

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BARVENÍ POLYESTEROVÝCH
MIKROVLÁKEN

DITA BUČKOVÁ

1997

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Obor studia: 31 26 8

TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

BARVENÍ POLYESTEROVÝCH MIKROVLÁKEN

KTZ

Dita Bučková

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jiří Křišťůfek, CSc.

Konzultant: Ing. Tomáš Jareš

Rozsah práce: 61

Počet tabulek: 21

Počet obrázků: 42

Počet příloh: 4

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Obor studia: 31 26 8

TEXTILNÍ TECHNOLOGIE

BARVENÍ POLYESTEROVÝCH MIKROVLÁKEN

KTZ

Dita Bučková

Vedoucí diplomové práce: Prof. Ing. Jiří Křišťůfek, CSc.

Konzultant: Ing. Tomáš Jareš

Rozsah práce: 61

Počet tabulek: 21

Počet obrázků: 42

Počet příloh: 4

Fakulta textilní

Katedra textilního zušlechťování

Školní rok: 1996/97

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Ditu B u č k o v o u

obor 3126-8 Textilní technologie

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Barvení polyesterových mikrovláken

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši o zadané problematice.
2. U typických disperzních barviv sledujte distribuci barviva mezi standardní a mikrovláknenné hedvábí v průběhu barvení.
3. Výsledky interpretujte z hlediska koncentrace barviv na vláknech a z hlediska remise.

ANOTACE

TÉMA: Barvení polyesterových mikrovláken

Diplomová práce sleduje distribuci disperzních barviv mezi standartní a mikrovláknenné hedvábí v průběhu barvení.

Zpracoval: TU Liberec TF KTZ

Dokončené: 1997

Archivní označení: 395

Obsah

I. Úvodní část.....	2
II. Teoretická část.....	3
1. Mikrovlákna.....	3
1.1. Vznik a vývoj mikrovláken.....	3
1.2. Charakteristika mikrovláken.....	4
1.3. Vlastnosti mikrovláken.....	5
1.4. Parametry mikrovláken.....	7
1.5. Principy výroby mikrovláken.....	9
1.6. Formy mikrovláken.....	11
1.7. Zpracování mikrovláken.....	12
1.8. Konečné použití mikrovláken.....	14
2. Teorie barvení.....	17
2.1. Adsorpce barviv.....	17
2.1.1. Termodynamika rovnovážných stavů	19
2.2. Difúze barviv.....	20
2.2.1. Vliv míchání na difúzi.....	21
2.2.2. Vliv teploty na difúzi.....	22
2.2.3. Termodifúze.....	23
2.2.4. Mechanismus difúze.....	23
3. Kinetika barvení.....	25
3.1. Kinetické rovnice.....	25
3.2. Veličiny popisující kinetiku barvení.....	27
4. Problematika barvení PES mikrovláken disperzními barvivy.....	28
III. Experimentální část.....	32
1. Použité barvivo, materiál, chemikálie, přístroje.....	32
1.1. Použité barvivo.....	32
1.2. Použitý materiál.....	33
1.3. Použité chemikálie.....	33
1.4. Použité přístroje.....	34
2. Zpracování materiálu před barvením.....	34
3. Vlastní barvení za konstantní teploty bez přenašeče.....	34
4. Zpracování po barvení.....	35
5. Analytická část.....	35
5.1. Kalibrace.....	35
5.2. Stanovení koncentrace barviva na vlákne.....	36
6. Objektivní hodnocení equality a barevnosti obarvených vzorků.....	47
7. Diskuse.....	59
7.1. Hodnocení distribuce barviva mezi mikrovlákno a	59
konvenční vlákno	
7.2. Hodnocení barevnosti vzorků.....	59
IV. Závěr.....	61

Seznam použité literatury

Příloha

I. ÚVOD

V poválečných letech začal vzrůstat rozvoj spotřeby syntetických vláken, a to hlavně PES, PAD, POP. Ze všech syntetických vláken měly a mají nejzajímavější vývoj PES syntetická vlákna, která jsou pro svoje univerzální vlastnosti jedním z nejdůležitějších druhů syntetických vláken, a proto se používají skoro ve všech oblastech výroby. Začínaly jako náhrada vlny nebo jako vhodný směsový komponent pro tkaniny k vrchnímu ošacení. Vyrábějí se v mnohých variantách s rozdílnými vlastnostmi. Díky tomu jejich použití rok od roku stále stoupá. Nyní výroba PES vláken dosahuje více než 50% celkové produkce syntetických vláken. Příčina stále vzrůstající produkce těchto vláken spočívá v široké použitelnosti základních typů PES vláken ve všech oblastech textilního průmyslu, a také v možnosti využití řady modifikací, které zlepšují zpracovatelnost a některé užitné vlastnosti. Stávají se postupně nejvšestrannějším typem syntetických vláken, který má také největší vliv na rozvoj textilních strojů a obzvláště pak na zdokonalení technologie předení, zušlechťování.

Avšak na druhé straně kromě zlepšených vlastností mají PES vlákna některé charakteristické vlastnosti, které se negativně projevují při zušlechťování i v užitných vlastnostech. Z toho vyplývá, že s vývojem syntetických vláken nastává potřeba řešení problémů spojených s jejich využitím. Jedním z nejdůležitějších problémů, který je způsoben zvýšenou hydrofobitou, je barvení.

Později byly nevýhody PES vláken odstraněny výrobou modifikovaných PES vláken. V poslední době začal vzrůstat trend výroby velmi jemných filamentů pro jejich nové estetické a omakové kvality. Rychlost, kterou tento trend bude pokračovat, je ovlivněna především rozvojem nových barviv a zdokonalenou technikou barvení. Nyní se syntetická hedvábí, zejména PESH (v druhé řadě také PADh a PANh), uplatňují ve formě tzv. *mikrovláken*. Vývoj těchto vláken vyplývá z přirozené tendence produkovat syntetická vlákna se zlepšenými vlastnostmi kvalitativně převyšujícími původní charakteristiky syntetických vláken.

Výroba mikrovláken odráží změny ve výzkumu v rozvoji syntetických vláken v posledních 20. letech. Dříve byla tendence vyrábět umělá vlákna a potom pro ně nalézt uplatnění. Nyní se rozhodne jaké vlastnosti by vlákno mělo mít a následuje hledání způsobu výroby k dosažení vláken odpovídajících vlastností.

Avšak ani nástup PES mikrovláken se neobejde bez problémů. Ve zpracování PES mikrovláknenných tkanin jsou různé klíčové oblasti, které jsou pro zpracování extrémně důležité. Pro zajištění vysoké kvality tkanin je nezbytné soustředit zvýšenou pozornost na tyto oblasti.

Jednou z nevýhod PES mikrovláken, která zajímá především spotřebitele, je jejich vysoká cena. I přes tuto nevýhodu se PES mikrovlákna stávají stále více populárnějšími v textilním průmyslu díky jejich unikátnosti a zajímavým vlastnostem.

Jaká bude budoucnost PES mikrovláken zatím nemůžeme s určitostí říci. Je zřejmé, že mikrovlákna otevírají nové a prospěšné obchody a přinášejí výzvy pro barvíře a zušlechťovatele. Předpokládá se, že jakmile se dostaneme přes 21. století, PES mikrovlákna se stanou predominantním zdrojem v textilním průmyslu se stále vzrůstajícími podmínkami pro růst a rozšíření jejich trhu.

II. Teoretická část

1. Mikrovlákna

1.1 Vznik a vývoj mikrovláken

Vzhledem ke svému složení netvoří mikrovlákna novou generaci vláken, a přesto se stávají novým fenoménem 90. let pro jejich neocenitelné vlastnosti.

Mikrovlákna ve formě PES, PAD hedvábí se vyrábějí v Japonsku už přes 20. let, v Západní Evropě byla uvedena na trh před 10 lety. Později se začínají vyrábět i mikrovlákna z PES, PAN, POP a Vs stříže.

Vznik mikrovláken navazuje na bikomponentní dvoukompozitní vlákna, která mají dlouholetou tradici. První skupina prodávajících se vláken se objevuje okolo roku 1960. Ta měla jednoduchou strukturu typu S/S (side by side) a typu C/C (centrice - cover core). O něco později, v roce 1965 byla objevena tzv. " *mnohvrstvá dvoukompozitní vlákna* " , která měla více než 5 vrstev. Tato vlákna byla rozštěpena, aby se dosáhlo velice jemných vláken - *mikrovláken*./1,2/

Japonská firma **Kanebo** zabývající se výzkumem a vývojem mikrovláken v roce 1962 vycházela z principu zvlákňování z taveniny. V roce 1965 začala zavádět na trh tzv. *samotvarovací dvoukompozitní kapiláru " NYLON 22 "* s využitím pro dámské punčochové zboží. V roce 1975 se podařilo firmě dokončit zdokonalení mnohvrstvého paprskového bikomponentního vlákna " *BELIMA X* ". Toto vlákno tvoří 8 trojúhelníkových PES částí a paprsková PAD část a stalo se jedním z nejoblíbenějších a nejpoužívanějších vláken na světě./1,2/

Při chemickém štěpení vlákna " *BELIMA X* " se PAD složka zvětší, dojde k tzv. bobtnání, což je dáno rozdílnou srážlivostí obou komponent.

Jedinečný proces štěpení s odlišujícím se srážením byl objeven firmou **Kanebo** zároveň s mikrovlákem Belima a byl dokončen objevením vlákna " *BELLESEINE* " v roce 1977. /1/

Přehled současných výrobců mikrovláken uvádí tab. č. 1./3/

AZKO/ ENKA	Německo	PES
BASF	USA	PES, PAD, umělé hedvábí
Courtaulds	USA/VB	umělé hedvábí
Cyanamid	USA	akryl
Du Pont	USA	PES, nylon
Fiber industries	USA	PES
Hoechst - Celanese	USA/Německo	PES
ICI	VB	nylon
Kanebo	Japonsko	PES, PES/ nylon
Lenzing	Austrálie	umělé hedvábí
Montefibre	Itálie	PES
Radici	Itálie	PES, nylon
Rhone Poulence	Francie	nylon
Teljin	Japonsko	PES, PES/nylon
Toray	Japonsko	PES/nylon

Přestože jsou výrobky z mikrovláken stále více žádanými na trhu, dosud pouze malá část PES a PAD produkce je vyráběna ve formě mikrovláken. V roce 1990 bylo v Západní Evropě vyrobeno asi 8000 tun PES a 11000 tun PAD mikrovláken. To představuje méně než 1% a eventuálně 3% celkové produkce vláken. Světová výroba mikrovláken není zcela známa./4/ Trendy ve výrobě mikrovláken naznačují prudký nárůst výroby, která do roku 1995 vzrostla o 50%. /3/

1.2 Obecná charakteristika mikrovláken

Je překvapující, že neexistuje oficiální definice termínu mikrovlákno. Do tohoto termínu jsou zahrnuta všechna vlákna, která mají jednotlivé filamenty jemnější než 1 dtex, ale především se nacházejí v rozmezí 0,6 - 0,7 dtex.

