stratená energia. Stratená energia sa vylučuje a pomocou svetla o dlhšej vlnovej dĺžke ako svetlo, ktoré spôsobilo excitačný stav. Týmto spôsobom sa prevádza neviditeľné UV svetlo do viditeľného svetla o dlhšej vlnovej dĺžky. Tento fyzikálny jav sa nazýva fluorescencia. [11]

Photoluminescencia je jav, ktorá vzniká pri pôsobení UV alebo viditeľného svetla na molekuly. V týchto molekulách sa absorbovaná energia spätne uvoľňuje. Pri uvoľňovaní stratovej energie vzniká svetielkovanie.

Photoluminescencia je formálne rozdelená do dvoch kategórií:

- Fluorescencia
- Fosforescencia

Rozdiel medzi fluorescenciou a fosforenciou:

- Fluorescencia je vlastnosť molekúl absorbovať svetlo v určitej vlnovej dĺžke λ a následne emitovať svetlo o dlhšej vlnovej dĺžke λ v krátkom intervale. Dĺžka tohto intervalu je definovaná ako fluorescenčná životnosť.
- Proces fosforescencie dochádza podobným spôsobom ako u fluorescencie, ale s oveľa dlhšou životnosťou excitovaného stavu.

[2]

4.1 Fluorescenční mikroskop

Príkladom fluorescenčného mikroskopu môže slúžiť svetelný mikroskop s UV zdrojom na ktorom je možné pozorovanie autofluorescencie, viz. obr. 2.



Obr. 2 Svetelný mikroskop s UV svetlom

Kľúčovou vlastnosťou fluorescenčného mikroskopu je schopnosť odhaliť fluorescenčné objekty, ktoré sú niekedy slabo viditeľné, alebo dokonca veľmi jasné vzhľadom k tmavému (často čiernemu) pozadiu.

Moderný fluorescenčný mikroskop kombinuje vysoký výkon optických prvkov s počítačovou kontrolou a digitálne snímanie obrazu pre dosiahnutie sofistikovanosti. To ďaleko presahuje prosté pozorovanie ľudským okom. Mikroskopia dnes do značnej miery závisí na elektronickom spracovaní obrazu. Týmto spôsobom je možné rýchlejšie získavanie informácií pri nízkej úrovni svetla, alebo vizuálne pozorovanie nezistenej vlnovej dĺžky. Tieto technické zlepšenia nie sú obyčajné prikrášľované, ale sú základnou súčasťou mikroskopického svetla ako systém.

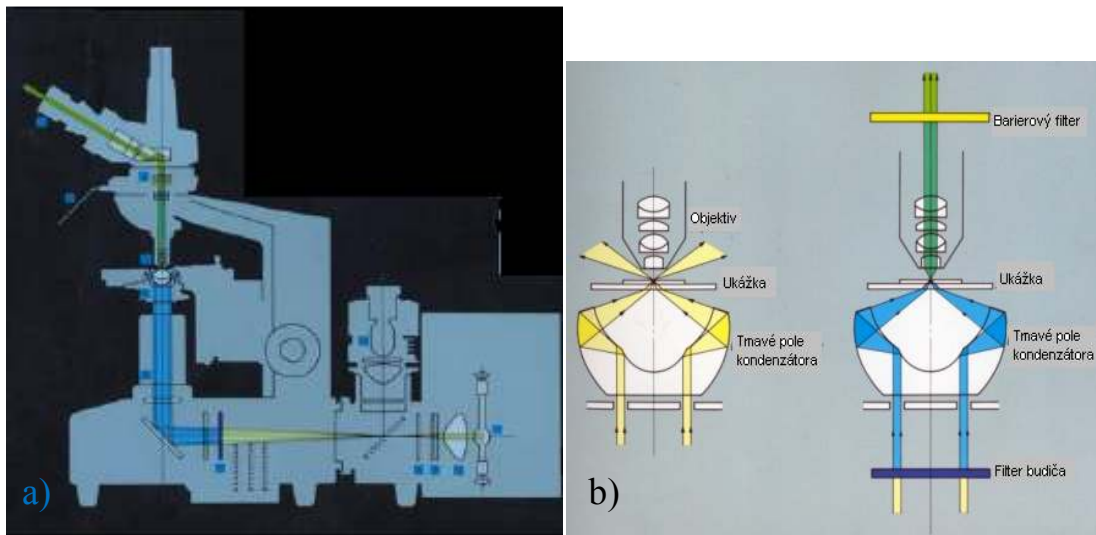
Na rozdiel od iných optických mikroskopov, fluorescenčný mikroskop je schopný rozoznať štruktúru objektu na molekulárnej úrovni a to na základe vlastností fluorescenčného žiarenia. Preto pomocou fluorescenčnej mikroskopie sa dá napr. odhaliť - presné umiestenie vnútrobunkovej zložky označené konkrétnym fluoroformom (fluorophores).

Fluorofor je látka, ktorá je schopná absorbovať svetlo určitej vlnovej dĺžky a následne emitovať svetlo o dlhšej vlnovej dĺžky. Fluorescencia taktiež umožňuje vyšetřovanie pH, viskozity, indexu lomu, iónovú koncentráciu, membránový potenciál a polaritu rozpúšťadla v živých bunkách a tkanivách. [4]

Fluorescenčný mikroskop sa delí na dva základne typy a to :

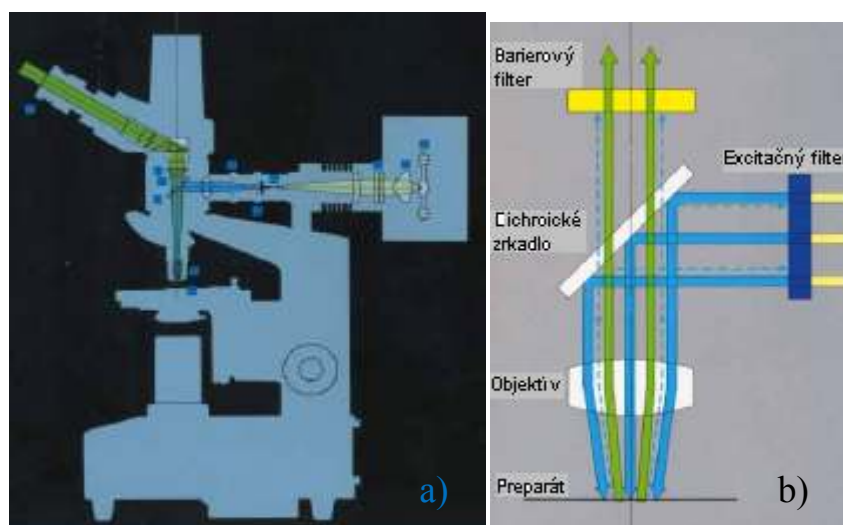
- a) **Transmisný fluorescenčný mikroskop** u tohto mikroskopu prechádza svetlo excitačným filtrom. Na preparát svetlo prichádza zdola, viz. obr. 3b ako u klasického svetelného mikroskopu. Pre osvetlenie mikroskopu sa používa

kondenzátor za tieňový, ktorý odráža svetlo tak, že dopadá svetlo na preparát z boku. Prechádzajúce excitačné svetlo tak prechádza mimo objektiv a do objektívu sa dostane emitovaná fluorescencia. [7]



Obr. 3 a) Schéma transmisného fluorescenčného mikroskopu b) Zobrazenie cesty excitačného a emisného svetla[7]

b) **Epifluorescenčný mikroskop** u tohto mikroskopu, vtz. obr. 4 excitačné svetlo prechádza objektívom, dopadá na preparát a emisné svetlo sa vracia späť do objektívu. Používa sa zvláštny typ zrkadla, nazvané dichroické zrkadlo. Toto zrkadlo odráža maximum excitačného svetla do objektívu a prepúšťa maximum emisného svetla do okulára. [7]

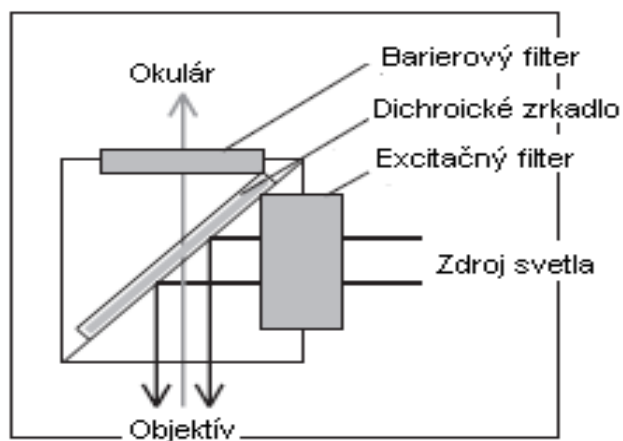


Obr. 4 a) Schéma epifluorescenčného mikroskopu b) Zobrazenie cesty excitačného a emisného svetla [7]

Pre lepšie pozorovanie emisného žiarenia sa využíva dvojica filtrov z dôvodu, že intenzita emisného žiarenia je vždy nižšia ako intenzita excitačného žiarenia.

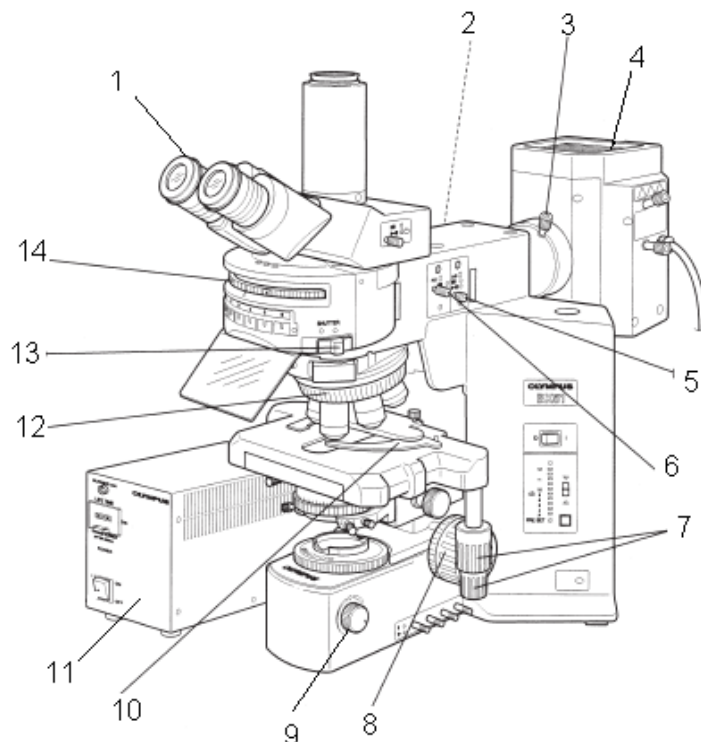
Tieto všetky tri základné časti sa nachádzajú v tzv. fluorescenčná kocke viz. obr. 5:

- 1) **Excitačný filter** prepúšťa z viacfarebného spektra iba časť nevyhnutnú pre excitáciu fluorescencie a zobrazuje prechod svetla o zhodnej či obdobnej vlnovej dĺžky ako svetlo emisné, ktoré by vytváralo pozadie.
- 2) **Barierový filter** prepúšťa iba emisnú časť spektra a zobrazuje prechod excitačnému svetlu. Rozdiel medzi excitačným a emisným svetlom je vo farbe. Excitačné svetlo je intenzívnejšie, takže by v ňom fluorescenčné emisné svetlo nebolo ľudským okom viditeľné.
- 3) **Dichroické zrkadlo** (dvojfarebné zrkadlo) je to vlastne zrkadlo zvyčajne v 45° uhlu, ktorý slúži na odrážanie excitovaného svetla a prepúšťanie fluorescencie do okulára. [12] [7]



Obr. 5 Schéma fluorescenčnej kocky [12]

Fluorescenčný mikroskop používaný v experimentálnej časti tejto bakalárskej práce sa skladá z týchto častí viz. obr. 6.



Obr. 6 Schéma fluorescenčného mikroskopu: 1) Okulár, 2) Univerzálni vertikálny iluminátor, 3) Páčka pre uvoľňovanie UV svetla, 4) Lampová skrinka pre halogénovú žiarovku, 5) a 6) Poľné clony, 7) Posuv vzorku po ose x a ose y, 8) Koliesko makro posuvu, 9) Koliesko nastavenia intenzity svetla, 10) Držiak preparátu, 11) Napájací zdroj, 12) Revolverový nosič objektívov, 13) Páka závierky, 14) Revolverová hlava zrkadlových jednotiek [10]

5. Fluorescenčné farbiva

Fluorescenčné pigmenty sú jednými zo stavebných prvkov pre všetky fluorescenčné materiály. Fluorescenciu jednotlivých vzoriek môžeme sledovať pomocou fluoroforov. Fluorofor je látka, ktorá je schopná absorbovať svetlo určitej vlnovej dĺžky a následne emitovať svetlo o dlhšej vlnovej dĺžky.

Boli poznané dva druhy fluoroforov:

- vonkajšie
- vnútorné

Vnútorné fluorofory sa nachádzajú v prírode. Materiály, ktoré ich zahrňujú sú autofluorescenčné. Najznámejší vnútorný fluorofor je chlorofyl. U materiálov, ktoré majú nevýrazné fluorescenčné vlastnosti, alebo slabú autofluorescenciu, sa pridáva



k vzorkám vonkajší fluorofor, ktorý zvyšuje ich intenzitu. Takým to vonkajším fluoroforom je napr. fluorescein alebo rhodamin. [11]

Pokiaľ vlákna budú zafarbené doporučenými fluorofórmami citlivosť fluorescence môže byť zvýšená.

Typy fluorescenčných pigmentov:

- a) anorganické fluóry
- b) optické bielidlo
- c) fluorescenty pre denné svetlo

Tieto typy sa od seba odlišujú predovšetkým chemickou štruktúrou. Vďaka chemickým a optickým vlastnostiam majú rozdielne aplikácie. [15]

a) Anorganické fluorescenčné materiály sú možno najmenej využívané pre priemyselné aplikácie. Tieto materiály, spravidla zložené zo zinku alebo kadmium sírnika dotovaného s malým množstvom iného prechodu alebo prvkov vzácnych zemín, sú veľmi stabilné. Nevýhodou je, že sú mierne jedovaté vzhľadom k ťažkým kovom prítomným v zmesiach, pomerne nízku kvantovú účinnosť čo má za následok fosforeskovanie a to je nežiaduci účinok.

Typické aplikácie anorganických fluoroforov sú bezpečnostné dokumenty (neviditeľné označenia na známkach, bankovkách)žiarivky. [15]

b) Optické bielidlá sú určité triedy organických zlúčenín, ktoré majú veľmi špecifické fluorescenčné vlastnosti. Používajú sa ako vybielenie materiálov v textilnom, papierovom a plastovom priemysle. Pridáva sa modrá zložka, ktorá zlepšuje vzhľad pastelových farieb. Typickými funkciami skupín na vysoko nenasýtené organické zlúčeniny sú modifikovanie pre zvýšenie rozpustnosti a vstrebávanie v závislosti od substrátu na ktorom sú použité. [15]

c) Fluorescenty pre denné svetlo je pomerne nová, ale najviac používaná trieda z organických zlúčenín. Tieto materiály majú vyžarovanie a emisné maxima vo viditeľnej oblasti spektra a preto svetlo môže spôsobiť podráždenie použitých materiálov. Tieto materiály majú niekoľko aplikácií, od žiarivých farebných papierov až po plastové výrobky. Tieto materiály sa využívajú na ochranné odevy a značky pre bezpečnosť cestnej premávky. Tieto dve aplikácie sa často kombinujú s fluorescenčnými



komponentmi pre denne svetlo s retroreflexnými materiálmi pre nočné použitie k zvýšeniu ich nočnej viditeľnosti. [15]

5.1 Databáza fluorescenčných farbív a aplikácií

Úplný prehľad fluorescenčných farbív, ich vlastností a aplikácia je k nájdeniu na webových stránkach **Fluorophores.org**. Táto webová stránka je užitočným zdrojom (databáza fluorescencie, spektra fluorescencie), ktorý napomáha vedcom využívajúcich fluorescenciu nájsť vhodné fluorescenčné farbivo pre štúdium konkrétneho objektu.