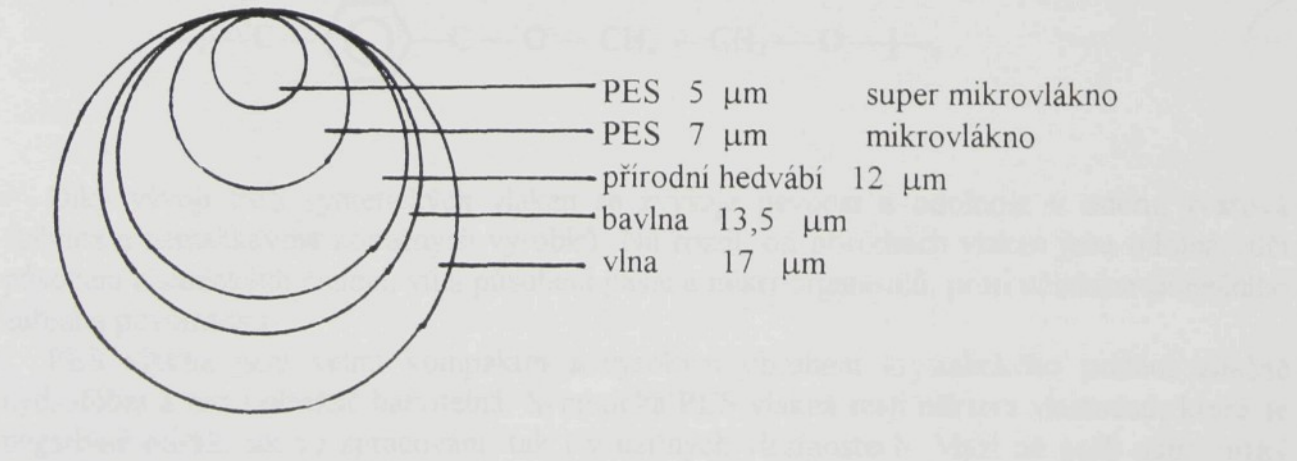
Obecně jsou vlákna rozdělena a klasifikována následovně:

přízová jemnost	průměr vlákna μm	klasifikace vláken
7,0 dtex	cca 25	hrubá vlákna
7,0 - 2,4 dtex	cca 20	normální vlákna (ba, vl, konvenční PES)
2,4 - 1,0 dtex	cca 15	jemná vlákna (hedvábí, akryl)
1,0 - 0,3 dtex	cca 12	mikrovlákno
0,3 - 0 dtex	cca 10 - 5	super mikrovlákno

Tab. č. 2: Klasifikace vláken./9/

Evropští výrobci docilují běžně titr 0,44 dtex. Japonští výrobci dnes nabízejí hedvábí o jemnosti až do jedničného titru 0,05 dtex a pro speciální druhy tkanin i o nižších. Zde se používá označení super mikrovlákno./6/

Grafické srovnání plochy průřezů a relativních průměrů vláken znázorňuje obr.č.1./7/



Jako obchodně dostupný produkt (0,7 dtex) mikrovlákna obsahují asi 4× více filamentů než běžná vlákna . Přesněji řečeno jsou 4× jemnější než vlna, 3× jemnější než bavlna a 2× tak jemné jako nekonečné hedvábí. To je důvod, proč má mikrovláknová příze mnohem větší povrchovou plochu než ostatní vláknenné formy. V porovnání s běžnými PES filamenty je celková povrchová plocha mikrovláken 2,8 - 3,3× vyšší./5,8/

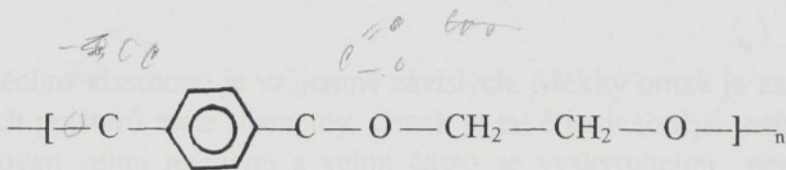
Srovnání průměrů a povrchových ploch rozdílných vláken ukazuje následující tabulka./3/

Tab.č.3 - průměry a povrchové plochy rozdílných vláken.

	bavlna	vlna	hedvábí	konvenční PES	PES mikrovlákn o	
jemnost dtex	2	11,5	1,3	5,5	0,7	0,5
hustota kg/m ³	1500	1360	1370	1380	1380	1380
průměr d×10 ⁻⁶ m	13,1	17	11	22,8	8,1	6,8
povrchová plocha	206	93	290	129	363	430

1.3 Vlastnosti mikrovláken

Chemická struktura PES mikrovláken se neliší od konvenčních PES vláken. Pod pojmem PES vlákna jsou zahrnuty vysokomolekulární látky obsahující esterové skupiny v hlavních řetězcích. Obvykle se vychází z dimetylésteru kyseliny tereftalové (nebo kyseliny tereftalové) a etylenglykolu. Dimetyléster kyseliny tereftalové se reesterifikací etylenglykolu převede na diethylglykoltereftalát, který je monomerem pro výrobu PES vláken. /9,10/



Díky vývoji PES syntetických vláken se zvyšuje pevnost a odolnost v oděru, tvarová stabilita a nemačkovost konečných výrobků. Na rozdíl od přírodních vláken jsou odolná vůči působení chemických činidel, vůči působení plísní a mikroorganismů, proti účinkům slunečního záření a povětrnosti.

PES vlákna jsou velmi kompaktní s vysokým obsahem krystalického podílu, značně hydrofóbní a tím i obtížně barvitelná. Syntetická PES vlákna mají některé vlastnosti, které se negativně odrážejí jak ve zpracování, tak i v užitných vlastnostech. Mezi ně patří např. nízký

příjem vlhkosti související již se zmíněnou vysokou hydrofobitou, vysoká pevnost, která je příčinou žmolkování.

Tyto nevýhody byly později odstraněny výrobou modifikovaných PES vláken./9/

Úspěšným rozvojem mikrovláken je do značné míry potlačena nezbytnost chemických modifikací syntetických vláken, protože jde převážně o nemodifikovaný PET polymer, který má celosvětově mimořádný rozsah uplatnění./6/

Cílem výroby mikrovláken je tedy výroba syntetických vláken se zlepšenými vlastnostmi, které by kvalitou převyšovaly původní charakteristiky syntetických vláken. Jde zejména o zlepšování fyziologických, organoleptických a estetických vlastností jako jsou omak, savost, hřejivost a splývavost. Je samozřejmé, že kromě těchto zlepšených vlastností mají řadu tradičních výhod normálně spojených se syntetiky. Jedná se např. o znamenitou trvanlivost, rozměrovou stabilitu a jednoduchou péči a další. Na druhé straně je snahou přiblížit se užitnými vlastnostmi vláknům přírodním při zachování mechanicko- fyzikálních předností syntetických vláken./3,6/

Vlastnosti hedvábí i textilií z mikrovláken a hedvábí s běžnými filamenti uvádí tab.č.4./10/

vlastnosti hedvábí	mikrovlákno	běžné vlákno
objemnost	menší	vyšší
tření	vyšší	menší
tuhost v ohybu	nižší	vyšší
kontrakce zkadeření	nižší	vyšší
vlastnosti textilií		
omak	měkký	tvrdší
objemnost	nižší	vyšší
nemačkavost	nižší	vyšší
optika	matnější	lesklejší
krycí schopnost	vyšší	nižší
barevný dojem	světlejší	tmavší
lesk	nižší	vyšší

Mnoho těchto vlastností je vzájemně závislých. Měkký omak je zapříčiněn velkým obsahem vzduchových polštářů mezi filamenti. Omak je také hedvábnější, neboť celý povrch textilie je charakterizován velmi jemnými a velmi často se vyskytujícími nerovnostmi než je tomu u hrubších kapilár./10/

Jedním z nejdůležitějších faktorů v omaku tkanin z nekonečných filamentů je ohebnost neboli ohybová tuhost jednotlivých filamentů. Vzhledem k malé tuhosti v ohybu a malým zotavovacím silám po deformaci dochází ke zlepšení splývavosti a zhoršení úhlu zotavení po zmačkání. Pokud jsou mikrovlákna správně zpracována, mají stejnou hladkost a měkký omak blízký se přírodním vláknům jako je viskóza nebo hedvábí./3,6/

Lesk jemnovlákněného hedvábí je decentní, tzn. že odrazivost světla od povrchu filamentů je vzhledem k vyššímu rádiu zakřivení více difúzní, podíl rozptýleného světla je vyšší. Tím dochází při stejném stupni matování suroviny k matnějšímu dojmu. Zlepšení objemnosti textilie je patrné až při snížení jemnosti filamentů na polovinu./10/

Výhoda mikrovláken nad viskózou a hedvábím je v jejich chování ve vodě, na vzduchu, v jejich zlepšené rozměrové stabilitě a odolnosti v potu. Mikrovlákná mohou být tkány velmi těsně. Výsledkem je vysoká hustota PES mikrovláknenné tkaniny. Dokončené zboží obsahuje až 40 000 fibril na jednotku plochy (cm^2)./3,6,11/ To přináší větší odolnost vůči profukování větrem při zachovaném prostupu vodních par a dobré savosti. Projevuje se také zvýšená vodoodpudivost způsobená větším zakřivením elementárních vláken./6/

Protože odstupy mezi jednotlivými vlákny jsou kolem $0,5 \mu\text{m}$ a velikost vodní kapky je $100 \mu\text{m}$, stává se tkanina bez další úpravy vodoodpudivou. Rozměr vodní molekuly, která je okolo $4 \times 10^{-4} \mu\text{m}$, zajišťuje naopak už zmíněnou dobrou průchodnost vodní páry./7/

Díky tomu se může upustit od impregnování zboží nebo vrstvení porézního materiálu. Dokonce při následné aplikaci perfluorkarbonátů mají mikrovláknenné tkaniny bez impregnace ekvivalentní odolnost proti proniknutí vody k vodnímu sloupci 350 - 700 nm, což je přijatelná úroveň pro běžné lyžařské oblečení a oblečení do deště./10/

Dosažením zlepšených vlastností mikrovláken se zvyšuje komfort v nošení a vysoká úroveň estetičnosti mikrovláknenných výrobků. Díky všem zdokonaleným efektům se výrobky z mikrovláknenných tkanin stávají stále více oblíbenějšími než výrobky z konvenčních PES, PES/ ba nebo 100% ba tkanin. Všechno tedy nasvědčuje tomu, že trend k hladkým měkkým tkaninám lehké váhy bude pokračovat a pravděpodobně i vzrůstat./3/

1.4 Parametry mikrovláken

Mikrovláknenná příze je příze s titrem jednotlivých vláken (tj. jedničným titrem) pod 1 dtex.

Průměr **D** vláken s kruhovým průřezem je určen jemností (dtex) a hustotou ρ (g/cm^3).

$$D = 11,3 \sqrt{\text{jemnost} \times \rho} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{pro PES} \quad D_{\text{PES}} &= 9,58 \sqrt{\text{jemnost} \text{ (} \mu\text{m)}} \\ \rho_{\text{PES}} &= 1,39 \text{ g}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Na průměru závisí hodnota měrného povrchu vláken S (cm^2/g)

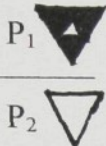
$$S = 40\,000 / D \times \rho \quad \text{vztah platí pro } D \text{ (} \mu\text{m)} \quad (2)$$

$$S = 28\,000 / D = 3\,000 / \sqrt{\text{jemnost}}$$

Velikost plochy povrchu 1g vláken je tedy nepřímo úměrná odmocnině jemnosti. Růst plochy povrchu vláken je důležitý při barvení.

Naproti tomu maximální vyplnění prostoru v textilním útvaru $P \text{ (g/ cm}^3 \text{)}$ na jemnosti nezávisí. Při nejtěsnějším šesterečném uložení vláken s kruhovým průřezem je měřítkem vyplnění poměr ploch tří segmentů k ploše rovnostranného trojúhelníka.

$$P = \frac{\text{plocha segmentů průřezu}}{\text{plocha trojúhelníku o straně D}} \times \rho \quad \text{(3)}$$


$$P \text{ (g/ cm}^3 \text{)} = \frac{P_1}{P_2} \times \rho = \frac{(\pi \times r^2)^{-2}}{\sqrt{3}r^2} \times \rho = \frac{\pi}{2 \sqrt{3}} \times \rho = 0,907 \rho$$


Potom plocha dutiny je dána vztahem: $P_D = P_2 - P_1$

Vyplnění prostoru tedy nezávisí na průměru vlákna, ale ve svazku s nízkou jemností jsou vlákna na místech překřížení těsněji uložena a rozměry i celkový objem dutin v materiálu se zmenšují.

Nejvýrazněji se projeví zmenšení průměru na ohybové tuhosti vláken.

Ohybová tuhost

Ohebnost materiálu ve formě vláken závisí na modulu pružnosti E a na čtvrté mocnině průměru. Je definována součinem E a kvadratického momentu průřezu J :

$$E \times J \text{ [N m}^2 \text{]} = \frac{\pi \times E \times D^4}{64} \approx (\text{ dtex })^2 \quad \text{(4)}$$

Ohybová tuhost klesá s druhou mocninou jemnosti, resp. čtvrtou mocninou průměru a projeví se i při určitém podílu mikrovláken ve směsné přízi./12/

Také měrný povrch a definovaný vztahem jako povrch s na jednotku hmotnosti m je významně závislý na průměru vláken.

$$a = \frac{s}{m} = 2 \sqrt{\pi} \frac{1 + q}{\sqrt{\rho \times T}} \quad \text{(5)}$$

- kde s je povrch vláken [m²]
- m hmotnost [kg]
- q je tvarový faktor [1]
- ρ měrná hmotnost [kg/ m³]
- T délková hmotnost [tex]

Tvarový faktor q (dle Malinovského) je definován :

$$q = \frac{P}{\pi d} - 1 \quad (6)$$

kde p je obvod příčného průřezu a
 d ekvivalentní průměr dán vztahem

$$d = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

Měrný povrch je možno ovlivnit jednak jemností vláken, ale také průřezem vláken./13/

1.5 Principy výroby mikrovláken

Existuje řada metod vhodných pro výrobu mikrovláken. Každá z těchto metod se používá v závislosti na výrobku, který má být vyroben. Nejdůležitějším faktorem při výrobě mikrovláken je požadovaná délková hmotnost neboli jemnost výsledného vlákna./4/

Dnes se k výrobě mikrovláken používají v podstatě čtyři postupy a to /7,13/:

- přímé zvlákňování
- výroba štěpením a separací
- výroba rozpouštěním
- výroba rozpouštěním a separací

I. Přímé zvlákňování

Tvorba mikrovláken touto metodou vychází z dosud běžné technologie zvlákňování. Je založena na snížení jemnosti kapilár vycházejících z trysky při konvenčním mokřém nebo suchém zvlákňování z taveniny, kdy počet filamentů vytlačovaného svazku je vyšší než celková jemnost vytlačovaného svazku hedvábí v dtex, pak jemnost jednotlivých filamentů je menší než 1 dtex./13/

Vyrábí se zpravidla z jednoho polymeru a technologické podmínky se liší podle druhu zvlákňovaného polymeru.

Nízkých délkových hmotností, tj. jemností nebo titru ($g \times 10^{-4} m$), je možné dosáhnout zmenšováním průměrů otvorů ve zvlákňovací trysce, kde však současnou technickou hranicí je 0,15 - 0,20 μm . Na zvlákňovací dráze dochází k dalšímu ztenčení vlákna průtahem vyvolaným rostoucí rychlostí odtahu vlákna. Celý proces zvlákňování z taveniny probíhá ve dvou nebo v jednom stupni. Dvoustupňový způsob je méně produktivní, ale více flexibilní, a proto také častěji používán.

Problémy při zvlákňování mikrovláken mohou způsobit nečistoty nebo nehomogenity v polymerní kapalině a velká citlivost jemných vláken pod tryskou. Příčinou je např.

nerovnoměrné chlazení svazku vláken (rozdíl teplot mezi středem a okrajem trysky je (6 - 8°C), turbulence chladícího vzduchu. Rozdíl teploty vláken na okraji a uvnitř svazku pod tryskou způsobí různou dloužitelnost a tím i rozdíly ve struktuře a vlastnostech.

Touto metodou se nejčastěji vyrábějí PES, PAD, PAN mikrovlákna. /7,14/

II. Výroba štěpením a separací

Provádí se zvlákňováním dvou vláknotvorných polymerů ve speciálně tvarované trysce. Vzniká bikomponentní vlákno tzv. *matricového typu*, u kterého zpravidla PAD tvoří nosnou kostru profilového charakteru a PES zajišťuje výplň vnitřních prostor. Docílí se opět vlákno o vyšší tloušťce, které má lepší zpracovatelnost, a získání mikrostruktury nastává rozštěpením jednotlivých vlákenek v procesu tepelné úpravy. Rozdílnou srážlivostí jednotlivých druhů polymerů pak dochází k zobjemení textilie. /14/

III. Výroba rozpouštěním

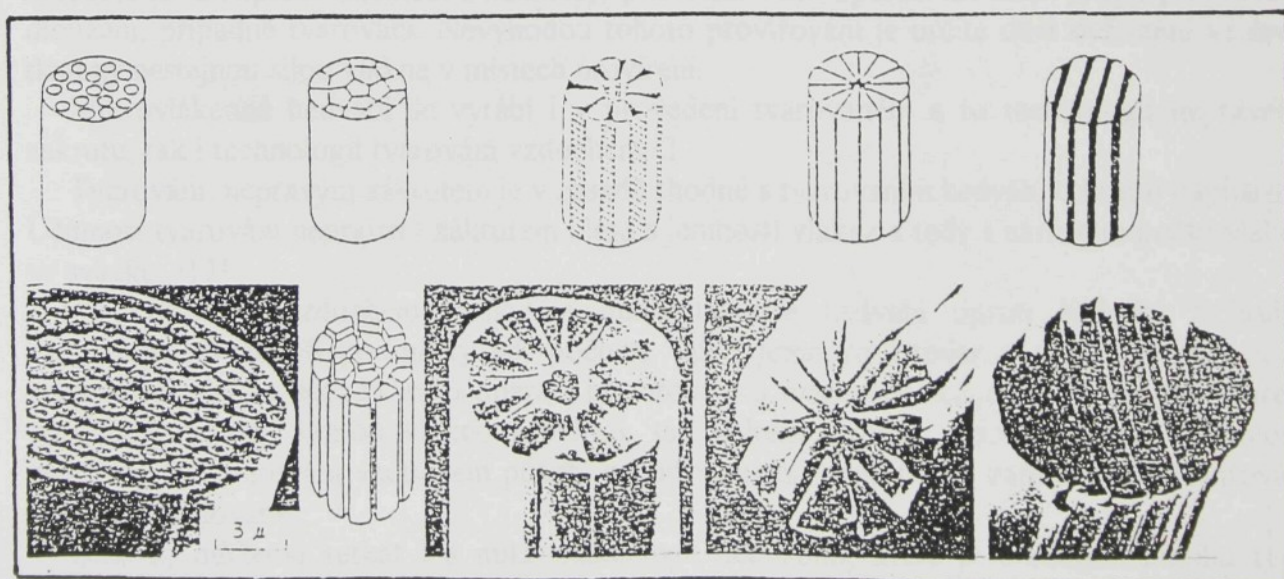
U tohoto procesu je vláknotvorný polymer v přádní trysce směšován s nosným polymerem (polystyrenem), kterým se docílí výsledné vlákno vyšší tloušťky umožňující snadnější zpracovatelnost. Vlastní dosažení jemnokapilárové struktury vlákna se provádí odbouráním nosného polymeru v procesu úpravy textilie. /14/

IV. Metoda rozpouštění a separace

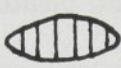
Vychází ze zvlákňování jednoho vláknotvorného polymeru do segmentového typu vlákenek, který se ještě ve spřádací trysce vzájemně slepí s odbouratelným polymerem. V tomto případě se získá vlákno o větší tloušťce. Separace jednotlivých vlákenek pak nastává při procesu chemické úpravy. /14/

Výroba mikrovláken se s klesajícím průměrem vláken stává nákladnější a její produktivita klesá s poklesem jemnosti. Hospodárnost výroby je tedy třeba hodnotit ve srovnání s cenou mimořádných vlastností výrobků, které budou z mikrovláken vyráběny.

Obr. č. 2: Příklady velmi jemných vláken vyrobených z bikomponentních vláken.