Na tejto webovej stránke <http://lamp3.tugraz.at/~fluorbase/BrowseSubstance.php> je nutné si vybrať z nasledujúcich požiadaviek viz. príloha 6:

- Aplikácie: Pôsobenie enzýmu, Označenie proteínu, Proteínová škvrna, ph- indikátor, Ion- indikátor, Oxygen- indikátor, Skúmanie membrány a tuku, Odhalenie odumretých buniek, dsDNA – detektor, Teplotný ukazovateľ, atď.
- Triedy farbív: Xanten, Akridin, Oxazin, Polyen, Cyanin, Oxonol, Benzimidazol, Indolenine, Styryl, atď.
- Maximálne excitačné svetlo: od 300 do 900 nm
- Maximálne emisné svetlo: od 300 do 900 nm [5]

Výsledkom bude zoznam vhodných fluorescenčných farbív pre určitú aplikáciu. Každé farbivo je doprevádzané detailným popisom, zahrňujúcimi informáciami a to:

- | | |
|-----------------------|--|
| ➤ Názov | ➤ Poznámky |
| ➤ IUPAC – názov | ➤ Prekladateľ |
| ➤ CAS- číslo | ➤ Odkazy |
| ➤ Trieda látky | ➤ Dostupnosť |
| ➤ Molekulová hmotnosť | ➤ Aplikácia |
| ➤ Chemická formulácia | ➤ Popis |
| ➤ Referencie | ➤ Graf emisného a absorbovaného svetla |
| ➤ Interval látky ID | |



6. Fluorescencia ako nástroj pre identifikáciu živých a neživých objektov

Fluorescencia ako jav sa zisťuje u živých a neživých objektov pomocou fluorescenčného mikroskopu. Identifikácia objektov na základe ich fluorescencie sa využíva v biológii, archeológii, v kriminalistike atď. V textilnom priemysle je výskum s využitím tohto mikroskopu na počiatku.

6.1 Využitie fluorescenčného mikroskopu v biológii

Klasická svetelná mikroskopia slúžila po mnoho desaťročí ako jeden z hlavných nástrojov biológie pre skúmanie živých objektov. Táto svetelná mikroskopia nedostačovala k zisťovaniu nových poznatkov, prekonávanie rozlohy rozlišovania objektov pod úrovňou najkratšej vlnovej dĺžky λ viditeľného svetla a sledovanie niekoľko bunčných štruktúr. Prelom v prekonávaní rozlohy limity bol objav elektrónovej mikroskopie, kde fotóny sú nahradené elektromagnetickým vlnením. Veľmi citlivé simultánne pozorovanie niekoľko štruktúr s mnohými rôznymi aplikáciami umožnil objav fluorescenčného mikroskopu. Pri skúmaní živých buniek sa využíva zelený fluorescenční proteín, nazývaný *fluorofor*. **Fluorofor** ako bolo spomenuté v kap.5 je látka, ktorá je schopná absorbovať svetlo určitej vlnovej dĺžky a následne emitovať svetlo o dlhšej vlnovej dĺžky. Svetlo rôznych vlnových dĺžok bolo možné od seba oddeliť pomocou filtrov. To znamená, že do okulárov prenikne iba pozitívni emitovaný signál na čiernom pozadí, tým sa výrazne zvyšuje citlivosť celej techniky.

Fluorofory sú detekované pomocou fluorescenčného mikroskopu. Tento prístroj je veľmi podobný klasickému svetelnému mikroskopu, ale je doplnený o veľmi silný zdroj svetla a dve typy filtrov. Prvá sada filtrov je umiestená medzi zdroj svetla a vzorku, ktorá umožňuje excitovať jednotlivé fluorofory svetlo o vybraných vlnových dĺžkach. Druhá sada vpúšťa do objektívu svetlo, ktoré bolo emitované príslušným fluoroforom.

Dnes je k dispozícii niekoľko desiatok rôznych zmesí heterocyklických zlúčenín, ktoré sa od seba líšia absorpčnými a emisnými vlnovými dĺžkami. Touto paletou



fluoroforov bolo možné pokryť celé spektrum viditeľného svetla a s využitím príslušných filtrov bolo možné simultánne nezávislé pozorovanie niekoľko štruktúr. Každá štruktúra bola „ofarbená“ špecifickou reagentií s kovalentne naviazaným fluorofom s príslušnými absorpčnými a emisnými charakteristikami. Žiarenie z jednotlivých fluoroforov bolo možné oddeliť pomocou príslušných filtrov.

Poznáme tri druhy fluoroforov, ktoré sa veľmi dobre viažu na bunečné štruktúry:

- a) modrá emisia DAPI
- b) červená emisia TRITC
- c) zelená emisia FITC

Obecnou komplikáciou fluorescenčnej mikroskopie je to, že fluorofory sú intenzívnym žiarením rozkladane a strácajú schopnosť absorpcie a emisie – tzv. photobleaching. Pri absorpciách a nasledujúcich emisiách najviac dochádza k uvoľňovaniu voľných radikálov, ktoré môžu poškodzovať fluorofory, spôsobovať tak photobleaching (foto bielenie) a v neposlednom rade negatívne ovplyvňujú životaschopnosť buniek. Pri práci so živými bunkami je preto zásadné (obzvlášť pre dlhodobé pozorovanie) obmedzovanie ich expozície svetelným žiarením z vysoko energetických zdrojov. Toho bolo možné dosiahnuť využitím clon vpúšťajúcich do objektu excitačné svetlo iba pri expozícií a najcitlivejšie kamery alebo foto - násobiče. Štandardnou súčasťou fluorescenčnej mikroskopie je využitie softvera pre obrazovú analýzu, ktorá umožňuje spracovávať obrazový výstup kvantitatívnym i kvalitatívnym spôsobom. [1]

6.2 Využitie fluorescenčného mikroskopu v archeológii

Na základe článku *Identification of single archaeological textile fibres...* [9] boli získané informácie o využití fluorescenčného mikroskopu v archeológii.

Fluorescenčný mikroskop pomohol identifikovať textilné vlákna, ktoré sa našli v mŕtvom mori, nazvané „jaskyne listy“ čiže COL. Textilie COL sú z druhého storočia nášho letopočtu. Bola nájdená kompletná tunika a iné druhy oblečenia z rôznych druhov materiálov zo živočíšnych (vlna) a rastlinných lykových vlákien (ľan). Výhodou tohto mikroskopu bolo nepoškodenie materiálu.



6.3 Fluorescencia textilných vlákien

Informácie, ktoré boli možné získať z obrazu fluorescenčného mikroskopu boli kombinácie chemických a štrukturálnych rysov vzorkou. Týmto spôsobom bolo možné získať informácie o vzorkách, ktoré pri iných osvetľovacích podmienkach neboli viditeľné.

Hlavné dva dôvody prečo sa využíva fluorescenčný mikroskop pre skúmanie vlákien:

- Pozorovanie štruktúry vlákna
- Zistenie prítomnosti, alebo neprítomnosti substancie (fluoroforov) na vláknach.

Mnoho prírodných a niektoré chemické vlákna majú prírodnú fluorescenciu (tzv. autofluorescencia) v excitovanom stave pri určitých vlnových dĺžkach. Pokiaľ vlákna sú chemicky upravené, mohlo dôjsť k zmene autofluorescencie. Fluorescenčný mikroskop taktiež bol využívaný k vyšetrovaniu histórie chemických špecifických vlákien, ako napr. u polyvinylchloridu (PVC, pri jeho praktickom použití), pokiaľ je vystavený slnečnému svetlu dochádza k jeho degradácii, čo je zvetrávanie syntetického polyméru. [11]

7. Prieskum trhu a potencionálny dodávateľ farbív pre identifikáciu vlákien pomocou fluorescencie

Pre identifikáciu zmesi textilných vlákien bolo možné teoretický využiť tieto farbivá: fluoresceín alebo rhodamin. Tým, že nie sú dostatočné informácie o fluorescenčných pigmentov pre textil, bolo by vhodné ich preskúmať.

Po získaní základných informácií o fluoroforov bol uskutočnený prieskum trhu. Boli nájdený títo potencionálny dodávateľia:

Sandragon s.r.o [15]

Táto firma nám odporučila farby pre zvýšenie intenzity fluoroforov. Fluoresceín a rhodamin v tab. 2 sú vhodné k priamemu zafarbeniu vlny a hodvábu. Pre ľan a bavlnu nám boli odporúčené farbivá cibacronové viz. tab.1. Tieto farby by som odporučila k ďalšiemu skúmaniu fluorescencie.



Tab. 1 Typ cibracron pre bavlnu a ľan

Názov farby	Cena v Kč/ množstvo
Cibracronová čierna F2B	260 Kč/ 20 g
Cibracronová červená FB	200 Kč/ 20 g
Cibracronová modrá FGFN	260 Kč/ 20 g
Cibracronová modrá FR	260 Kč/ 20 g
Cibracronová oranžová FBR	200 Kč/ 20 g
Cibracronová žltá F3R	200 Kč/ 20 g
Cibracronová žltá F4G	220 Kč/ 20 g

Tab. 2 Fluorescein a rhodamin pre vlnu a hodváb

Názov farby	Cena v Kč/ množstvo
Fluorescein (voľná kyselina)	510 Kč/ 100g
Fluorescein (disodná soľ)	710 Kč/ 100g
Rhodamin B	550 Kč/ 25 g

Ďalším Českým dodávateľom je **Penta** [17], ktorý má vo svojej ponuke fluorescein a rhodamin viz. tab. 3.

Tab. 3 Fluorescein a rhodamin pre vlnu a hodváb

Názov farby	Cena v Kč/ množstvo
Fluorescein (voľná kyselina)	279 Kč/ 100 g
Fluorescein (disodná soľ)	399 Kč/ 100g
Rhodamin B	272 Kč/ 25 g

Po preskúmaní trhu by bolo vhodné najskôr využiť ponuku firmy Sandragon s.r.o.

Experimentálna časť tejto predkladanej bakalárskej práce nebola zameraná na skúmanie fluoroformov, ale na identifikáciu vybraných textilných vlákien pomocou fluorescencie.



8. Pozorovanie fluorescence u textilných vlákien

Hlavným cieľom praktickej časti tejto bakalárskej práce bolo zistiť, či vybrané špeciálne neošetrené prírodné a syntetické vlákna sa javia ako autofluorescenty.

Pre skúmanie boli vybrané tieto syntetické a prírodné vlákna (váz. tab. 4)

Tab. 4 Prehľad skúmaných vlákien

Syntetické vlákna	Prírodné vlákna
Polyamid (lesklý)	Celulóзовé vlákna:
Polyamid (matovaný)	• Bavlna
Polyester	• Viskóza
Polyakrylnitril	• Len (technické vlákno)
Polypropylén	• Len (kotonizované – elementárne vlákna) • Konopy • Juta
	Živočíšne vlákna:
	• Hodváb • Vlna (Merino) • Vlna (Kříženecká)

Syntetické a prírodné vlákna boli pozorované v prechádzajúcom a UV svetle. V prechádzajúcom svetle vzorky vlákien boli pozorované z dôvodu ich identifikácie a za účelom hodnotenia kvality vytvorených preparátov - tzn. určenie nečistôt, vzduchových bublín, ich umiestenie v preparátoch a pod.

Vybrané vzorky vlákien (váz. tabuľka 4) boli podrobené nasledujúcim štúdiám:

- a) Pozorovanie UV svetle preparátov bez imerznej kvapaliny čiže „na sucho“ a s použitím destilovanej vody čiže v imerzií.
- b) Zistenie vplyvu okolných svetelných podmienok pri vytváraní snímku vlákien v UV svetle.



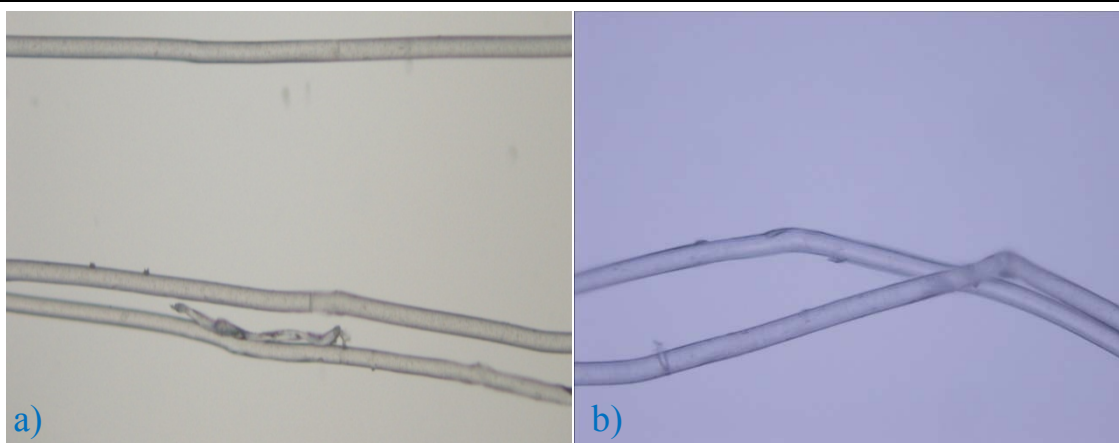
- c) Určenie rozdielov v intenzite autofluorescencie pozorovaných prírodných a syntetických vlákien.
- d) Z predchádzajúcim experimentom súviselo i pozorovanie zmesí vlákien v UV svetle.
- e) Pozorovanie textilných vlákien v UV svetle rozdeleného do rôznych spektrálnych oblastí – v modrom, zelenom, červenom a bielom spektre. Zistenie vhodnosti použitia viacerých filtrov pre UV žiarenie s cieľom identifikácie textilných vlákien.

Pri prvých štyroch pozorovaní bol použitý svetelný mikroskop doplnený UV výbojkou viz. obr. 2 Výsledky pozorovaní sú uvedené nižšie.

8.1 Vplyv spôsobu prípravy preparátu na pozorovanie fluorescence vlákien

Výsledky pozorovania vlákien v UV svetle bez imerznej kvapaliny čiže „na sucho“ a s použitím destilovanej vody (tzn. s imerziou) sú uvedené v prílohe 1 a 2. Na základe konzultácii s pánom doc. J. Černým (Prírodovedecká fakulta, Karlová univerzita, Praha), za imerznú kvapalinu pre pozorovanie textilných vlákien bola zvolená destilovaná voda. Dôvodom k tomu slúžil i fakt, že na pracovisku doc. Černého bola vytvorená rada snímok s fluorescenciou vlákien. A snahou bolo podobné výsledky získať na pracovisku KHT. V textilnej praxi pre pozorovanie vlákien v priečnom smeru sa prevádza výroba rezov do plechovej doštičky. Tieto preparáty sú na „sucho“. Z vyššie uvedených dôvodov, aby výsledky s fluorescenciou vlákien v pozdĺžnom a priečnom smeru boli porovnateľné, bolo rozhodnuté o prípravu dvoch sérii preparátov: s imerziou a na „sucho“.