Tab. č.5 - Přehled metod výroby mikrovláken

metoda	typ vlákna	příčný řez	polymer	výrobce	deniér
rozpouštění	moře-ostrov		PES/PS	Toray	0,001-0,1
	směs vláken		PES/PAD	Kuraray	0,001-0,1
štěpení a separace	paprsko-vitý		PES/PAD	Kanebo	0,1-0,2
	paprsko-vitý a prázdný		PES/PAD	Teijin	0,23
	rozčle-něný		PES/PAD	Kuraray	0,2-0,3
přímé zvlákňo-vání			PES	Unitika, Others	0,1-0,5
			PAD	Unitika, Others	0,5-0,7
			PAN	Mitsubishi, Rayon	0,1
rozpouštění a separace	FSY		PES	Unitika	0,1

1.6 Formy mikrovlákenného hedvábí

Mikrovlákenné hedvábí je vyráběno v provedení hladkém i tvarovaném. U hladkého hedvábí se setkáváme s provedením bezzákrutovým, které je ovšem pro následnou zpracovatelnost nejchoulostivější. Z toho důvodu se provádí dodatečná úprava buď formou zákrutu, kterým se vlákno uzavře a má tak vyšší odolnost při zpracování nebo způsobem tzv. provířování jednotlivých kapilár, při kterém dochází ke vzniku místních promíslení jednotlivých kapilár do " uzlíků " zabráňujících volnému uvolňování přetržených kapilár. Zlepšuje se tak zpracovatelnost a nahrazuje přitáčení. Tuto operaci lze dělat přímo při procesu dloužení, případně tvarování. Nevýhodou tohoto provířování je určité dílčí ovlivnění vzhledu tkaniny nestejnou silou vlákna v místech províření.

Mikrovlákenné hedvábí se vyrábí i v provedení tvarovaném a to technologií nepravého zákrutu, tak i technologií tvarování vzduchem./2

Tvarování nepravým zákrutem je v zásadě shodné s tvarováním hedvábí o hrubší kapilaritě. Účinnost tvarování nepravým zákrutem klesá s jemností vlákna a tedy s nárůstem počtu vláken ve svazku. /13/

Pro tvarování vzduchem poskytuje mikrovlákenné hedvábí oproti hedvábí z hrubší kapilaritou příznivější podmínky jak počtem, tak i jemností kapilár a získá se lepší efekt zobjemnění vlákna. Rozdíl mezi operací provířování a tvarování vzduchem je dán jak tvarem vzduchové trysky, kterou vlákno prochází, tak tlakem proudu vzduchu a jeho plynulostí působení. Při tvarování vzduchem působí proud vzduchu nepřetržitě, zatímco při provířování kapilár přerušovaně.

Dále se můžeme setkat i s mikrovlákným hedvábím, které je bikomponentního typu vyrobeno až následným směřováním dvou rozdílných typů vláken (např. s rozdílnou

srážlivostí). Tento typ materiálu je dodáván v hladké formě a efekt zobjemnění tkaniny je dosahován až v procesu tepelné úpravy./14/

1.7 Zpracování mikrovláken

Předúprava

Jednou z důležitých oblastí ve zpracování mikrovláken je předúprava. Bez vhodné předúpravy dokonce ani nejlepší barvicí procedura nebude úspěšná. Tyto vlákna mají mnohem větší sklony k udržení aditiv (nečistot), proto je jejich odstranění obtížnější. Před barvením je tedy nutné, aby tkanina byla dokonale odšlichtována (zejména tkané zboží) nebo vyprána, vyčištěna (pletené zboží).

Předúprava se provádí především na beznapětových pračkách otevřené šířky při 80 - 90 ° C. Jestliže náklady na stroje nedovolují použití praček otevřené šířky, mohou být pro dokonalé vyčištění použity proudové barvicí stroje pod vhodně vybranými podmínkami. V závislosti na použitých strojích mohou být tkaniny předupraveny kontinuálně nebo vytahovacím způsobem.

Pro optimální odstranění nečistot jsou doporučovány specifické pH podmínky. Rozmezí pH pro akryl je 8 - 8,5, pro PES pH = 8,0 a pro polyvinylalkohol pH = 6,5 - 7,0.

Pokud je odšlichtování nebo praní prováděno na proudových barvicích strojích, je nutné zajistit, aby tryska nebyla znečištěná před začátkem barvení. Zbytky předúpravy se mohou znovuusazovat na zboží během barvení a být důvodem skvrn. Pro kvalitní předúpravu je důležité znát typ a množství použitého škrobu. Tyto informace mohou být získány od společností dodávajících mikrovlákná./3/

Sušení, prefixace

Tato operace se provádí v závislosti na požadované hustotě tkaniny. Provádí se při 150 - 175 ° C po dobu 45 sec./6/ Je nutné ji provést pro zajištění požadovaného konečného vzhledu a rozměrové stability. Tkaniny mohou být prefixovány buď před barvením nebo po barvení (tkaniny, u kterých požadujeme srážení během barvení pro zajištění jejich zvýšené hustoty)/3/

Semišování, broušení

Další důležitou úpravou PES mikrovláken, která dělá mikrovláknem obchodně přitažlivým, je broušení neboli semišování. Toto zpracování dává tkanině bujný omak, který je obzvláště ceněný u zákazníků. Broušení je obvykle provedeno před barvením na předupraveném zboží, které nebylo předsušeno. Ve speciálních případech může být proces proveden po barvení. Také tkaniny mající tendenci k lepení nebo mačkavosti by měly být broušeny až po barvení. Je nutná přítomnost činitelů obsahujících antistatické vlastnosti. /11/

Zboží je zpracováno na speciálních strojích rychlostí 15 - 20 m/min., které jsou vybaveny válci potaženými 30 - 500 stupni jemnosti smirkového papíru. Někdy je smirkový papír tak jemný, že by mohl odstranit tisk z novin bez jejich roztrhání.

Nejmodernější zařízení má alespoň dva válce - první obstarává jemnější stupeň papíru než další. Avšak ani tato operace se neobejde bez problémů, proto se vyžaduje při provádění

operace vysoká znalost problematiky broušení. Špatné broušení může snižovat pevnost v tahu přízí až o 60%. Kromě toho mohou být zhoršeny stálosti v tření, oděru.

Po broušení je zboží zpracováno při 170 - 180 ° C a následuje praní k odstranění vláknenného prachu před barvením.

Výsledkem této operace bude tkanina s měkkým, sametovým omakem./3/

Barvení mikrovláken

Mikrovlákna se chovají při barvení jinak než hrubší vlákna. S klesající jedničnou jemností více vystupují tyto změny:

- rychlost natahování barviva na vlákna je větší
- je horší egalizace vybarvení (vzhledem k menšímu proudění lázně, díky většímu zaplnění tkanin)
- schopnost přijímání barviva je větší
- dojem z hloubky vybarvení je menší (vybarvení se zdá světlejší)
- vypratelnost je horší

Nevýhodou je menší brilantnost vybarvení a světlejší barevný dojem. Proto je obtížné barvit textilie z hedvábí s jemnými kapilárami na hlubokou čern, a to i při použití více než 20% disperzního barviva (u PES hedvábí). Určité zlepšení dává alkalizace před barvením, která je ovšem podle zkušeností příliš drahá a obtížně reprodukovatelná. /10/

Výběr barvicích strojů pro barvení mikrovláken je limitován. Pro PES mikrovláknenné tkaniny jsou nejvhodnější proudové barvicí stroje a průtokové jednotky, protože toto zařízení dovoluje tkaninám rozvinout jejich objem. Rozmanitost trysek, zahrnující modely nízkého poměru lázně, činí tyto jednotky vhodnými pro barvení PES mikrovláken. Každý typ trysek má individuální vliv na konečný výsledek, a proto také podmínky jako poměr lázně, rychlost cirkulace nebo růst teploty by měly být konstantní pro dosažení snadné reprodukovatelnosti a rovnoměrnosti barvení. /3,11/

Doporučená barvicí lázeň je složená z /5/:

0,5 g/l	odpěňovač
1 g/l	egalizační prostředek
0,5 g/l	dispergátor
x%	kyselina octová 56% (pro úpravu pH na hodnotu 4,5 -5,0) popř. kyselina mravenčí

- probíhá 10 min. při 60 ° C
- následuje přidání x% předem rozpuštěného disperzního barviva

Pomalá rychlost růstu teploty barvení je velmi důležitá k zajištění jednotného tónu vyčerpání a migrace barviva. Barvení by mělo začínat při 60 ° C a pokračovat na 130 ° C po 1 ° C za minutu. Doporučuje se udržet teplotu barvení na 96 ° C, protože rychlost vyčerpání disperzního barviva v tomto rozmezí teploty vzrůstá. Po skončení barvení má být lázeň chlazena nižší rychlostí nebo alespoň stejně rychle jako při barvení. /3,5/

Po barvení je třeba odstranit nefixované barvivo, které by snižovalo stálosti vybarvení materiálu. Materiál musí být podroben praní v alkalicko- redukční lázni pro odstranění

nefixovaného barviva. Po této lázni musí následovat neutralizace kyselinou octovou./3/

Pozn.: Podrobněji je problematika barvení disperzními barvivy popsána v kapitole 4.

Sušení,fixace

Po barvení následuje odvodňování na centrifugách a zboží je sušeno při 150 ° C.

Dokončení

Proces dokončení mikrovláknenných tkanin zcela závisí na jejich konečném použití. Např. funkční sportovní oblečení může být zpracováno fluorkarbonátovými pryskyřicemi. Naproti tomu vycházkové oblečení je dokončeno pomocí změkčovadel nebo antistatických plnidel pro dosažení požadovaného omaku a vlastností. /11/

Zpracování mikrovláknenných tkanin je rozmanité a kraje důležitou roli v užitných vlastnostech konečných výrobků. Jak ukazuje tab.č. 6, zpracování mikrovláknenných tkanin je odlišné od konvenčních vláken.

1.8. Konečné použití mikrovláken

Použití mikrovláknenných výrobků závisí na užitných vlastnostech mikrovláken, technologii výroby a na konečném zpracování.

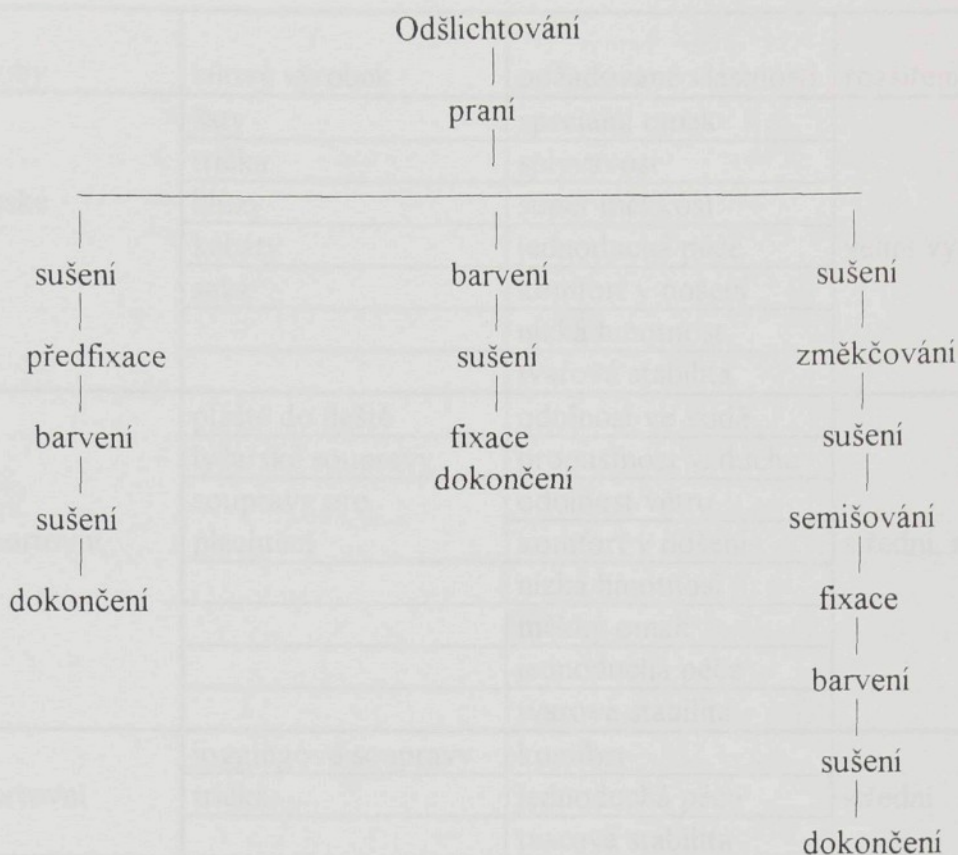
Hlavní oblastí použití mikrovláken je běžné módní oblečení a oblečení pro volný čas. Tyto dvě oblasti tvoří 65% celkové aplikace těchto vláken. Další použití je pro sportovní oblečení a lehké módní oblečení. Módní vycházkové oblečení bude nadále tvořit důležitou obchodní oblast díky zdokonaleným vlastnostem PES mikrovláken, které dovolují, aby tyto tkaniny byly prodávány za vyšší ceny./6/

Dále se mohou PES mikrovlákna uplatňovat v oblasti technických textilií na:

- syntetické usně
- velmi jemné filtry (zdravotnictví, hygienické účely, výpočetní technika, ekologické požadavky.....)
- textilie s charakterem přírodního hedvábí
- speciální vlákna pro rotorové předení
- čistící textilie pro optické přístroje

Kromě již zmíněných technických textilií se začínají vyrábět z mikrovláknenných tkanin i bytové doplňky . Je také předpokládán silný nárůst použití mikrovláknenných tkanin v oblasti pracovních oděvů, např. plášťů, overalech a kombinézách. /3/

Tab. č. 6 - schéma variant při procesu zušlechťování a finální úpravy PES mikrovláken.



Od roku 1991 hrají důležitou roli v použití mikrovláken jejich směsi. Vhodné směsi mohou být zejména používány ke snižování cen, které byly jednou z nevýhod vláken z velmi jemných filamentů. Avšak směsi, které budou obsahovat méně než 50% PES mikrovláken budou pravděpodobně ztrácet výhody, které nabízejí mikrovlákna.

Mikrovlákna mohou být směšována v tkaninách s bavlnou, viskósou, vlnou, akrylem, hedvábím v osnově nebo útku a budou také používána pro pletené zboží./11/

Všechny oblasti použití mikrovláken přehledně znázorňuje tab.č. 7./3/

oblast výroby	cílový výrobek	požadované vlastnosti	rozšíření trhu
módní ženské a mužské oblečení	šaty	speciální omak	velmi vysoké
	trička	splývavost	
	blůzy	super měkkost	
	kabáty	jednoduchá péče	
	saka	komfort v nošení	
		nízká hmotnost	
		tvarová stabilita	
funkční sportovní oblečení	pláště do deště	odolnost ve vodě	střední, rostoucí
	lyžařské soupravy	propustnost vzduchu	
	soupravy pro plachtění	odolnost větru	
		komfort v nošení	
		nízká hmotnost	
		měkký omak	
		jednoduchá péče	
módní sportovní oblečení	joggingové soupravy	komfort	střední
	trička	jednoduchá péče	
		tvarová stabilita	
technické textilie	spacáky	měkkost	malá, rychle rostoucí
	stany	splývavost	
	pracovní oděvy	jednoduchá péče	
	filtry		
	čalounění do aut		
domácí doplňky	drapérie	měkkost	malá, rychle rostoucí
	potahy na křesla	komfort	
	sofa		

Tab.č. 7 - Použití mikrovláken.

2. Teorie barvení

Barvení může být definováno jako proces, při kterém je textilní substrát v kontaktu s barvivem ve formě roztoku nebo disperse a toto barvivo přes jistou rezistenci difunduje do materiálu. Tato rezistence je ovlivněna vazebnou energií, která řídí rychlost barvení. Vazebná energie je ovlivněna molekulární konstitucí obou substancí a typem barviva. /13/

Důležitou roli pro barvení hraje afinita a substantivita barviva. Tyto termíny hodnotí schopnost barviva přecházet z roztoku do vlákna a zůstat na vlákně. Popisují také kvalitativně chování barviva, a to jednak rychlost barviva, již přechází z roztoku na vlákna, a jednak množství barviva, které při dokončeném barvení na vlákno přešlo. /15/

Samotný stav barviva v barvicí lázni není stabilní, ale podléhá časovým změnám. Stabilita disperse i rozpustnost barviva jsou kromě obvyklých závislostí (na teplotě, tlaku) závislé i na počtu, tvaru a velikosti částic. V procesu barvení je barvivo soustavně odčerpáváno z barvicí lázně. Tím se nepřetržitě mění stav barviva v roztoku. Rychlost barvení potom určuje děj, který za daných podmínek probíhá nejpomaleji.

Pokud přijmeme hypotézu, že barvení disperzními barvivami probíhá v podstatě z roztoku barviva, můžeme proces barvení rozdělit na /16/ :

- rozpouštění barviva, tj. přechod barviva z dispersní soustavy na " mononukleární roztok "
- transport barviva v barvicí lázni směrem k vláknu, což se může dít volnou difúzí, termodifúzí, mícháním lázně
- adsorpci barviva na povrch
- transport barviva ve vlákně difúzí

Za nejdůležitější děje v procesu barvení se považují adsorpce a difúze barviva.

2.1. Adsorpce barviv

Pod pojmem adsorpce se nejčastěji rozumí zachycení molekul jedné látky na povrchu jiné látky. Adsorpce se obvykle dělí na adsorpci chemickou (chemisorpci) a fyzikální, jejichž hranici nelze přesně určit. /15/

Při barvení přechází barvivo z lázně na vlákno tak dlouho, až se ustaví rovnováha barvení, což znamená, že za daných podmínek koncentrace barviva ve vlákně s časem již nestoupá (vybarvení se dále neprohlubuje). Rovnováha barvení určuje maximální možné vyčerpání barviva z lázně. /17/

Adsorpční izotermy

Výsledky barvení do rovnováhy se vyjadřují obvykle v podobě tzv. *adsorpčních izoterm*, které znázorňují rozdělení barviva v různých koncentracích mezi lázeň a materiál při určité teplotě.

I. Nerstnova izoterma

Po ustavení rozdělovací rovnováhy v soustavě tvořené dvěma nemísitelnými kapalinami je poměr koncentrací pevné látky v obou rozpouštědlech konstantní.

$$k = \frac{C_v}{C_r} \quad (7)$$

kde k je Nerstův rozdělovací koeficient
 C_r koncentrace barviva v roztoku
 C_v koncentrace barviva na vlákne

Poměr rovnovážných koncentrací barviva v obou fázích je tedy konstantní, nezávislý na celkovém množství barviva. Pokud dosadíme do této rovnice rozpustnost barviva S_r za dané teploty, můžeme při znalosti rozdělovacího koeficientu spočítat maximální saturační hodnotu S_v , tj. nejvyšší rovnovážnou koncentraci barviva ve vlákne, kterou můžeme dosáhnout za daných podmínek./17/

$$S_v = k \times S_r \quad \left(S_r = \frac{S_v}{k} \right) \quad (8)$$

II. Freundlichova izoterma

Získáme ji vynesáním $\log C_v$ proti $\log C_r$ potom

$$\log C_v = k + n \log C_r \quad (9)$$

kde k je konstanta
 n frakční síla
($0 < n < 1$)

Po delogaritmování můžeme tento vztah napsat ve tvaru :

$$C_v = k C_r^n \quad (10)$$

Pozn. Nerstnovu distribuci barviva můžeme považovat za zvláštní případ Freundlichovy koncentrační izotermy izotermy pro $n = 1$./17/

III. Langmuirova izoterma

Langmuirova izoterma je oproti Freundlichově izotermně odvozena z kinetických úvah. Základním předpokladem je, že k adsorpci barviva dochází na specifických místech, po jejichž obsazení již neprobíhá další adsorpce. Nejdůležitějším rozdílem mezi Freundlichovou a Langmuirovou rovnicí je, že Langmuirova izoterma směřuje se vzrůstající koncentrací barviva

v roztoku ke konečné mezní koncentraci barviva S_v (dosahuje určité saturační hodnoty), zatímco Freundlichova izoterma neustále stoupá.

Langmuirovu izotermu můžeme vyjádřit vztahem /17/ :

$$C_v = \frac{k S_v C_r}{1 + k C_r} \quad (11)$$

2.1.1. Termodynamika rovnovážných stavů

Podmínkou rovnovážného stavu je rovnost chemických potenciálů ve fázi roztoku a vlákna. Termodynamicky je chemický potenciál μ nejčastěji definován jako změna volné entalpie G vztažená na mol barviva n .

$$\mu = \left(\frac{\delta G}{\delta n} \right)_{p, T, n_i} \quad (12)$$

V ideálním roztoku je chemický potenciál μ_r úměrný logaritmu jeho koncentrace

$$\mu_R = A + RT \ln C_R \quad (13)$$

kde A je konstanta, kterou nelze určit experimentálně. Je mírou pro vztažný systém.