Z pozdĺžneho pohľadu syntetických vlákien pozorovaných v prechádzajúcom svetle je patrný rozdiel medzi vzorkami „na sucho“ a vzorkami s imerziou. Pri vláknach v imerzií boli ľahšie nájdené správne hĺbky ostrosti. Bolo ukázané, že skrútené vlákna z imerziou zaujali prevažne horizontálnu polohu, na rozdiel od preparátu „na sucho“, kde skrútené vlákna sa museli fixovať na podložnom sklíčku pomocou lepiacej pásky viz obr. 7 a, b.



Obr. 7 a) Polypropylén „na sucho“ s fixáciou koncov vlákien, b) Polypropylén „na sucho“ vo voľnom stave (u obidvoch snímok bolo použité zväčšenie objektívu 20x)



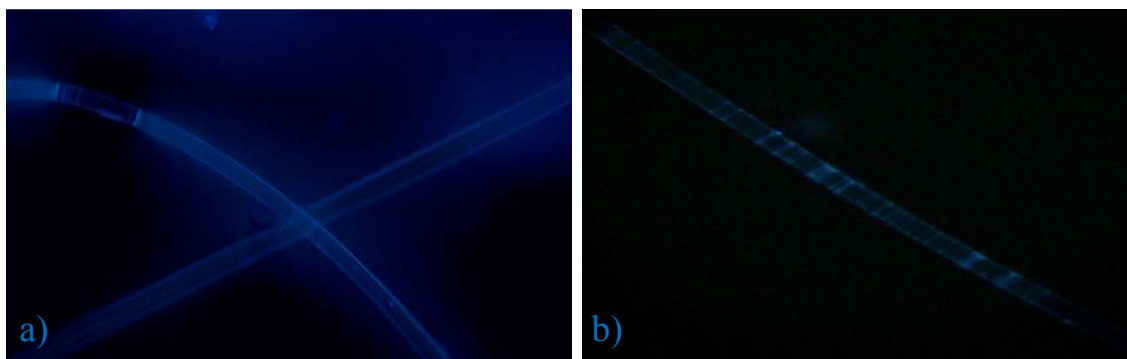
Obrázok 8 Polypropylén v imerzií (pri zväčšení objektívu 20x)

Po identifikácii vlákien v prechádzajúcom svetle boli vzorky vlákien pozorované v UV svetle.

Ako bolo vidieť na snímkach, spôsob prípravy preparátov nezanechal veľký rozdiel medzi vzorkami vlákien pozorovanými „na sucho“ a s imerzií. Tomu však nebolo u vzorkou v UV svetle.

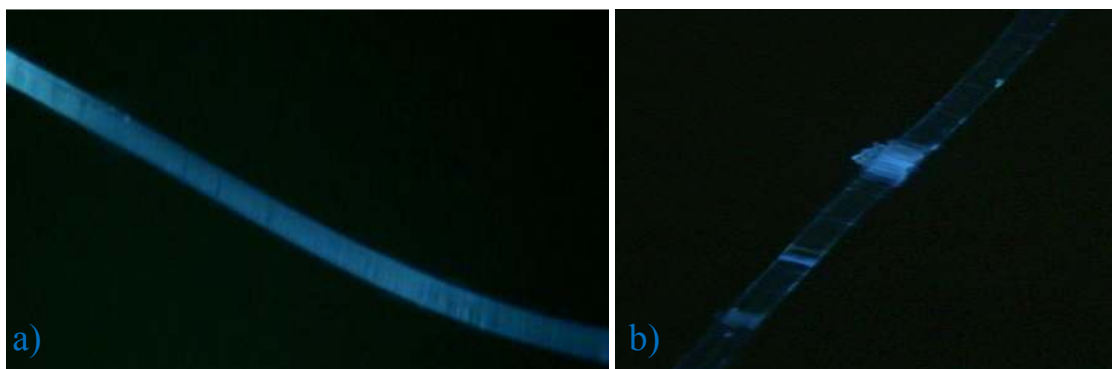
Pri pozorovaní obidvoch sérií vzorkou v UV svetle boli pozorované tieto odlišnosti, prípadné komplikácie pri vytváraní snímkou:

- U niektorých vlákien pozorovaných v imerzií, bolo zložitejšie hľadanie správnej hĺbky ostrosti, okolo týchto vlákien bol vytvorený tzv. povlak viz. obr. 9 a.



Obr. 9 Fluorescencia matovaného polyamidového vlákna: a) polyamid v imerzií b) polyamid „na sucho“ (u obidvoch snímkach bolo použité zväčšenie objektívu 20x)

- Niektoré vlákna boli prejavované ako autofluorescenčné v prípade v imerzií, naopak tomu bolo pri pozorovaní rovnakého vlákna „na sucho“ viz. obr. 10 a, b.



Obr. 10 Fluorescencia lesklého polyamidového vlákna: a) polyamid v imerzií
b) polyamid „na sucho“

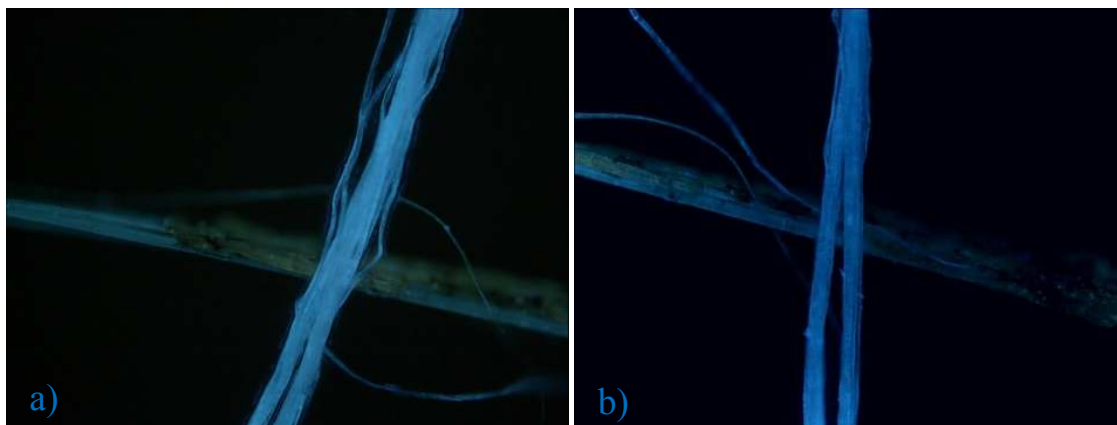
(u obidvoch snímkach bolo použité zväčšenie objektívu 20x)

V tejto etape výskumu bolo zistené, že pre štúdium fluorescence vlákien je vhodnejší „suchý“ spôsob prípravy preparátov. Odporúča sa v preparátoch prevádzať fixáciu vlákien, v prípade vyššieho stupňa zakrútenia. Tieto závery vyplývajú z podrobného štúdia vybraných textilných vlákien v prechádzajúcom a UV svetle viz. Príloha 2.

8.1.1 Vplyv intenzity okolných svetelných podmienok na pozorovanie fluorescence vlákien

U druhého experimentu snahou bolo zistiť, ako svetelné podmienky v laboratóriu ovplyvňujú snímanie obrázku (viz. Príloha 4). V prípade zhotovenia obrázku vlákien v UV svetle boli volené automatické nastavenia expozičnej doby.

Tzn. trvanie ktoré sa mení samovoľne v závislosti na okolných svetelných podmienkach. V laboratórií, kde je mikroskop umiestnený sú veľké okna a tak svetelné podmienky boli menené v závislosti na hodine a počasí. Rozdiely u snímkach zhotovených za slnečného dňa a za neskorších hodín po západe slnka boli zrejmé viz. obr. 11 a, b.



Obr. 11 Fluorescencie hodvábu (umiestnený pozdĺž súradnice OY) a len (umiestnený pozdĺž súradnice OX): a) za denného svetla b) v úplnej tme (u oboch snímok bolo použité zväčšenie objektívu 20x)

Po ukončení pozorovaní vzorkách vlákien týmto spôsobom bol dosiahnutý tento záver, intenzita fluorescenčného žiarenia vlákien na snímkach získaných cez deň bola väčšia. Preto identifikovať vlákna podľa intenzity ich fluorescenčného žiarenia nebolo možné za podmienok, ak svetelné podmienky v laboratórií sa stále menili. Tu sa dá odporučiť premiestnenie mikroskopu do tmavej miestnosti bez okien.

8.1.2 Pozorovanie autofluorescencie prírodných a syntetických vlákien

Pri pozorovaní vzoriek prírodných a syntetických vlákien „na sucho“ bolo dospené k názoru, že nie všetky textilné vlákna majú schopnosť autofluorescencie. Taktiež intenzita ich fluorescencie sa javila byť rôzna, u niektorých textilných vlákien fluorescencia bola lokálna. Je nutné podotknúť, že mikroskop s možnosťou pozorovania fluorescencie, ktorý bol k tejto štúdií určený, má iba jednu filtračnú kostku, ktorá umožňuje u vyžarovaného UV lúča oddeliť iba jednu spektrálnu oblasť – „modré spektrum“.



Autofluorescencia textilných vlákien je zrejmá v prílohe 2. Intenzita a homogenita fluorescencia vlákien sa dá charakterizovať ako:

- Vlákna s úplnou autofluorescenciou
 - syntetické vlákna : polyester
 - prírodné vlákna: viskóza, vlna, konopy, juta, hodváb, bavlna
- Vlákna s lokálnou autofluorescenciou
 - syntetické vlákna: polyamid, polyakrilnitril
- Vlákna bez fluorescencie
 - syntetické vlákna: polypropylén

Prírodné celulóзовé vlákna typu ľanu (technické vlákno a kolonizovaný ľan - elementárne vlákna) patria do skupiny vlákien s úplnou autofluorescenciou, ale v niektorých častiach vlákien ako napr. kolienka, je intenzita autofluorescencie väčšia. Preto bol daný do podskupiny vlákna s úplnou a lokálnou autofluorescenciou.

8.1.3 Pozorovanie autofluorescencie u zmesi vlákien

Po zistení intenzity autofluorescencie u jednotlivých vzorkách vlákien bolo uskutočnené ďalšie pozorovanie zmesi vlákien. U preparátov pre pozorovanie vlákien v pozdĺžnom smere, vlákna boli umiestnené do kríža s presnou detekciou, tzn. aké vlákno zaujíma svoju polohu. U preparátov s priečnym rezom vlákien, zmes vlákien sa volila tak, aby rozdiely v intenzite fluorescencie boli poukázateľné.

8.1.3.1 Pozorovanie zmesi vlákien v pozdĺžnom smere

V tejto podkapitole sú uvedené výsledky pozorovaní zmesi vlákien v pozdĺžnom pohľade. Cieľom bolo zistiť rozdiely v intenzite autofluorescencie.

A. Zmes hodvábu a ľanu

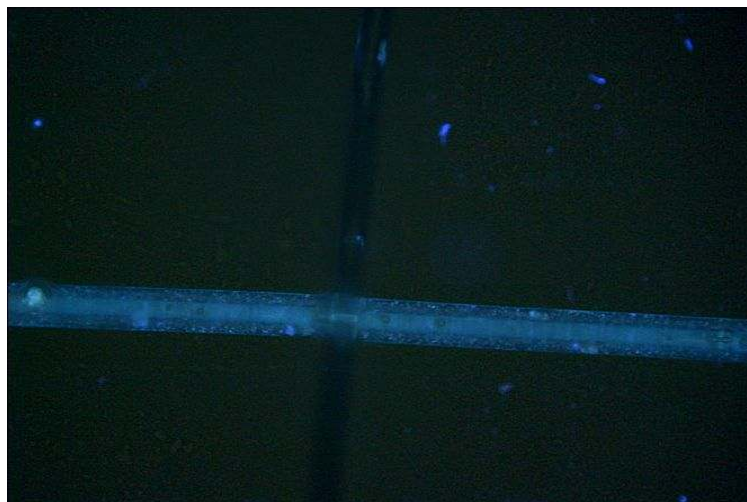
Ako vidíme viz. obr. 12 prírodný hodváb ma vyššiu intenzitu autofluorescencie ako ľan.



Obr. 12 Fluorescence hodvábu (umiestnený pozdĺž súradnice OY) a len (umiestnený pozdĺž súradnice OX), snímky získané pri okolných denných svetelných podmienkach.

B. Zmes polyamidu a polypropylénu v pozdĺžnom reze

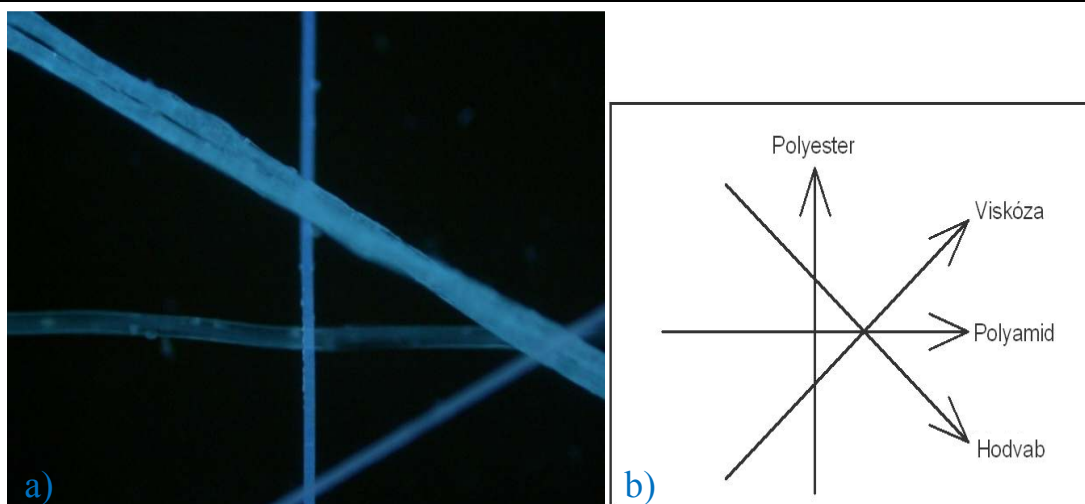
Bolo videné viz. Obr. 13, že polypropylén má slabú intenzitu autofluorescencie. Tmavé pozadie sa prispôbovalo vláknam. Je isté, že polyamid má vyššiu intenzitu autofluorescencie.



Obr. 13 Fluorescencie polyamidu (umiestnený pozdĺž súradnice OX) a polypropylénu (umiestnený pozdĺž súradnice OY), snímky získané v úplnej tme.

C. Zmes polyesteru, hodvábu, polyamidu a viskózy v pozdĺžnom reze

Na obr. 14 sú viditeľné štyri druhy vlákien, rozlišujú sa svojou intenzitou autofluorescencie. Tým, že vlákna boli naskladané na seba, zaostrenie na všetky vlákna nebolo možné. Najväčšiu intenzitu autofluorescencie mal prírodný hodváb, potom polyester, a najmenšiu polyamid.



Obr. 14 a) Fluorescenčné zmesi vlákien, b) Názorné umiestnenie vlákien

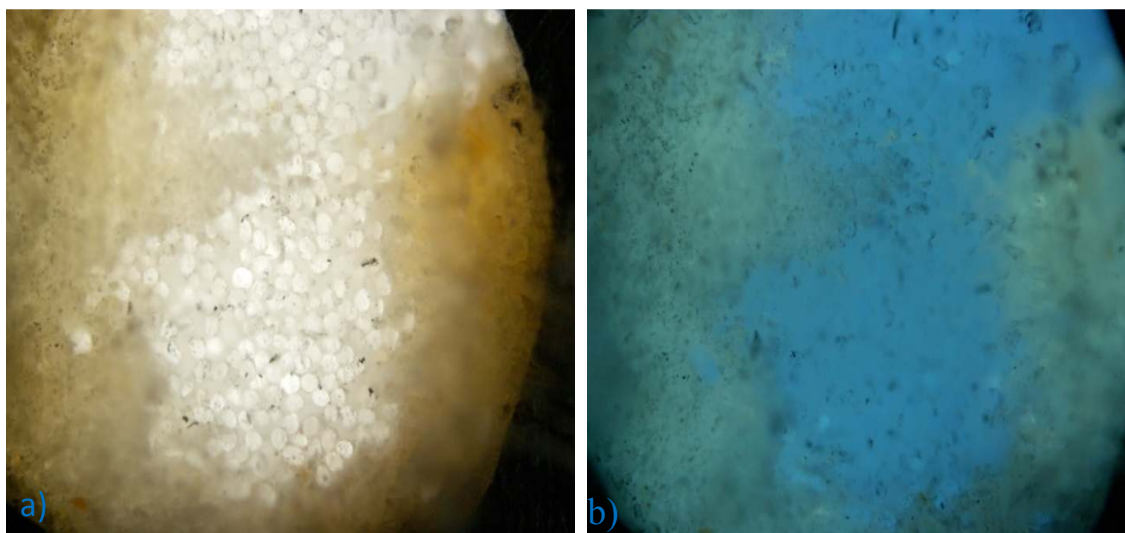
Na základe pozorovania vzorkou zmesi vlákien v pozdĺžnom pohľade ponúkal sa nasledujúci záver: intenzita fluorescenčného žiarenia vlákien na snímkach bola viditeľne odlišná. Môže sa zdať, že intenzita fluorescencie u vlákien, ktoré sú bližšie k objektívu majú vyššiu intenzitu. A však s ohľadom na zanedbateľnú vzdialenosť medzi vláknami (radové sú to μm) pozdĺž súradnice OZ, sa dá predpokladať, že poradie vlákien v preparáte nebude mať veľký vplyv na intenzitu fluorescencie vlákien. Napriek tomu, to by stálo za ďalšie štúdium.

8.1.3.2 Pozorovanie fluorescencie v priečnom reze vlákien

V tejto podkapitole sú predstavené výsledky pozorovania fluorescencie zmesi vlákien v priečnom reze, viz. Príloha 3. Cieľom bolo zistiť rozdiely v intenzite fluorescencie skúmaných vlákien.

Zmes bavlny a vlny:

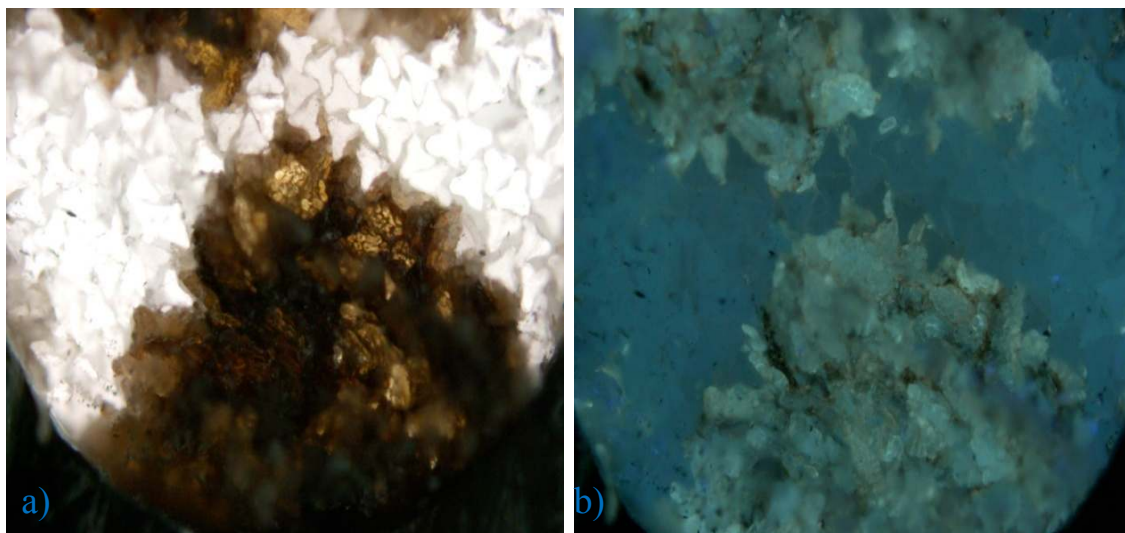
Prvá zmes pre pozorovanie v priečnom reze bola pripravená z bavlny a vlny.



Obr. 15 Bavlna a vlna typu Merino a) v prechádzajúcom b) UV svetle

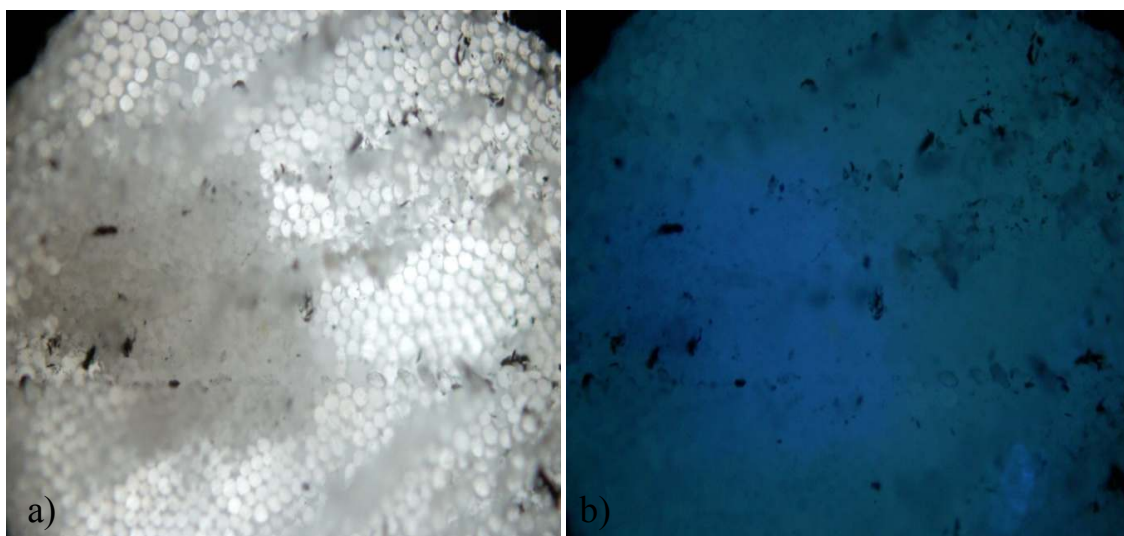
Bavlná tým že má malú jemnosť nieje veľmi dobre rozoznatel'ná, v preparátu je umiestnená na krajoch rezu, v centrálnej časti preparátu je zrejme vlnené vlákno. Na Obr. 15 b bolo vidieť, že vlna (konkrétne Merino) má vyššiu intenzitu prijímania modrého spektra.

Zmes ľanu a polyakrilnitrilu:



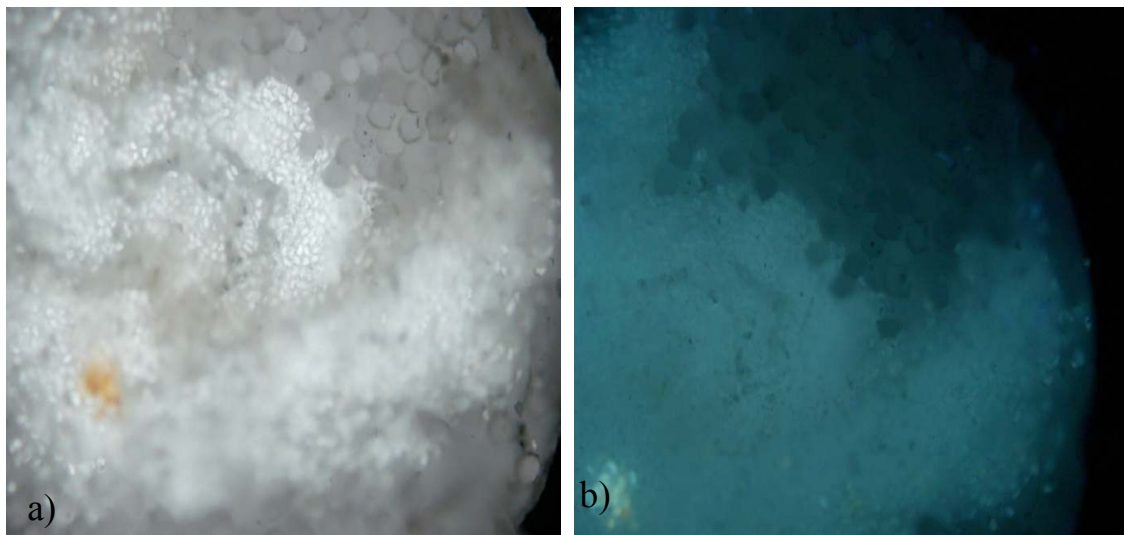
Obr. 16 Ľan a polyakrilnitril a) v prechádzajúcom b) UV svetle

Bola veľmi dobrá identifikácia vlákien, ako vidíme polyakrilnitril prijíma v UV svetle viac modrého spektra, ľan sa nachádza na hranici modrého spektra. Víz. obr. 16 b dá sa predpokladať, že intenzita fluorescencie by bola väčšia v zelenom spektru

Zmes polyesteru a polyamidu:

Obr. 17 Polyester a polyamid a) v prechádzajúcom b) UV svetle

U tohto vzorku rozdiely vo fluorescencii sú nepatrné, v praxi by bolo veľmi zložité identifikovať tieto druhy vlákiennej suroviny vo zmesi. Napriek tomu, intenzita fluorescencie polyesterových vlákien (tmavá oblasť na Obr. 17 b) bola o niečo vyššia ako u polyamidových vlákien.

Zmes viskózi a polypropylenu:

Obr. 18 Viskóza a polypropylén a) v prechádzajúcom b) UV svetle

Ako je vidieť na Obr. 18 b intenzita autofluorescencie viskózí bola patrná, keď polypropylén nevykazuje žiadnu fluorescenciu. Dá sa predpokladať, že emisia



polypropylénu je niekde skôr v oblasti zeleného spektra viditeľného, ako modrého spektra.

Po dokončení pozoravání vzorkou v priečnom a pozdĺžnom reze bolo dospeno k záveru, že identifikácia textilných vlákien podľa ich intenzity autofluorescencie bpôa možná, ale bohužiaľ jeden fluorescenčný filter pre túto úlohu nieje dostačujúci. Bolo zistené, že niektoré vlákna sa prejavovali, že nie sú autofluorescenčné, ale to neznamená, že nemajú žiadnu autofluorescenciu. Dôvodom môže byť, že nebol fluorescenčný filter vo vhodnej spektrálnej oblasti. Srovnávanie intenzity autofluorescencie nebolo taktiež možné uskutočniť za podmienok, ktoré boli uvedené v kapitole 8.1.1 tzn. že mikroskop bude umiestnený v rovnakej laboratórii, tzn. že svetelné podmienky budú sa stále meniť. Preto kamera nevytvára reálne snímky viz. Príloha 3, ale stále sa prispôbuje okolným svetelným podmienkam.

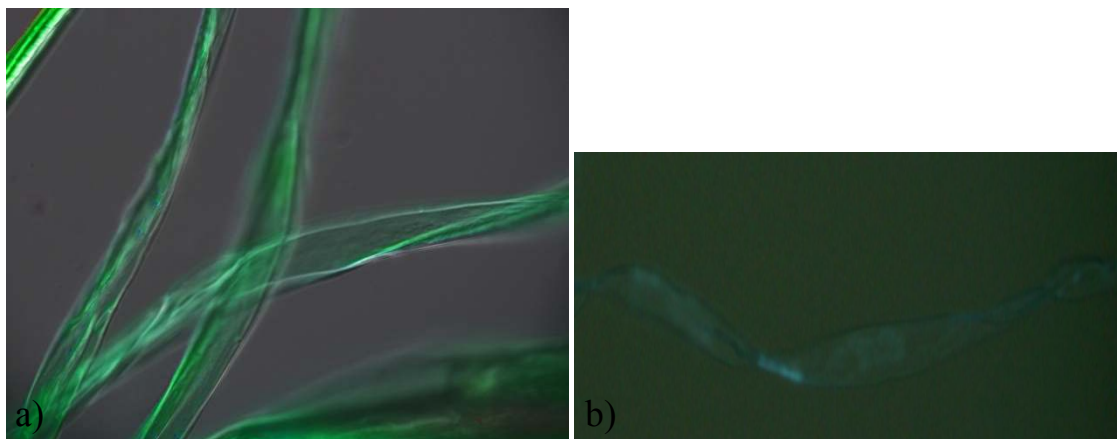
8.1.4 Porovnávanie fluorescence textilných vlákien na mikroskopoch troma a jedným fluorescenčnom filtrom

Pozorovanie fluorescence textilných vlákien na konfokálnom mikroskope doplneného troma fluorescenčnými filtermi sa odohrávalo v laboratórii konfokálnej mikroskopie, Prírodovedeckej fakulte na Karlovej Univerzite.

Na tomto pracovisku boli skúmane preparáty textilných vlákien uvedených Tab. 5. Fluorescencia textilných vlákien v pozdĺžnom a priečnom smeru boli zaznamenané pre každú spektrálnu oblasť zvlášť, potom obrázky boli zložené do jedného výsledného. U preparátov s pozdĺžnymi pohľadmi bola využitá imerzia (destilovaná voda), priečne rezy vlákien boli pozorované „na sucho“ viz. príloha 5.