Pro potenciál barviva se zvolí standardní stav s jednotkovou aktivitou barviva. Pak lze konstantu A vyloučit, je totiž rovna standardnímu chemickému potenciálu

$$\mu_R^0 = A$$

pak

$$\mu_R = \mu_R^0 + RT \ln C_R \quad (14)$$

Je-li barvivo v roztoku a ve vlákne v rovnováze, jsou oba potenciály stejně velké

$$\begin{aligned} \mu_R &= \mu_V \\ - (\mu_V^0 - \mu_R^0) &= - \Delta\mu^0 = RT \ln \frac{C_V}{C_R} \end{aligned} \quad (15)$$

Veličina $-\Delta\mu^0$ představuje míru pro afinitu. Nezávisí na čase, koncentraci ani na poměru lázně. Nevýhodou je, že nepřihlíží k rychlosti barvení. Charakterizuje barviva z poměrů v rovnovážném stavu, nikoli z kinetiky barvení./17/

2.2. Difúze barviva

Difúze barviva je považována v procesu barvení za nejpomalejší děj, který pak určuje rychlost barvení. /16/

Pro popsání difúze do nekonečného válce o poloměru a je nejvhodnější Hillův vztah /15/

$$\text{Frakční sorpce} = \frac{M_t}{M_\infty} \quad (16)$$

potom

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - 0,692 \exp\left(-5,785 \frac{D_t}{a^2}\right) + 0,19 \exp\left(-30,5 \frac{D_t}{a^2}\right) + 0,0775 \exp\left(-74,5 \frac{D_t}{a^2}\right) + 0,0415 \exp\left(-139 \frac{D_t}{a^2}\right) + \dots$$

kde M_t je množství barviva absorbovaného v čase t
 M_∞ maximum barviva, které je vlákno schopno absorbovat v rovnováze
 a poloměr válce
 D_t difúze v čase t

Pro použití této rovnice se předpokládá plocha vlákna dokonale přístupná barvivu, kruhový průřez, konstantní průměr všech vláken. Všechna vlákna však tyto podmínky nesplňují.

Základy pro kvantitativní popis difúze byly položeny již v první polovině minulého století. Základní dva zákony pro difúzi odvodil Fick na základě analogie s vedením tepla./15/

I.Fickův zákon

Určuje rychlost F_x přenosu hmoty ve směru x (směr jednosměrné difúze) a je určen vztahem :

$$F_x = -D \frac{\delta c}{\delta x} \quad (17)$$

kde F_x je rychlost přenosu molekul ve směru x
 c koncentrace difundující látky
 x směr difúze
 D difúzní koeficient, obvykle udávaný v cm^2 / s

Rychlost přenosu molekul difundující látky jednotkovou plochou je úměrná koncentračnímu

spádu. Látka difunduje z roztoku vyšší koncentrace do roztoku nižší koncentrace. Ve velmi zředěných roztocích je možné považovat s přijatelnou přesností difúzní koeficient za konstantní. /15,16/

II. Fickův zákon

Pro praktické použití je třeba stanovit změny koncentrace difundující látky v závislosti na čase t a místě x . K tomu slouží II. Fickův zákon, který je vyjádřen vztahem :

$$\frac{\delta c}{\delta t} = D \left[\frac{\delta^2 c}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 c}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 c}{\delta z^2} \right] \quad (18)$$

Tento vztah platí pouze za předpokladu, že difundující prostředí je izotropní a difúzní koeficient D nezávisí na koncentraci. /15,16/

2.2.1. Vliv míchání na difúzi

Míchání roztoku urychluje difúzi. Pro vybarvování válcovitého vlákna o poloměru r z konečné dobře míchané lázně odvodil Wilson výraz :

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha (1 + \alpha)}{4 + 4\alpha + 4\alpha^2 q_n^2} \exp \left(\frac{-q_n^2 D t}{r^2} \right) \quad (19)$$

kde α je poměr objemu lázně k objemu vlákna
 q_n pozitivní nenulové kořeny rovnice

$$\alpha q_n J_0 (q_n) + J_1 (q_n) = 0$$

kde $J_0 (q_n)$ a $J_1 (q_n)$ jsou Besselovy funkce prvního druhu nultého a prvního řádu

V průběhu barvení tedy dochází k postupnému poklesu koncentrace barviva na povrchu vlákna. Tento vztah platí za předpokladu vysoké rychlosti barvicí lázně. /13/

2.2.2. Vliv teploty na difúzi

Zvýšení teploty obvykle urychluje difúzi barviva. To se popisuje závislostí difúzního koeficientu na teplotě vztahem , který odvodil Arrhénius/16/ :

$$D = D_0 \exp (-E / RT) \quad (20)$$

kde D_0 je difúzní koeficient pro nulovou aktivační energii pro vysoké teploty ($T \rightarrow \infty$)

E aktivační energie
 R plynová konstanta
 T absolutní teplota

Difúzní koeficient D_0 je podle teorie reakčních rychlostí definován vztahem :

$$D_0 = K \frac{k T}{h} \exp (\Delta S / R) \quad (21)$$

kde K je konstanta

k Boltzmanova konstanta
 h Planckova konstanta
 ΔS entropie systému

Aktivační energii můžeme spočítat podle vztahu :

$$E_A = 19,151 \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} (\log K_1 - \log K_2) \quad (22)$$

Zlogaritmováním vztahu dostaneme lineární závislost mezi $\log D$ a $1/T$ /13/ :

$$\log D = \log D_0 - \frac{0,4343 E}{RT} \quad (23)$$

Po zakreslení grafu teplotní závislosti difúzního koeficientu v logaritmické stupnici na převratné hodnotě teploty získáme přímkou, z jejíž směrnice lze určit aktivační energii difúze.
/15/

2.2.3. Termodifúze

Difúzi se obvykle rozumí časové změny koncentrace difundující látky způsobené nerovnoměrným rozložením koncentrace, tj. koncentračním spádem. Pokud příčinou difúze jsou teplotní rozdíly mluvíme o termodifúzi. Je-li v celém prostředí koncentrace látky konstantní, difúze nenastává. Jestliže však v takovém prostředí existují teplotní rozdíly, vznikají i rozdíly koncentrační. Molekuly barviva mají v prostředí o vyšší teplotě než má okolí vyšší tepelnou energii. Mohou se tedy rychleji pohybovat a mají větší možnost dostat se do okolí o nižší teplotě, kde se koncentrace barviva obohacuje na úkor míst s vyšší teplotou. Termodifúze tedy působí opačným směrem než obyčejná difúze. Termodifúze v roztocích se obvykle vyjadřují Soretovým koeficientem [15,16]

$$\sigma = - \frac{1}{n_1} \frac{d n_1}{d T} = \frac{\ln \frac{n_1}{n_1'}}{T' - T} \quad (24)$$

kde n_1' je molární zlomek rozpuštěné látky při teplotě T'
 T teplota
 n_1 molární zlomek rozpuštěné látky

2.2.4. Mechanismus difúze

Existuje několik teorií vytvořených na základě analogií s difúzí plynů nebo organických kapalin (penetrantů) do semikrystalických polymerů.

Mezi nejdůležitější mechanismy difúze patří

- difúze v pórech
- difúze " volnými objemy" mezi pohybujícími se segmenty makromolekul

Oba tyto mechanismy vycházejí z představy, že polymer je tvořen krystalickou a amorfni fází. Krystality jsou pro penetrant neprostupné, takže difúze probíhá jen v amorfních oblastech vláken.

Difúze v pórech

V tomto případě je vlákno chápáno jako matrice prostoupená spleť vzájemně prostoupených kanálků - pórů. Difúze v pórech se uplatňuje zejména u celulóзовých vláken, u kterých je průměr vláken ve zbobtnalém stavu kolem 10 nm.

Modelová představa předpokládá, že difúze v pórech probíhá jako ve vodě. Je nutné počítat s různými odchylkami způsobenými těmito vlivy :

- difúze je bržděna afinitou barviva - tedy sorpcí barviva na stěny pórů
- efektivní průměr pórů je zmenšen o nepohyblivé vrstvičky " zřetězené" vody vázané dipólovými interakcemi (H-můstky) k řetězcům polymeru. První vrstvička vody má jiné fyzikální vlastnosti - nepřechází na led při ochlazení pod 0°C. Navazující vrstva vody je také nepohyblivá, je však " vymrzající " . Teprve před těmito dvěma vrstvami zřetězených vodních molekul se v pórech nachází voda běžných makroskopických vlastností. Tloušťka obou " pseudokapalných " vodných fází na vnitřním i vnějším povrchu vláken závisí na druhu polymeru.

Pro difúzi v pórech platí klasický Arrhéniovův vztah pro teplotní závislost difúzních koeficientů. (vztah č. 20) Tento systém je také charakterizován nízkou aktivační energií.

Model difúze póry velmi dobře vyhovuje pro substantivní barvení celulóзовých vláken. Je zajímavé, že se mechanismus difúze v pórech uplatňuje i u barvení některých PAN-vláken. (souvisí se značně pórovitým charakterem těchto polymerů). Převažuje i u vlny, i když se zde zčásti projevuje i jiný princip difúze - tzv. difúze volnými objemy, která je převažující zejména u PAD- vláken a PES-vláken. /13/

Volnoobjemová difúze

difúze ve volných objemech převažuje u termoplastických polymerů. Jde o volné objemy, které neustále vznikají a zanikají vlivem tepelných fluktuací segmentů polymeru a jsou proto silně závislé na teplotě. Jako u difúze v pórech je i zde nezbytná energie k aktivaci difúze.

Nad teplotou skelného přechodu T_g (glass transition temperature) jsou segmenty řetězců v amorfních částech pohyblivé a začne se rozvolňovat struktura polymeru. Pohyblivost segmentů způsobuje vznik volných objemů. /13 /

Významnější difúze může nastat až nad jistou přechodovou teplotou, která je pro konkrétní systém barvivo - vlákno specifická.

Jde o přechodovou teplotu barvení T_d (dyeing transition temperature), která bývá o 10 - 20°C nižší než bod skelného přechodu T_g .