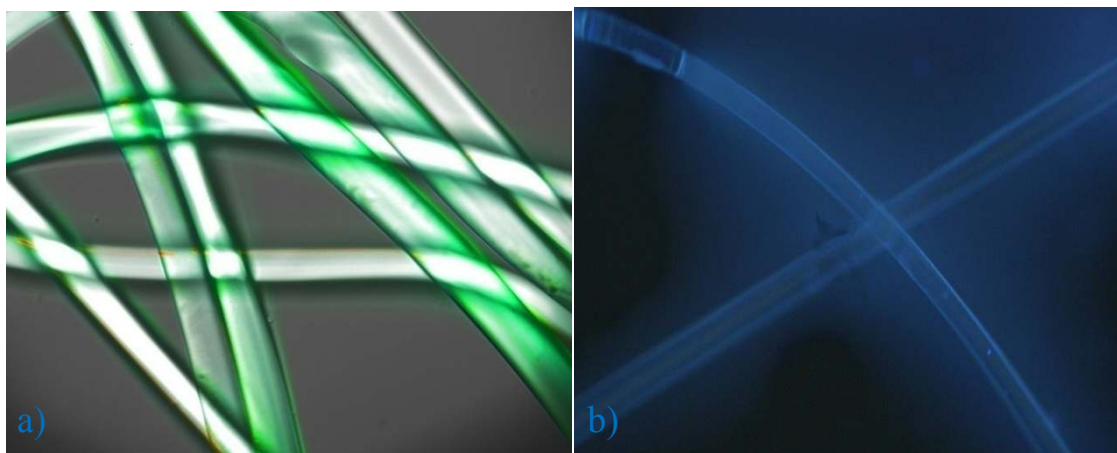
Tab. 5 Skúmané vzorky syntetických a prírodných vlákien

Syntetické vlákna	Prírodné vlákna
Polyamid	Bavlna
Polypropylén	Vlna
Polyester	

Fluorescencia Bavlny

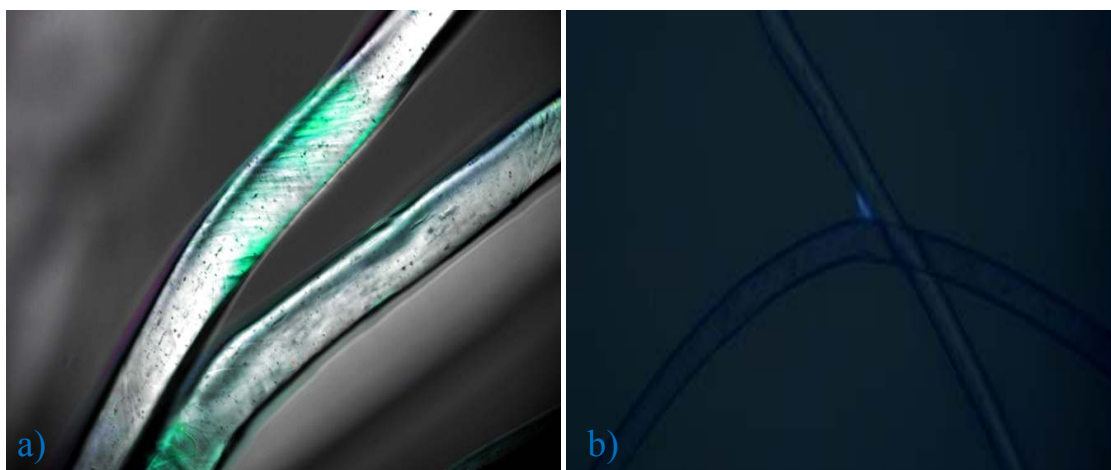
Obr. 19 Fluorescencia bavlny a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x), b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

Bolo pozorované, že bavlna bola autofluorescenčná. Tým, že sa nachádza na rozpätí zeleného a modrého spektra ako je vidieť viz. obr. 19 a, mikroskop s jedným fluorescenčným filtrom nebol schopný zaznamenať intenzívnu autofluorescenciu.

Fluorescencia Polyamidu

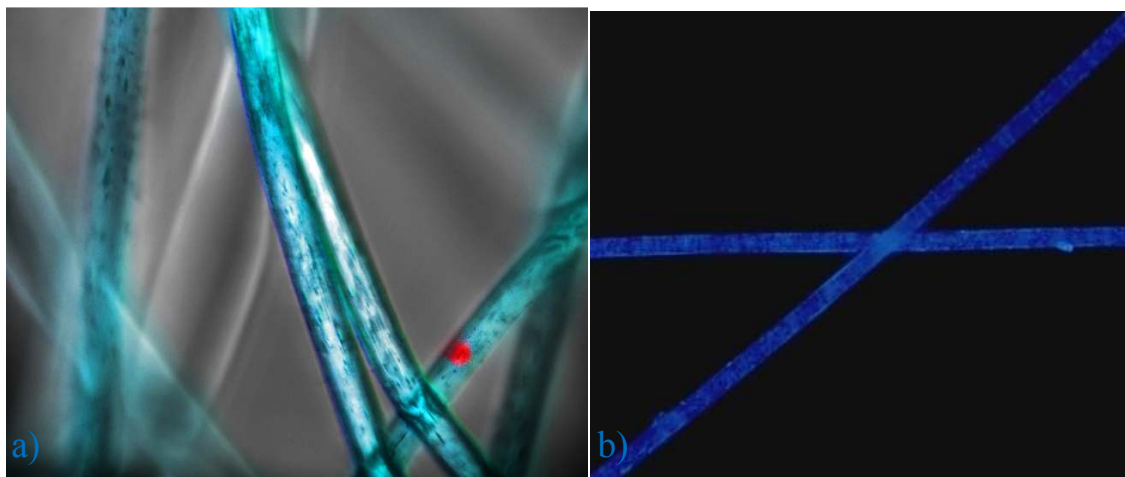
Obr. 20 Fluorescencia polyamidu a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x), b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

Bolo pozorované, že polyamid v UV svetle sa nachádza v rozpätí zeleného a modrého spektra viz. obr. 20 a. Intenzita zeleného spektra bola vyššia. Snímka vytvorená na mikroskopy s jedným fluorescenčným filtrom preukazuje nízku intenzitu fluorescence v modrom spektru.

Fluorescencia Polypropylénu

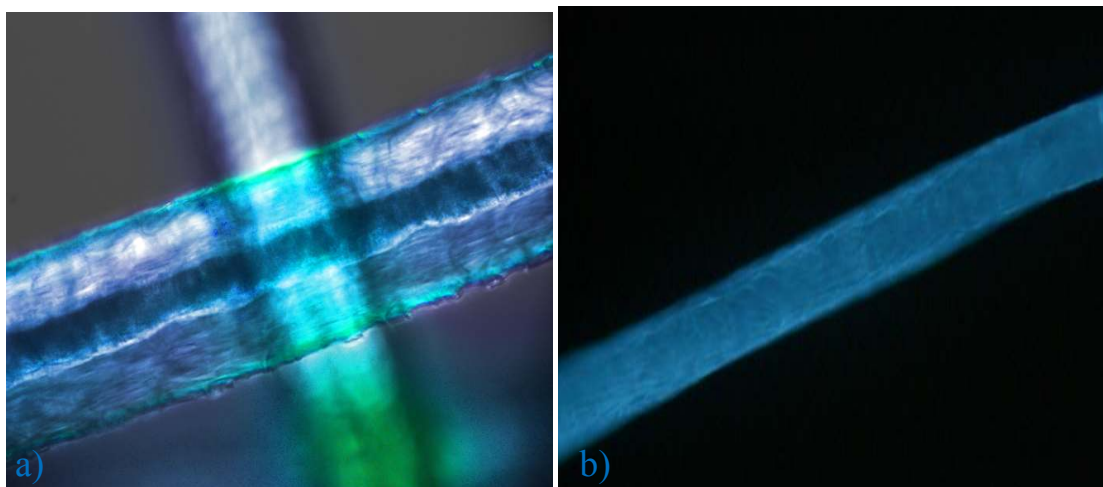
Obr. 21 Fluorescencia polypropylénu a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x), b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

U polypropylénu bolo vidieť lokálnu fluorescenciu v zelenej spektrálnej oblasti viz. Obr. 21 a, červené a modré spektra boli veľmi slabé. Dalo by sa povedať, že polypropylén nemá svoju autofluorescenciu.

Fluorescencia Polyestru

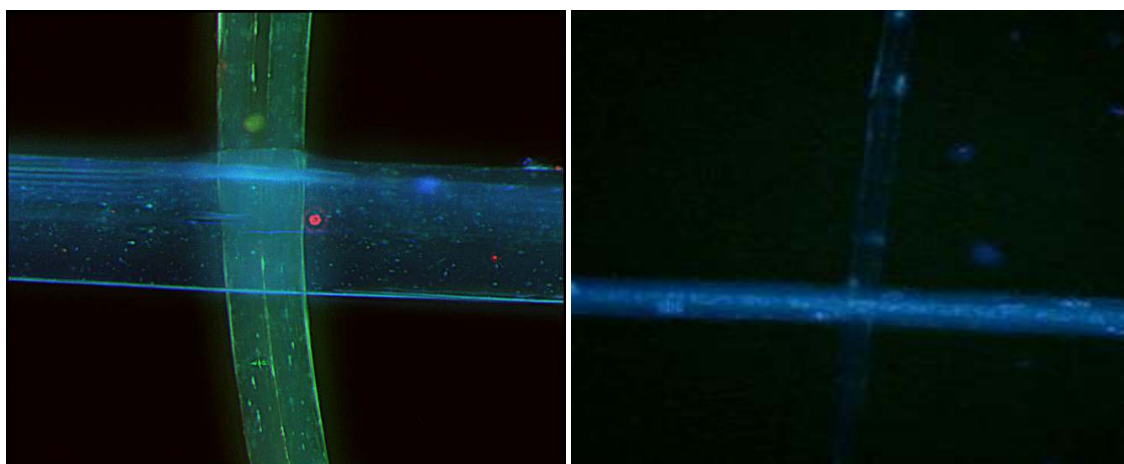
Obr. 22 Fluorescencia polyestru a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x), b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

U polyesteru bolo vidieť, že má intenzívnu fluorescenciu v modrej spektrálnej oblasti viz. obr. 22 a, b. K jeho identifikácii stačil mikroskop iba s jedným fluorescenčným filtrom.

Fluorescencia Vlny

Obr. 23 Fluorescencia vlny a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x),
b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

U vlny bolo vidieť prelínanie modrého a zeleného spektra viz. obr. 23 a.

Fluorescencia zmesi vlákien

Obr. 24 Fluorescencia polypropylénu (umiestnený pozdĺž súradnice OY) a polyamidu (umiestnený pozdĺž súradnice OX) a) použitie troch fluorescenčných filtrov (zväčšenie objektívu 50x), b) použitie jedného fluorescenčného filtra (zväčšenie objektívu 20x)

Ako je vidieť zmesi dvoch typov vlákien je možné s dostatočne veľkou presnosťou identifikovať, ale iba s použitím mikroskopu s tromi fluorescenčnými filtermi, umožňujúcich pozorovať fluorescenciu vo viacerých spektrálnych oblasti viditeľného svetla.



Po dokončení pozorovania vzorkou (víc. Príloha 5) bolo dospené k záveru, že z týchto príkladov vzoriek boli zistené nedostačujúce pozorovacie schopnosti u mikroskopu s jedným spektrom. Používanie imerznej kvapaliny u vzorkou s využitím troch spektier mala nepriaznivé účinky na zaostrovanie vlákien, voda rozplývala fluorescenciu do okolia bol vytvorený tzv. povlak. Všetky snímky boli vytvorené v tmavom prostredí laboratórií, svetelné podmienky boli nemeniteľné, preto nedochádzalo k zmenám.

9. Diskusia

V dnešnej dobe sa stále využívajú nové techniky a metódy, ktoré sa stále menia a zdokonaľujú. To má aj za následok využitie mikroskopu s UV svetlom pri identifikácii textilných vlákien.

Cieľom tejto bakalárskej práci bolo zistiť odpovede na jednotlivé otázky. Majú zvolené textilné vlákna autofluorescenciu? Je rozdiel autofluorescencie vlákien s/bez použitím imerzie? Má nejaký vplyv okolité svetelné prostredie na fluorescenciu? A hlavným cieľom bolo určiť či je možné textilné vlákna pomocou fluorescencie identifikovať.

V prvej časti bakalárskej práci snahou bolo vysvetliť pojem fluorescencia. Hľadanie vhodných informácií, ktoré by mohli pomôcť k samostatnému výskumu, využitie fluorescencie, výskumy s textilnými vláknami, možnosť zvyšovania fluorescencie.

V druhej časti zámerom bol samostatný priebeh experimentu. Ako prvé bolo zhotovenie preparátov v pozdĺžnom smere vybraných syntetických vlákien (víc. tab. 4). Tieto vlákna boli skúmané v „suchom“ prostredí, čiže bez využitia kvapaliny a taktiež vlákna v imerzií, kde bola využitá iba destilovaná voda. Dôvod prečo boli pozorované vlákna „na sucho“ je fakt, že vlákna v priečnom smere sú bez imerzií. Pre lepšiu identifikáciu boli vlákna pozorované v prechádzajúcom svetle, z dôvodu identifikácií vlákien, nájdenie rôznych nerovností, ktoré by mohli zmeniť autofluorescenciu vlákien. Ďalším krokom nasledovalo štúdium textilných vlákien pod UV svetlom. Väčšina textilných vlákien sa javili ako autofluorescenčné. Po preskúmaní všetkých preparátov „na sucho“ a v imerzií bolo dospené k záveru, že syntetické vlákna sú



autofluorescenčné, ale menia svoju intenzitu v závislosti na vplyvu kvapaliny. Napr. polyamidové vlákna pri použití kvapaliny mali zvýšenú intenzitu fluorescence. Z dôvodu zmeny intenzity fluorescence u ďalších pozorovaní boli používané preparáty „na sucho“. Pre potvrdenie tohto záveru boli realizované vzorky z prírodných vlákien a to z bavlny, viskózy, ľanu a vlny. U týchto prírodných vlákien bola zistená taktiež autofluorescencia. Zaujímavým výsledkom bola bavlna, ktorá „na sucho“ pod UV svetlom mala vysokú fluorescenciu, ale naopak v imerzií mala zníženú fluorescenciu. U ostatných prírodných vlákien nebol pozorovaný veľký rozdiel.

Po získaných snímkach boli vlákna rozdelené podľa intenzity autofluorescencie (víc. kapitola 8.12). Úplnú autofluorescenciu zo syntetických vlákien má polyester a z prírodných vlákien sú viskóza, vlna, konopy, juta, hodváb a bavlna. Naopak bez autofluorescencie je polypropylén.

Ďalším pozorovaním boli zmesi vlákien. Vzorky v pozdĺžnom smere boli vyhotovené na základe intenzity jednotlivých typov vlákien, ktoré boli dané do kríža. Bolo presne stanovené aké vlákno sa bude nachádzať na ose OX a OY. Bolo to z dôvodu lepšej orientácie vo vzorku a taktiež zameranie sa na rozdiely v identifikácii jednotlivých vlákien. Taktiež boli vyhotovené vzorky v priečnom smere v doštičke (víc. kapitola 8.13). Na záver bol vytvorený preparát zo štyroch druhov vlákien (víc. obr. 14) kde snahou bolo porovnávanie intenzity autofluorescencie a popríade či budú mať na seba vplyvy fluorescence jednotlivých vlákien. Najväčšiu intenzitu fluorescence mala hodváb, polyester, viskóza a najmenšiu má polyamid. Táto intenzita mohla byť taktiež ovplyvnená umiestnením vlákna v preparáte (výška jeho umiestnenia), tzn. záleží či je umiestnený v hornej alebo dolnej časti preparátu. Ale to by bolo nutné preskúmať.

Posledné pozorovanie fluorescence u textilných vlákien prebiehalo za použitia konfokálneho mikroskopu umiestneného na Prírodovedeckej fakulty na Karlovej univerzite pod dohľadom doc. J. Černým. Boli skúmané vybrané vzorky (víc. tab. 5) v pozdĺžnom smere. Cieľom tohto pozorovania bolo zistiť rozdiely u pozorovaných textilných vlákien s využitím troma a jedným fluorescenčným filtrom. Boli viditeľne rozdiely a to: vzorky, ktoré mali slabú alebo žiadnu fluorescenciu pod mikroskop s jedným fluorescenčným filtrom, mali výraznejšiu fluorescenciu v iných farebných spektrách (červený, zelený) pozorované pod konfokálnym mikroskopom.



Počas pozorovania došlo k záveru, že intenzita svetelných okolných podmienok ovplyvňuje konečný výsledok snímku. V prípade zhotovenia obrázku vlákien v UV svetle sa volí automatické nastavenie expozičnej doby, trvanie ktoré sa mení samovoľne v závislosti na okolných svetelných podmienkach. Preto preparáty boli pozorované pri denných okolitých svetelných podmienkach a pozorovanie v neskorých odpoledných hodinách. Z dôvodu, že mikroskop sa nemohol presunúť do tmavej miestnosti, toto pozorovanie sa uskutočnilo vo večerných hodinách v laboratórií. Po preskúmaní snímok vytvorených počas dňa a večerných hodinách bolo dospené k záveru, že intenzita fluorescencia sa nedá presne stanovať pri meniacich sa okolitých denných svetelných podmienkach, tzn. že mikroskop stále sa prispôsobuje a snímky nie sú reálne. Preto by som odporučila presunúť mikroskop do tmavej miestnosti.

Záver diskusie

K definovaným cieľom tejto bakalárskej práce bolo či podľa intenzity fluorescencie sa dá identifikovať textilné vlákna. Identifikácia pomocou fluorescencie je možná, ale musia sa riešiť nasledujúce problémy:

- Zaistenie stálych svetelných okolných podmienok v laboratórií
- Doplnenie fluorescenčného mikroskopu o radu fluorescenčných filtrov, konkrétne o zelené a červené spektrum
- Spôsob prípravy preparátu rovnaký v pozdĺžnom a priečnom rezu, bez imerzie



Záver

Samostatná textilná veda je rozmanitá a vždy je možnosť objaviť niečo nové, zaujímavé, doteraz nepreskúmané. Slúži k tomu využitie nových techník a metód napr. modernejšie mikroskopy, ktoré nám napomáhajú k dosiahnutiu vytýčeného cieľa.

Predkladaná bakalárska práca je počiatočným výskumom, v ktorej bola využitá fluorescencia pre identifikáciu textilných vlákien. Doposiaľ fluorescencia bola využívaná predovšetkým v biológii, archeológii a kriminalistike.

Počas experimentu bolo zistenie fluorescencie pri výskumu textilných vlákien. U vybraných textilných vlákien bola zistená rozdielna intenzita autofluorescencie. Pri výskumu sa dozvedáme u skúmaných textilných vlákien, že pre lepšiu identifikáciu s využitím fluorescencie je vhodné „suché prostredie“ tzn. bez imerzií. Ďalším poznatkom, ktoré by bolo vhodné uskutočniť je umiestenie mikroskopu do tmavej miestnosti a tým snímky textilných vlákien boli by zhotovené pri rovnakých nemenných okolných svetelných podmienkach. Zo zistených výsledkov je zrejmé, že okolné svetelné podmienky majú vplyv na intenzitu autofluorescencie vlákien.

Na záver experimentu možno konštatovať, že mikroskop s UV svetlom a využitím pozorovania fluorescencie je vhodný k rozširovaní znalosti o textilných vláknach a ich identifikáciu. Aby bolo možné využiť vlastnosti tohto mikroskopu v plnom rozsahu pre skúmanie textilných vlákien, bolo by vhodné zvýšiť počet spektier tzv. „kociek“. Tým by bola dosiahnutá nie len dokonalejšia identifikácia textilných vlákien.



Zoznam použitej literatúry

- [1] Černý, J. *Fluorescenční mikroskopie* Mgr. Jan Černý PhD. Získané 12. február 2009, z Fluorescenční mikroskopie: <http://www.otevrena-veda.cz/ov/users/Image/default/C1Kurzy/Biolog/3cerny.pdf>
- [2] Davidson, M. W. (1998, july 20). *Fluorescence microscopy*. Retrieved 12. február 2009, from Molecular Expressions Optical Microscopy Primer: <http://microscope.fsu.edu/primer/techniques/fluorescence/fluorhome.html>
- [3] *Fluorescence microscope*. Retrieved 20. január 2009, from Wikipedie: http://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence_microscope
- [4] *Fluorescenční mikroskopie*. Získané 20. január 2009, z <http://biologie.upol.cz/mikroskopie/fluorescencni%20mikroskopie.htm>
- [5] *Fluorophores.org*. (2009, february). Retrieved 4. may 2009, from <http://lamp3.tugraz.at/~fluorbase/>
- [6] *História mikroskopu*. Získané 20. január 2009, z http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Tesar/diplomky/obr_dopl_optika/optika/mikroskopy/historie.htm
- [7] Hofr, C. *Fluorescenční mikroskopie*. Získané 3. február 2009, z http://is.muni.cz/el/1431/podzim2007/Bi7230/um/3973768/12_mikroskopie.pdf
- [8] M. Muller, B. M. (2006, march 1). *Identification of single archaeological textile fibres from the cave of letters using synchrotron radiation microbeam diffraction and microfluorescence*. Retrieved 3. február 2009, from <http://www.springerlink.com/content/cnv743252116227q/fulltext.pdf>
- [9] *Navajo*. Získané 3. január 2009, z <http://mikroskop.navajo.cz/>
- [10] *Olympus*. (2000). Cit. 5. január 2009. Dostupné na Internet: http://www.iolympus.cz/mikroskopy/navody/BX51_52.pdf
- [11] P. H. Greaves, B. P. (1995). *Microscopy of Textile Fibres*. Oxford.
- [12] Reichman, J. (1998, june). *Chroma Handbook of optical filters for fluorescence microscopy*. Retrieved 6. may 2009, from <http://depts.washington.edu/keck/handbook3.pdf>
- [13] RNDr. Věra Habrová, C. (1990). *Mikroskopická technika*. Praha: Univerzita Karlová v Praze.
- [14] *Sandragon*. (2007). Získané 6. máj 2009, z <http://www.sandragon.cz/>



- [15] Springsteen, W. (2003). *Fluorescence & Color*. Retrieved 5. január 2009, from http://www.labsphere.com/data/userFiles/Fluorescence_and_color.pdf
- [16] Švec, I. P. *Penta*. Získané 6. máj 2009, z <http://pentachemicals.eu/>
- [17] *Ťaháky a referáty*. (9. december 2005). Cit. 5. január 2009. Dostupné na Internet: <http://www.tahaky-referaty.sk/Mikroskop/2271/&i9>
- [18] *Wikipedie*. Získané 4. február 2009, z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroskop>



Zoznam príloh

Príloha 1 Textilné vlákna snímané v prechádzajúcom svetle

Príloha 2 Fluorescencia textilných vlákien (pozdĺžny rez)

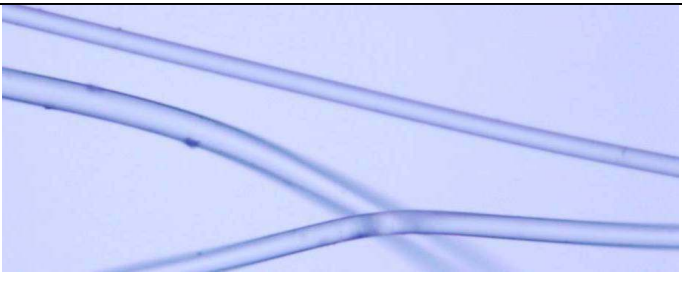
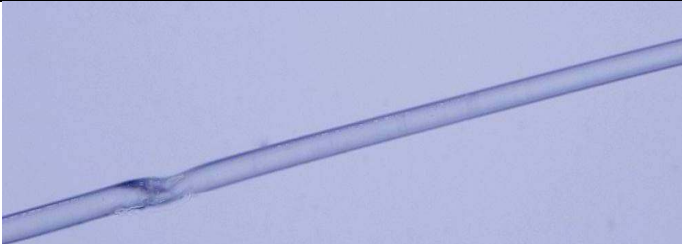
Príloha 3 Vlákna v priečnom rezu

Príloha 4 Vlákna pri odlišných okolných podmienkach

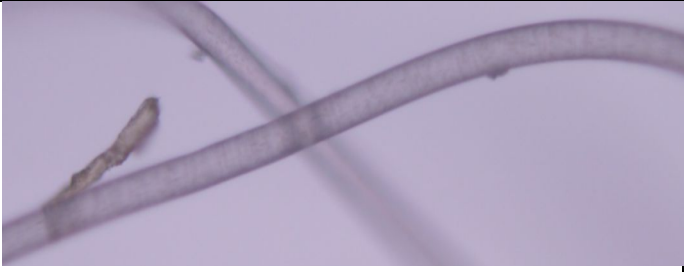
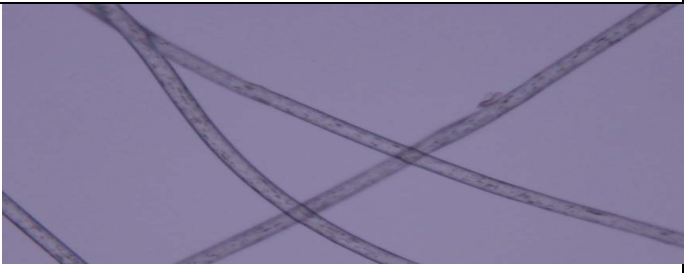
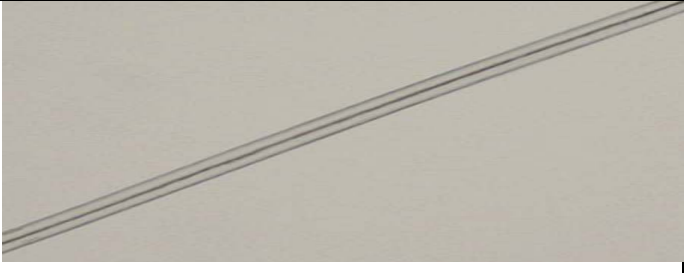
Príloha 5 Pozorovanie textilných vlákien v UV svetle pri použití troch fluorescenčných filtrov (pre modrý, zelený a červený spektra) alebo iba jedného (pre modrý spektrum)

Príloha 6 Webová stránka Fluorophores.org

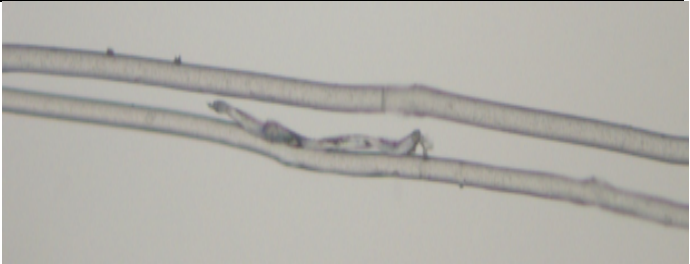
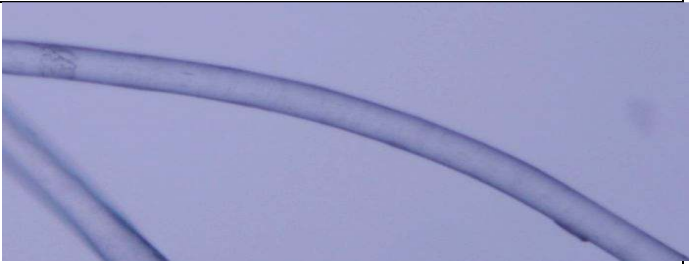
Príloha 1 Textilné vlákna snímané v prechádzajúcom svetle

Typ vlákna		
Polyamid matovaný	„na sucho“	
	v imerzií	

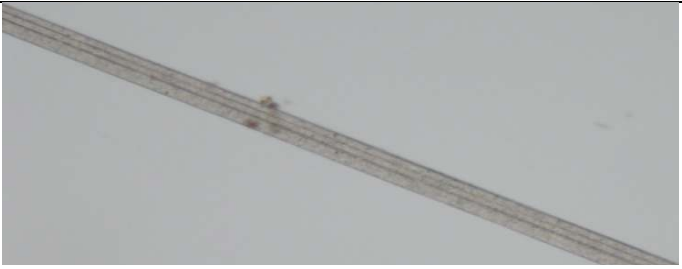


Polyamid lesklý	„na sucho“	
	v imerzií	
Polyester	„na sucho“	
	v imerzií	
Polyakrylnitri l	„na sucho“	
	v imerzií	

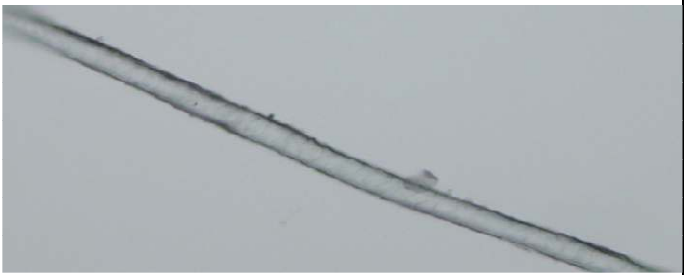
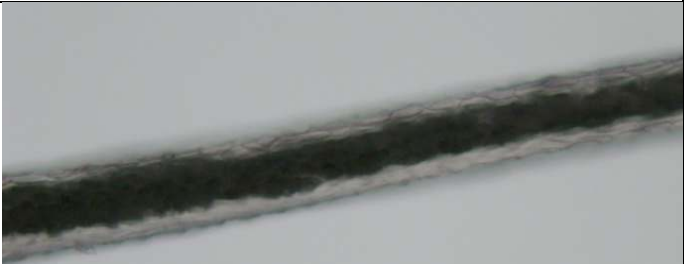


Polypropylén	„na sucho“	
	v imerzií	
Bavlna	„na sucho“	
	v imerzií	
Viskóza lesklá	„na sucho“	
	v imerzií	



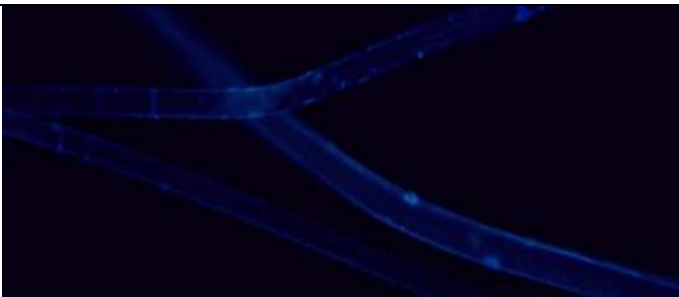
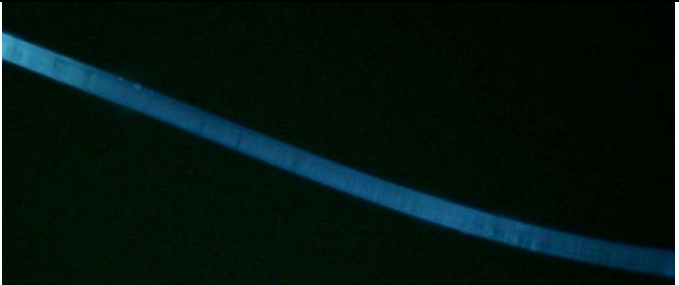
Viskóza matovaná	„na sucho“	
	v imerzií	
Len	„na sucho“	
	v imerzií	
Len kotonizovaný	„na sucho“	
Konopy	„na sucho“	