Pro teplotní závislost bylo odvozeno více vztahů. nejvýznamnější je Williams - Landel - Ferryho rovnice (W - L - F) pro vlastnosti viskoelastických polymerů : /13 /

$$\ln \frac{v(T)}{v(T_d)} = - \frac{C_1 (T - T_d)}{B + (T - T_d)} \quad (25)$$

kde $v(T)$ je rychlost barvení při teplotě T
 $v(T_d)$ rychlost barvení při přechodové teplotě T_d
 C_1, C_2 konstanty

3. Kinetika barvení

Jak už bylo uvedeno, barvení probíhá ve třech základních stádiích (difúze barviva na povrch vlákna, adsorpce na povrch a difúze do vlákna). Mimo to může naadsorbované barvivo desorbovat z povrchu vlákna nebo vytvářet na povrchu agregáty obtížně difundující do vlákna. /17/

Kinetiku barvení sledujeme při konstantní teplotě. Je důležité zajistit reprodukovatelné míchání nebo cirkulaci lázně stálou rychlostí. Kromě řady koncentrací barviva ve vláknech C_t příslušejících určitým dobám barvení t se snažíme určit i koncentraci rovnovážnou C_∞ vhodným prodloužením doby barvení. Není-li to možné, snažíme se ji vypočítat nebo odhadnout. Vynesem-li koncentraci barviva ve vláknech proti času

získáme izotermní vybarvovací křivky. Pro $t \rightarrow \infty$ se křivky asymptoticky blíží hodnotě, která za daných podmínek představuje koncentraci barviva v rovnovážném stavu. Tuto rovnovážnou koncentraci nesmíme ztotožňovat se saturační hodnotou, ale jedno z nich natahuje rychle a druhé má jen malou tendenci dosáhnout rovnováhy. /17/

3.1. Kinetické rovnice

I. Odmocninový zákon

Je ze všech rovnic nejjednodušší. Získáme redukovanou difúzní rovnici, která vyjadřuje, že absorbované množství barviva jednotkou hmotnosti vlákna v čase t je přímo úměrné druhé odmocnině času.

$$C_t = K \sqrt{t} \quad (26)$$

Derivováním této rovnice získáme vztah :

$$\frac{d C_t}{d t} = \frac{k}{C_t} \quad (27)$$

Vynesem-li závislosti C_t na $t^{1/2}$ získáme lineární závislost. Tuto rovnici lze použít pouze pro výpočty v počátku barvení přibližně do poločasu barvení.

Získaná rychlostní konstanta není "pravou" konstantou, její rozměr je $\text{min.}^{-1/2}$.

II. Vickerstaffova rovnice

$$\frac{1}{C_\infty - C_t} - \frac{1}{C_\infty} = k t \quad (28)$$

Vynesením převrácené hodnoty koncentrace proti převrácené hodnotě doby barvení získáme lineární závislost./14/

III. Exponenciální rovnice

Tato rovnice předpokládá přímou úměrnost mezi rychlostí barvení a množstvím neobarvených vláken, které je reprezentováno $(C_{\infty} - C_t)$./18/

$$\frac{dc}{dt} = k (C_{\infty} - C_t) \quad (29)$$

Integrováním rovnice získáme vztah :

$$C_t = C_{\infty} (1 - e^{-kt}) \quad (30)$$

Pokud vyneseme $-\ln(C_{\infty} - C_t)$ proti času t získáme opět lineární závislost. Tato rovnice nevyhovuje ve všech případech, zvláště pokud je počátek barvení charakterizován silnou adsorpcí barviva na vlákno. Pro tento případ platí Jelínkova rovnice./17/

IV. Jelínkova exponenciální rovnice s počáteční adsorpcí

Tato empirická funkce velmi dobře vystihuje skutečný průběh barvení.

$$C_t = C_{\infty} (1 - e^{-kt}) + ae^{-kt} \quad (31)$$

kde a je koncentrace barviva adsorbovaného v čase $t = 0$

Koncentrace barviva a se v dalším průběhu nemění. Rektifikaci křivky dosáhneme vynesením $\log(C_{\infty} - C)$ proti času t . Ze směrnice této přímky lze vypočítat rychlostní konstantu./17/

V. Ceggara - Puentova rovnice

Podle této rovnice existují při barvení dvě rychlosti a to přímá v_d (ve směru z lázně do vláken) a rychlost opačná v_i . V rovnováze jsou si obě rychlosti rovny. V počátku barvení bude rychlost rovna rozdílu obou rychlostí.

$$\frac{dC_t}{dt} = v_d - v_i \quad (32)$$

Rovnici lze transformovat do tvaru:

$$\frac{dC_t}{dt} = \frac{k_d}{C_t} - k_i C_t \quad (33)$$

V rovnováze můžeme C_t transformovat do C_∞ :

$$\frac{K_d}{C_\infty} = K_i C_\infty \quad (34)$$

Do rovnice (33) substituujeme k_d a získáme tak novou konstantu k :

$$\frac{dC_t}{dt} = k \frac{C_\infty^2 - C_t^2}{C_t} \quad (35)$$

Integrací této rovnice mezi limitami $t = 0, C_t = 0$ a $t = t, C_t = C_t$ dostaneme:

$$\ln \left(1 - \frac{C_t^2}{C_\infty^2} \right) = -kt \quad (36)$$

Tato rovnice dává lineární závislost v počátku a můžeme ji použít pro všechny experimentálně zjištěné hodnoty při barvení s konstantní koncentrací. Rovnici můžeme přepsat do formy: /17/

$$C_t = C_\infty \sqrt{1 - e^{-kt}} \quad (37)$$

3.2. Veličiny popisující kinetiku barvení

a) rychlostní konstanta

Je mírou celkové rychlosti barvení. Čím je větší, tím obecně větší rychlostí barvení proběhlo. Neinformuje ani o mechanismu barvení ani o způsobu rozložení barviva v materiálu.

b) poločas barvení

Je definován jako doba při níž se na materiál naadsorbuje polovina barviva fixovaného v rovnováze. Čím je poločas menší, tím byla celkově větší rychlost barvení. Vyneseme-li koncentraci barviva ve vlákne C_t proti $\log(t)$, získáme esovitou křivku z níž můžeme určit nejen poločas barvení, ale i rovnovážnou koncentraci. Poločas lze jednoduše spočítat z poměru směrnice a úseku uvažované přímky. K výpočtu z rychlostní konstanty potřebujeme znát buď rovnovážnou koncentraci a nebo dva experimentální body. /17/

c) rychlost barvení

Rychlost barvení se mění s časem (s postupným spotřebováváním barviva se neustále zmenšuje ve prospěch neobarveného materiálu). Rozeznáváme rychlost střední v daném časovém úseku t_1 a t_2 a rychlost okamžitou pro nekonečně malý úsek. /17/

4. Problematika barvení PES mikrovláken disperzními barvivy

Mikrovlákna mají mnohokrát vyšší povrchovou plochu než jiné typy vláken, proto předkládají značně vyšší absorpční povrch pro barviva. Důsledkem zvýšené absorpční plochy je přibližně 4× rychlejší vyčerpání barviva z lázně v porovnání s konvenčními vlákny. Díky větší povrchové ploše jednotlivých vláken a snadnější difúzi barviva je kapacita vyčerpání barviva znatelně vyšší než u normálních vláken, a to dokonce i při nižších teplotních podmínkách. Barvení by proto mělo začínat při nižších teplotách pro zajištění úrovně barvení. (při teplotě 45 - 60 °C).

Při barvení PES mikrovláken disperzními barvivy je rychlost barvení ovlivněna difúzí barviva v lázni a uvnitř vlákna. Difúze barviva je možná jen nad T_g vláken a rychlost vyčerpání barviva roste s rostoucí teplotou. K dosažení vysoké úrovně barvení je důležité dodržení pomalé rychlosti růstu teploty. Je doporučována rychlost 0,7 - 1° C za min.

Kvůli zvýšené povrchové ploše je třeba pro dosažení stejné sytého odstínu u mikrovláken mnohem více barviva než u konvenčních vláken. U jednotlivých barviv se empirické údaje značně liší, ale lze říci, že jde o zvýšené dávkování na 1,5 až trojnásobek. Wiegner uvádí jednoduchý vzorec pro přepočtení násadní koncentrace barviva C_1 na C_2 (% z hmotnosti vláken) při změně jedničního titru T_1 na T_2 (dtex). /6/

$$C_1 = \sqrt{\frac{W_2}{W_1}} C_2 \quad (38)$$

kde	C_1	je	% barviva na mikrovlákně
	C_2		% barviva na konvenčním vlákně
	W_1		deniér na filament mikrovláken
	W_2		deniér na filament konvenčních vláken

Tedy například přechodem od běžného PES hedvábí o kapiláře 3,5 dtex na jemnost kapiláry 0,55 dtex je třeba receptury (% vybarvení) vynásobit faktorem 2,52. Tento vztah má však význam pouze jako přibližná korekce, kterou je nutno experimentálně zpřesnit.

Vztah mezi množstvím barviva, které je nutné k dosažení stejného odstínu při různé jemnosti vlákna je uveden v tab. č. 8 /3/

Tab. č.8 : Množství barviva potřebného pro dosažení stejné hloubky odstínu na texturovaném PES při různé jemnosti vlákna./3/

jemnost [dtex / f]	C.I. Disperse/ Red 86	C.I. Disperse Red 302	C.I. Disperse Red 82	C.I. Disperse Blue 60
0,47	310	226	348	287
0,6	221	242	283	296
1,06	210	189	240	193
1,4	184	189	206	194
5,6	100	100	100	100
sytost vybarvení	(= 1,0%)	(= 1,1 %)	(= 0,65 =)	(= 1,1 %)

Pozn. : Množství barviva je uvedeno v dílech barviva.

Běžně pozorovanou vyšší spotřebu barviva pro dosažení stejné síly odstínu na mikrovlákněch je možno vysvětlit především jiným odrazem a rozptylem světla z více zakřiveného povrchu. Jemnější vlákna rozptylují vzhledem ke svému malému poloměru zakřivení více světla, zbylé světlo je z hlediska remise malé, a proto působí vybarvení světlejším dojmem. U hrubších vláken méně vláken rozptyluje světlo, v porovnání s jemnějšími vlákny je absorbována větší část světla.

Tato změna odrazu a rozptylu světla se ostatně projevuje i při matování vláken (nárůst průměrně o 20% spotřeby barviv) a dále při profilování vláken (nárůst spotřeby o 30%). /6/

Vliv tvarování PES vláken na výslednou hloubku odstínu ukazuje tab. č. /3/

Tab.č.9 : Množství barviva potřebného pro dosažení stejné hloubky odstínu na texturovaném a hladkém PES vlákne.

jemnost [dtex / f]	C.I. Disperse Red 86	C.I. Disperse Red 302	C.I. Disperse Red 82	C.I. Disperse Blue 60
0,47 texturované	146	120	120	124
0,47 hladké	100	100	100	100
sytost vybarvení	(= 2,1 %)	(= 2,6 %)	(= 1,89 %)	(= 2,5 %)

K vysvětlení redukce výtěžku barviva mikrodeniérových přízí je používán počítačový model pro předpovídání lesku pomocí optických paprsků. Výsledky modelu ukazují, že redukce výtěžku barviva je nutný následek délky dráhy světla uvnitř filamentů. Počítačový program pro předpovídání lesku sledováním paprsků k simulování rozptylu světla od vlákna byl vyvinut pro lepší porozumění základních vztahů mezi vzhledem a geometrií příčného průřezu vláken. Tento model poskytuje podporu k prohlášením jako jsou : " množství barviva nutného k barvení je nepřímo úměrné k průměru filamentů " nebo " povrch mikrovláken je příčinou většího rozptylu

světla ". Je zřejmé, že výtěžek barviva s snižuje pro nižší jemnosti filamentů s důrazem na roli redukované vnitřní délky dráhy světla ve vláknech. /19/

Mechanismus barvicích sorpcí a charakter barvicí rychlosti mikrovláken jsou vyjasněny přes analýzu sorpční rovnováhy a kinetických dat.