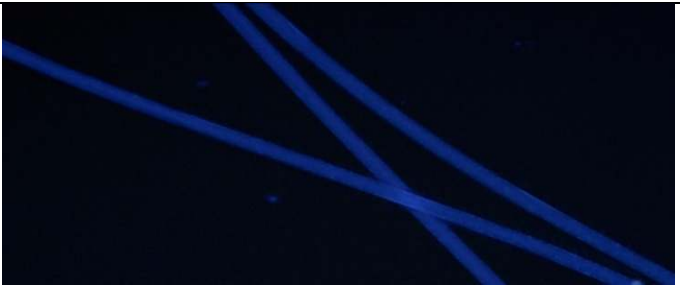
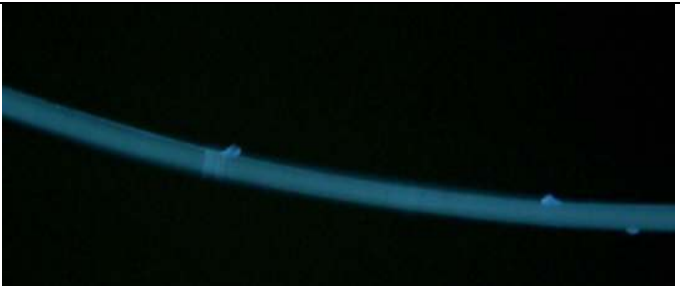
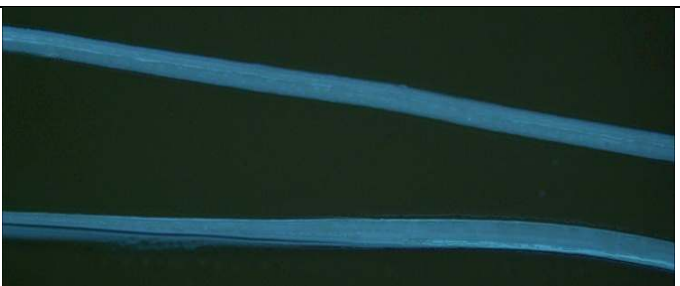
Juta	„na sucho“	
Hodváb	„na sucho“	
Vlna Merino	„na sucho“	
Vlna Kříženecká	„na sucho“	
	v imerzií	



Príloha 2 Fluorescencia textilných vlákien (pozdlžny rez)

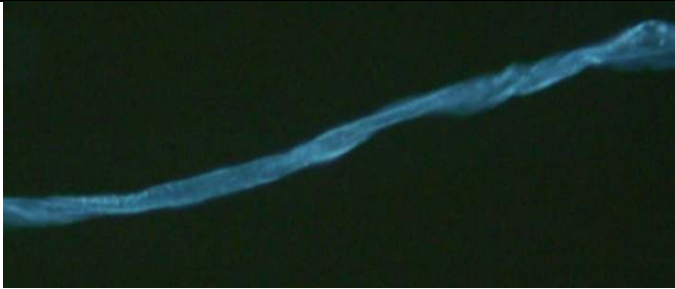
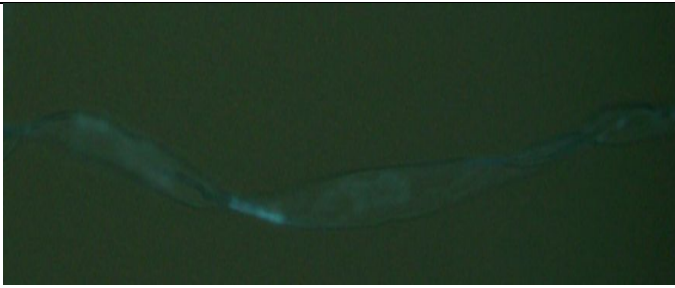
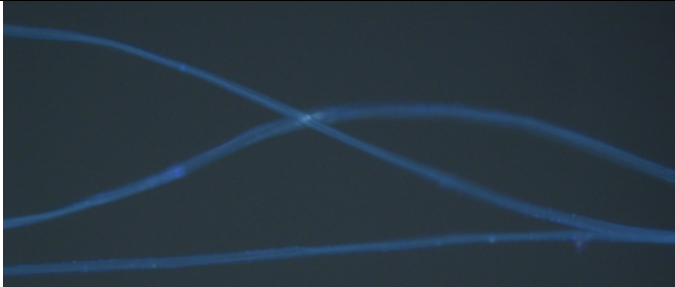
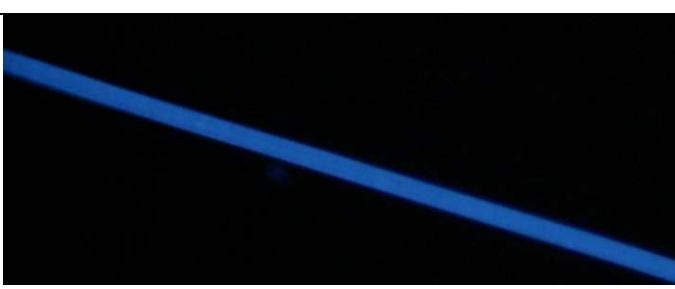
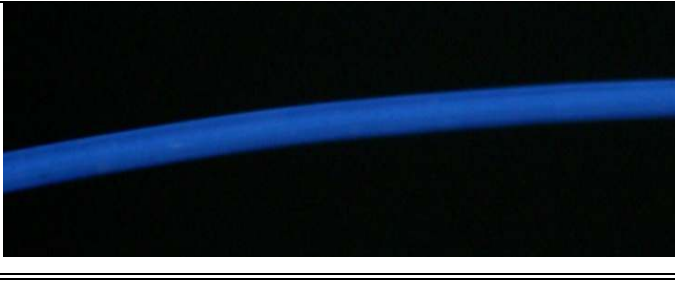
Typ vlákna		
Polyamid matovaný	„na sucho“	
	v imerzií	
Polyamid lesklý	„na sucho“	
	v imerzií	



Polyester	„na sucho“	
	v imerzií	
Polyakrylnitril	„na sucho“	
	v imerzií	
Polypropylén	„na sucho“	
	v imerzií	

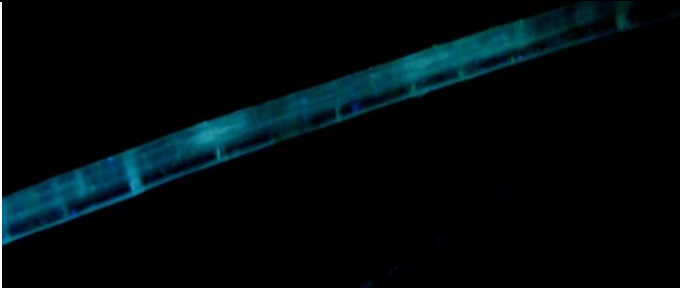
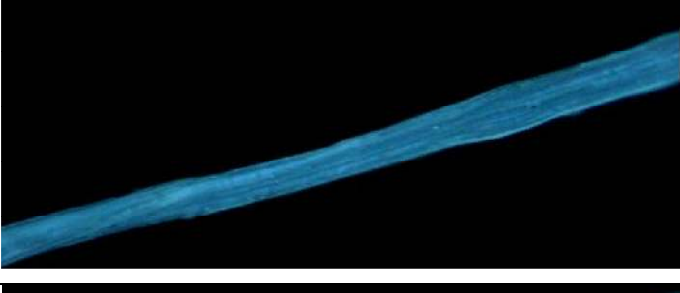
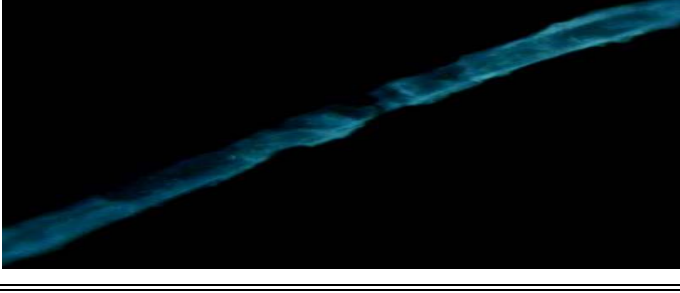
Identifikácia textilných vlákien pomocou fluorescencie



Bavlna	„na sucho“	
	v imerzií	
Viskóza lesklá	„na sucho“	
	v imerzií	
Viskóza matovaná	„na sucho“	
	v imerzií	

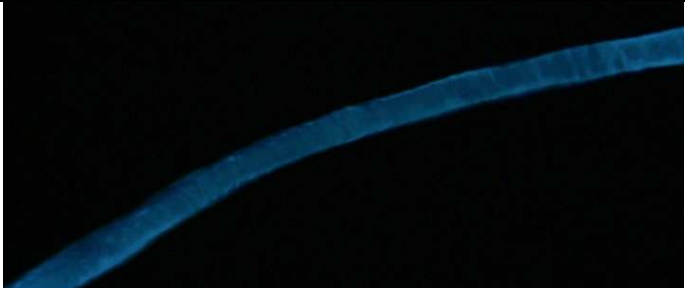
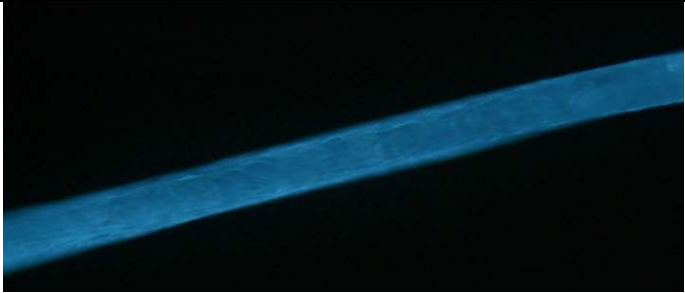
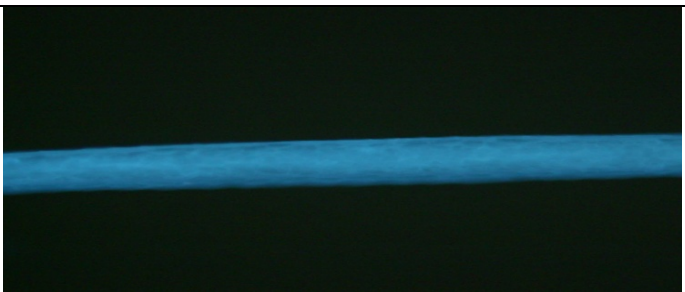
Identifikácia textilných vlákien pomocou fluorescencie



Len	„na sucho“	
	v imerzií	
Len kotonizovaný	„na sucho“	
Konopy	„na sucho“	
Juta	„na sucho“	
Hodváb	„na sucho“	

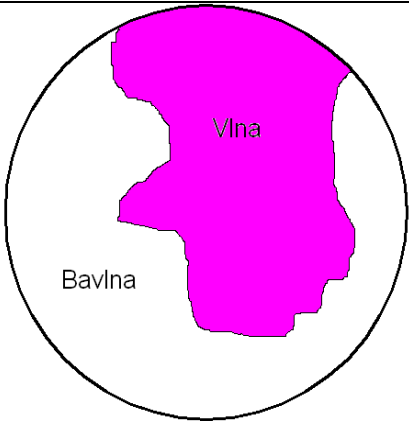
Identifikácia textilných vlákien pomocou fluorescencie



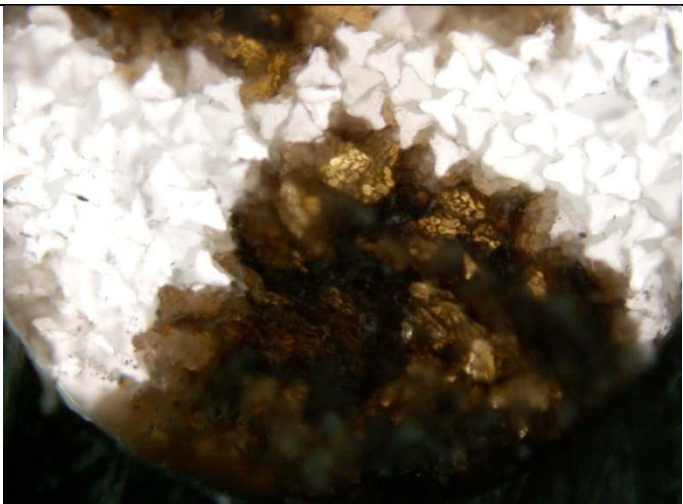
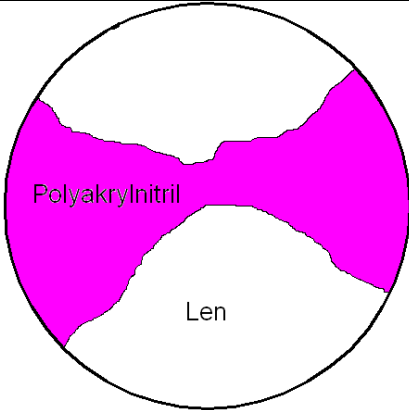
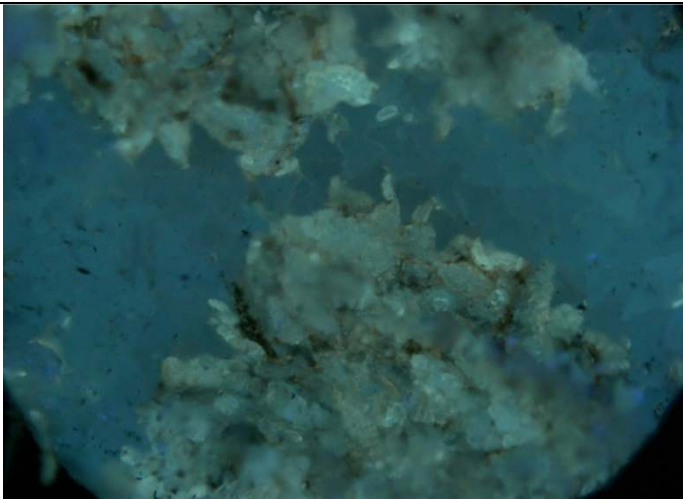
Vlna Merino	„na sucho“	
Vlna Križenecká	„na sucho“	
	v imerzií	



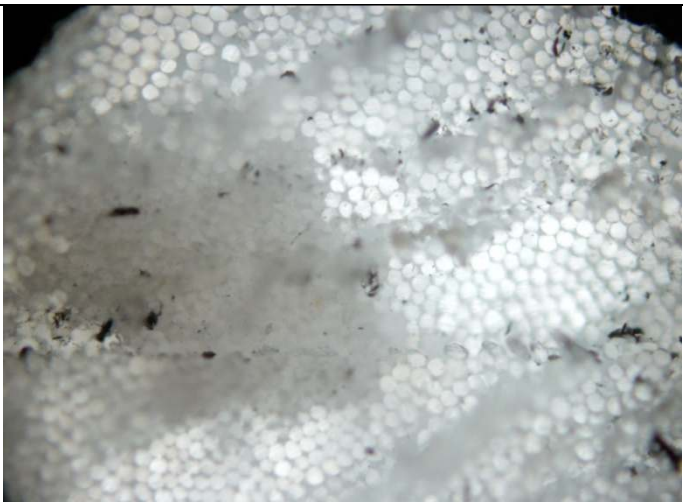
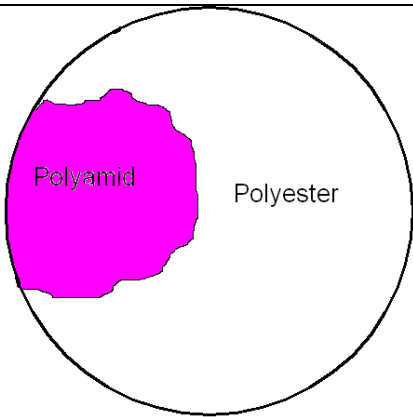
Príloha 3 Vlákna v priečnom rezu

Typ vlákien		
Rez bavlnou a vlnou Merino	Prechádza - júce svetlo	
		
	UV svetlo	

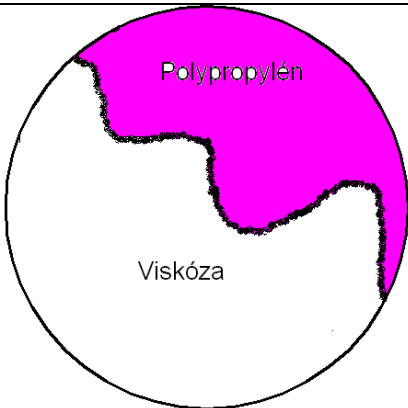


Rez ľanom a polyakrylni- trilom	Prechádza - júce svetlom	
		
	UV svetlo	

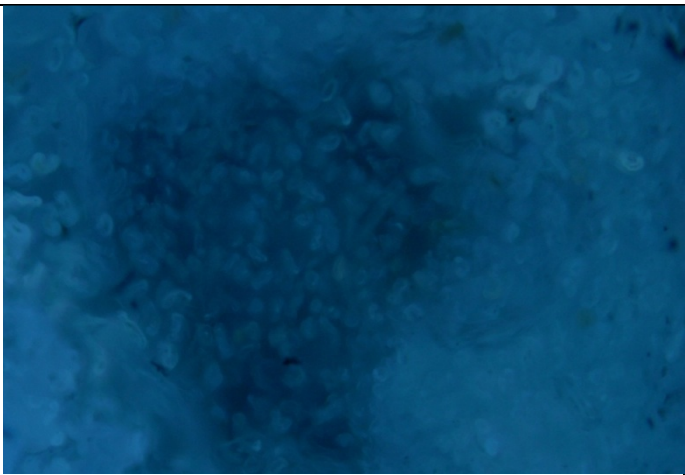


Rez polyestrom a polyamidom	Prechádza - júce svetlo	
		
	UV svetlo	



Rez viskózou a polypropylénom	Prechádza - júce svetlo	
		
	UV svetlo	



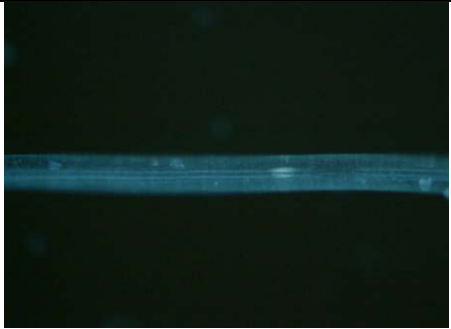
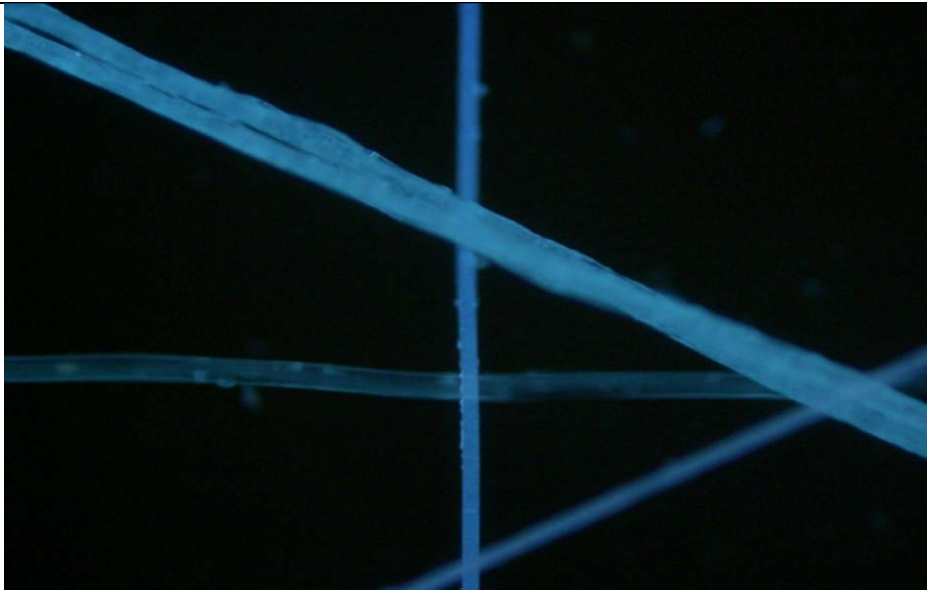
Bavlna	UV svetlo	
--------	-----------	--



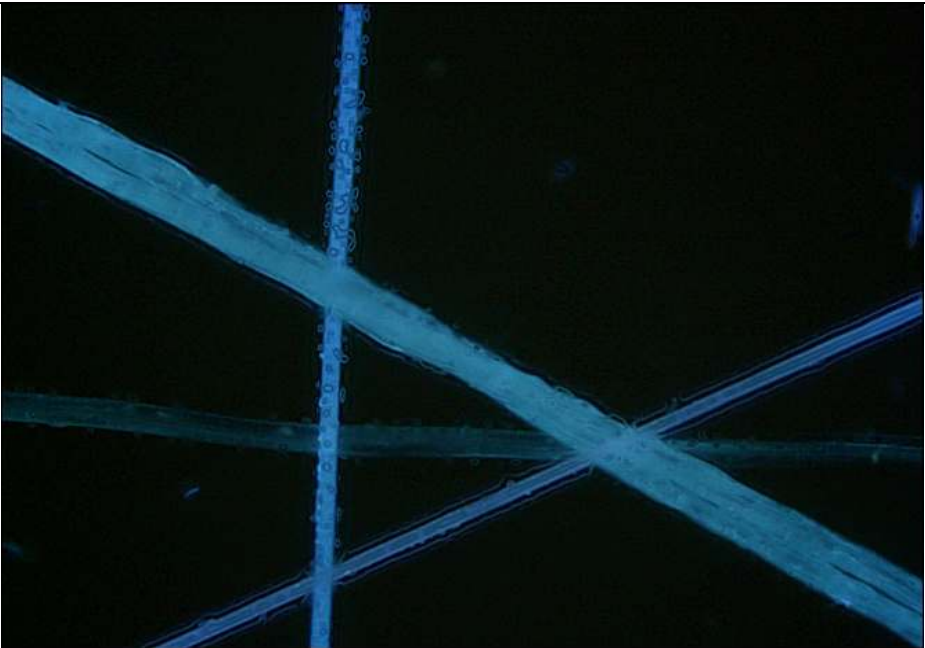
Príloha 4 Vlákná pri odlišných okolných podmienkach

Typ vlákna	Okolné svetelné podmienky	Okolné tmavé podmienky
Ľan a Hodváb		
Ľan		
Hodváb		
Polypropylén a Polyamid		



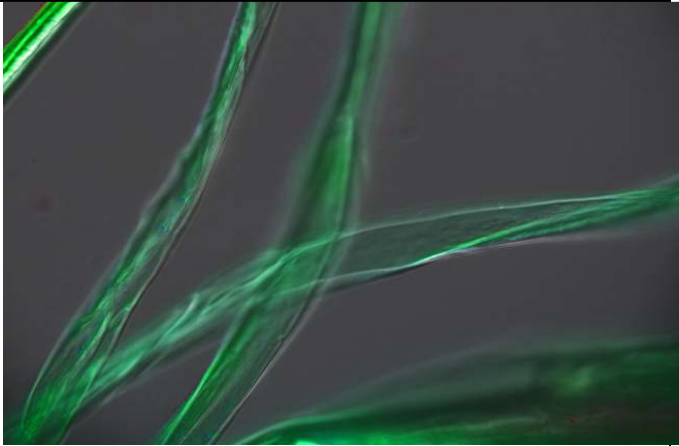
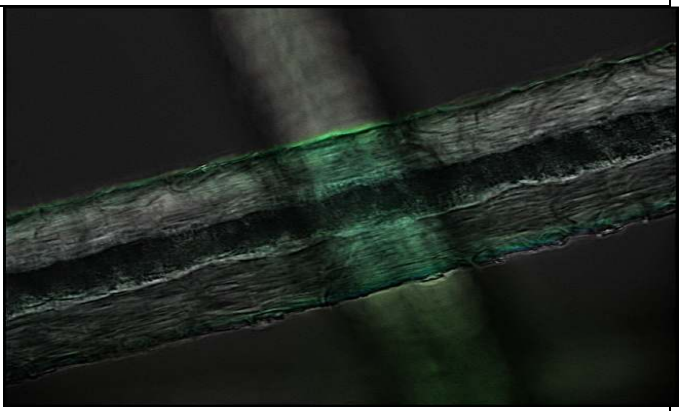
Polypropylén		
Polyamid		
Okolné svetelné podmienky		
Polyamid a Polyester a Hodváb a Viskóza		



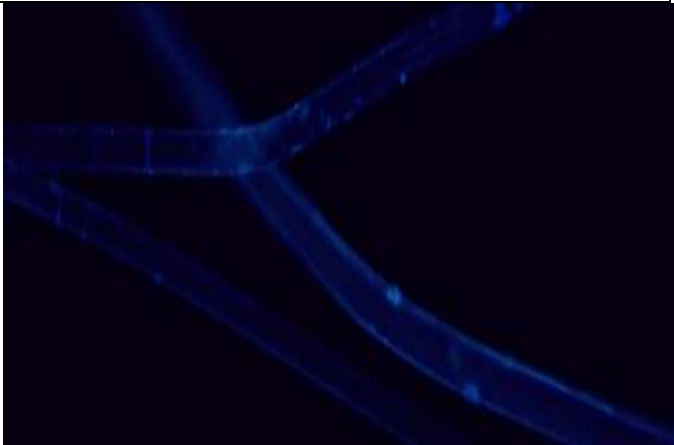
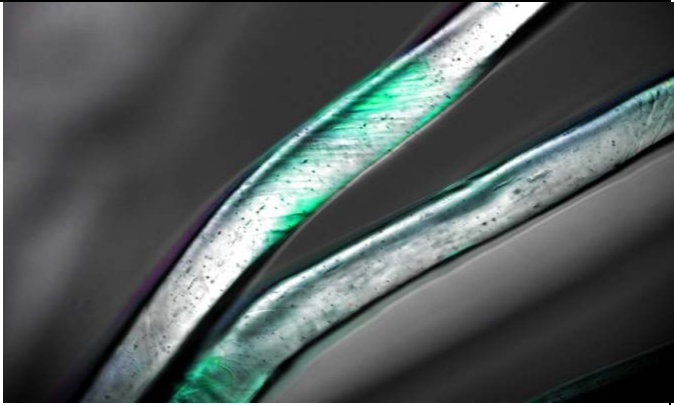
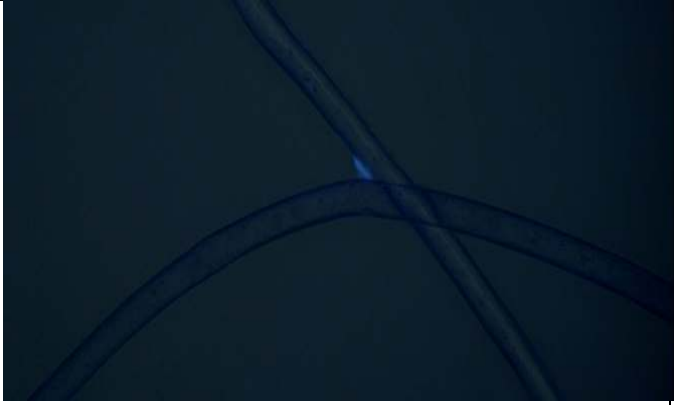
Okolné tmavé podmienky	
Polyamid a	
Polyester a	
Hodváb a	
Viskóza	



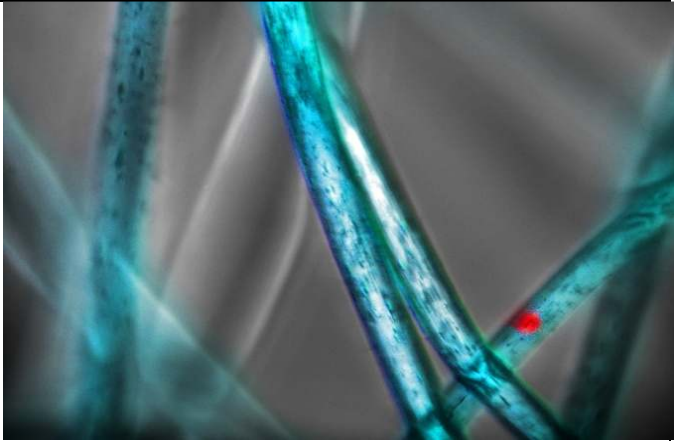
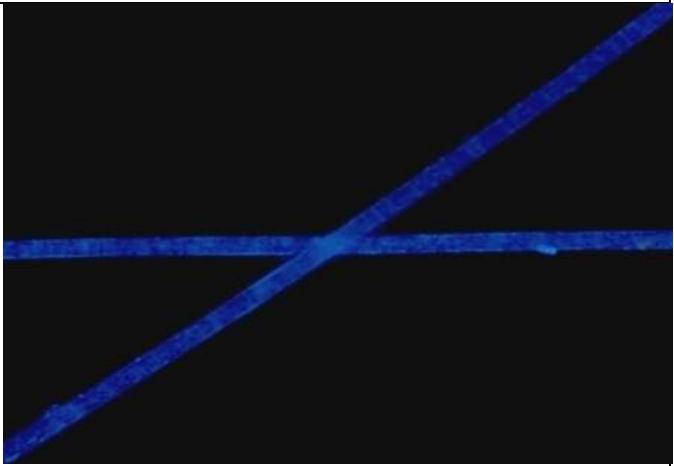
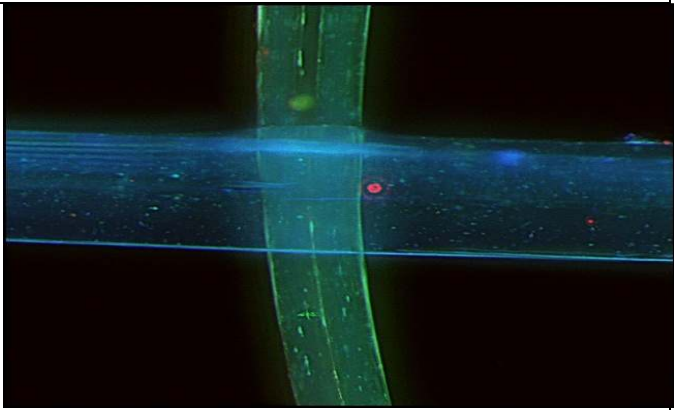
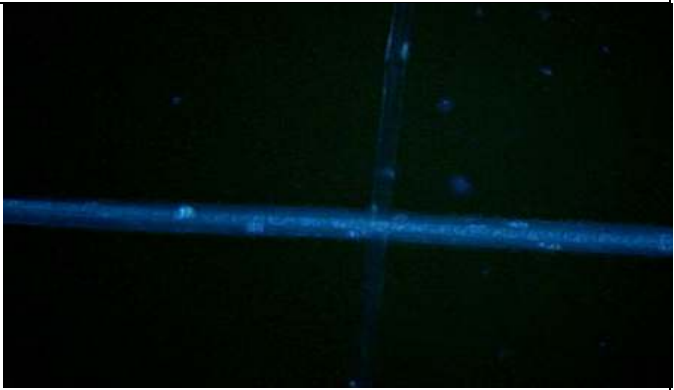
Príloha 5 Pozorovanie textilných vlákien v UV svetle pri použití troch fluorescenčných filtrov (pre modrý, zelený a červený spektra) alebo iba jedného (pre modrý spektrum)

Typ vlákien		
bavlna	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	
vlna	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	



polyamid	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	
polypropylén	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	



polyester	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	
polyamid os x + polypropylén os y	UV svetlo s použitím tri spektier	
	UV svetlo s použitím jedného spektra	



Príloha 6 Webová stránka Fluorophores.org



[Search](#) [Browse](#) [Submit](#) [Register](#) [Help](#) [User](#) [Contact](#) [About](#) [Links](#)

Browse

Application:	Dye Classes:	Excitation max:	Emission max:		
-	-	-	-	Submit	Show All

Found Entries in the Database

Substance Name	Solvent	pH	Excitation max:	Emission max:
----------------	---------	----	-----------------	---------------