4.1. Sorpce na PES mikrovlákná

Sorpční izotermy mohou být dobře popsány jednoduchým dvojným modelem pomocí Langmuirovy sorpce (ze vztahu č.11) a Nerstnova rozdělení (vztah č.7)/21/

Tento model je definován vztahem :

$$C_v = k C_r + \frac{K_L C_r S}{1 + K_L C_r} \quad (39)$$

kde C_v je rovnovážná koncentrace barviva na vlákně
 C_r rovnovážná koncentrace barviva v lázni
 S saturační hodnota pro Langmuirovu sorpční izotermu
 k rozdělovací koeficient
 K_L Langmuirova konstanta ze vztahu č.11

4.2. Rychlost barvení

Rychlost barvení PES vláken je ovlivněna dvěma činiteli:

- měrným povrchem, který ovlivňuje rychlost adsorpce
- vysokým stupněm zaplnění mikrovláknenné textilie, který ovlivňuje rychlost cirkulace vodní lázně v mezní vrstvě

Pro spočítání kinetických dat můžeme použít *Newmanovu* rovnici. Vychází z předpokladu, že rychlost lázně je nízká. V tomto případě vzniká nad povrchem vlákna mezní vrstva, která retarduje rychlost adsorpce, protože v mezní vrstvě dochází ke změnám koncentrace barviva.

Tato rovnice je dána vztahem:

$$\frac{C_t}{C_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4L^2 \exp [- \beta^2 n (D_f / r^2)]}{\beta^2 n (\beta^2 n + L^2)} \quad (40)$$

kde D_f je nezávislý koncentrační difúzní koeficient barviva
 β_n jsou kladné a nenulové kořeny rovnice

$$\beta_n J_1(\beta_n) - 2 J_0(\beta_n) = 0 \quad (41)$$

kde J_0 a J_1 jsou nulový a první stupeň
 Besselovy funkce

L parametr přechodové vrstvy

Parametr přechodové vrstvy L je definován vztahem:

$$L = \frac{D_{aq} \cdot r}{D_f \cdot k_p \cdot \delta_D} \quad (42)$$

kde D_{aq} je difúzní koeficient v lázni

D_f difúzní koeficient ve vlákne

k_p distribuční koeficient

δ_D tloušťka mezní vrstvy

Snížení L znamená zvýšení sorpčního zpoždění v počátečním stupni barvení./21/

III. Experimentální část

Cíl experimentu

Cílem tohoto experimentu je posoudit barvitelnost PES mikrovláken a PES vláken běžných jemností.

Jak už bylo naznačeno v kapitole 4., textilie z konvenčních vláken se při stejných podmínkách barvení vybarvují na sytější odstín v porovnání s textilií z mikrovláken. Proto je tento experiment zaměřen zejména na distribuci typických disperzních barviv mezi konvenční vlákna a mikrovlákná barvená izotermně ve společné lázni.

Úkolem bylo výsledky interpretovat z hlediska koncentrace barviv na vláknech a z hlediska remise.

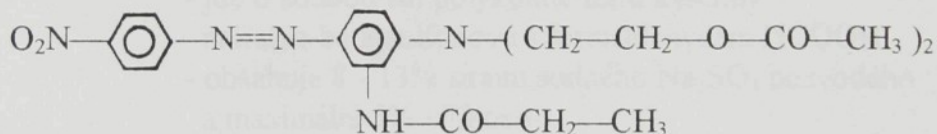
1. Použité barvivo, chemikálie, přístroje

1.1. Použité barvivo

Nejčastěji se provádí barvení mikrovláken disperzními barvivy. Byla použita barviva, která pomalu difundují do vlákna a tím potlačují zvýšenou desorpci barviva z mikrovlákná. Pro srovnání bylo provedeno barvení i jedním rychle difundujícím barvivem. Byla použita disperzní barviva firmy Sandoz, Švýcarsko. Jejich obchodní názvy a strukturní vzorce jsou uvedeny v tab.č.10

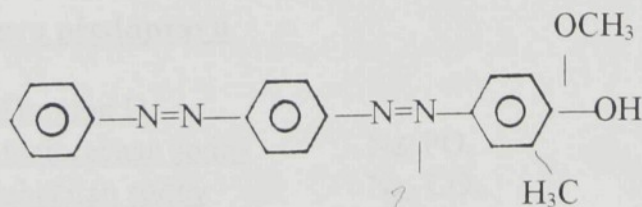
Tab.č. 10 - Strukturní vzorce použitých barviv

Foron Brown S-3RL	směs barviv
Foron Violet S-3RL	výrobce strukturu neudává
Foron Scarlet S-BWFL	C.I. Red 74



Foron Blue S-BGL	C.I. Blue 73
------------------	--------------

Foron Orange E-GFL	C.I. Orange 20
--------------------	----------------



1.2. Použitý materiál

- I. PESH Diolen 76 dtex f 36 × 1 NR
nematováno, výrobce AZKO KV
- II. PESH Diolen 100 dtex f 144 × 1 NR
nematováno, výrobce AZKO MV1
- III. PESH Micrell 83 dtex f 136 × 1 NR
polomat, výrobce Vallesina MV2
- IV. PESH Setyla 152 dtex f 272 × 1 NR
polomat, výrobce Rhone Poulenc MV3

Tab.č. 11 - Hodnoty poloměrů a měrných povrchů vláken

vzorek	poloměr vlákna $r [\mu\text{m}]$	měrný povrch $a [\text{kg/m}^3]$
76 dtex f 36	6,9	207,7
100 dtex f 144	3,9	363,2
83 dtex f 136	3,7	386,3
152 dtex f 272	3,5	403,9

1.3. Použité chemikálie

Chemikálie pro barvení

- Kortamol NNO - dispergační prostředek (100% práškový produkt)
 - jde o sodnou sůl polykondenzátu kyseliny naftalén-beta-sulfonové s formaldehydem HCOOH
 - obsahuje 8 - 13% síranu sodného Na_2SO_4 bezvodého a maximální 5% vlhkosti
 - dispergátor s univerzálním použitím

- síran amonný - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- kyselina octová ledová CH_3COOH
- destilovaná voda

Chemikálie pro předúpravu

- Duopon D
- fosforečnan sodný Na_3PO_4
- uhličitan sodný Na_2CO_3

Chemikálie pro redukční praní

- Slovapon N - neionogenní prací prostředek, má smáčecí a dispergační účinky pro různé druhy nečistot, pigmentů a barviv
- vhodný pro dodatečné zpracování - alkalicko-redukční praní obarveného materiálu

- dithioničitan sodný $\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_4$
- hydroxid sodný 38% Be NaOH
(připravený z čistého NaOH)

Chemikálie pro extrakci

- monochlorbenzen $\text{C}_6 \text{H}_5 \text{Cl}$

1.4. Použité přístroje

- Koltest
- Ahiba
- Přístroj pro extrakci
- Datacolor
- Specord M 40

2. Zpracování materiálu před barvením

Před vlastním barvením byl materiál určený k barvení zpracován v prací lázni o složení :

1 - 5 g/l	Duopon D
2 g/l	$\text{Na}_2 \text{PO}_4$
2 g/l	$\text{Na}_2 \text{CO}_3$

- délka lázně 1 : 40, doba praní 20 - 30 min. při 70 - 90°C
- následoval oplach vlažnou vodou do neutrální reakce oplachované lázně
- sušení při normální teplotě

3. Vlastní barvení za konstatní teploty bez přenašeče

Barvení bylo prováděno vytahovacím způsobem na patronovém barvicím aparátě Koltest (Chirana Brno) s nepřímým olejovým ohřevem.

Barvení probíhalo za konstantní teploty 120°C (tzv. *izotermní barvení*), která je běžně používanou teplotou při barvení v praxi a ve všech experimentech byla použita barvicí lázeň o složení :

1%	barviva
1 g/l	Kortamol NNO
1 g/l	síran amonný (NH_4) ₂ SO ₄
	prostředek na úpravu pH (pH= 5 - 5,5)
	kyselina octová CH ₃ COOH nebo
	kyselina mravenčí H COOH

- délka lázně 1 : 100

Barvení vybraných vzorků bylo provedeno ve společné lázni na konvenčním vlákne a třech mikrovlákních různých jemností v kombinaci KV-MV1, KV-MV2, KV-MV3 vzhledem na rozdílnou barvitelnost mikrovlákních přízí, která je dána především velkým měrným povrchem. Při barvení ve společné lázni tento rozdíl v barvitelnosti lépe vynikne než při barvení v samostatné lázni.

Vždy dva vzorky v kombinaci klasické vlákno - mikrovlákně byly zavěšeny na nosiči, který zajišťoval vyšší egalitu vybarvení díky rozprostřené formě barveného materiálu v průběhu barvení.

Pro sestrojení kinetické vytahovací křivky byly zvoleny časy 5, 8, 11, 14, 30, 60 minut. První čas pro odběr vzorku byl zvolen na základě měření průměrného času dosažení teploty barvení 120°C, který byl 2,5 minut.

Po skončení barvení byly patrony ponořeny do studené vody.

4. Zpracování po barvení

Po barvení byl obarvený materiál podroben alkalicko-redukční lázni pro odstranění nefixovaného barviva, které by snižovalo stálosti vybarvení.

K odstranění tohoto nefixovaného barviva byla použita lázeň obsahující :

3,5 ml/l	hydroxid sodný 38° Bé
4 g/l	dithioničitan sodný
2 g/l	Slovapon N

- teplota praní 75° C po dobu 25 minut

Po zpracování v redukční lázni byl obarvený materiál opláchnut a sušen při normální teplotě.

5. Analytická část

5.1. Kalibrace

Pro stanovení koncentrace barviva na vlákne extrakční metodou byl pro kalibraci připraven zásobní roztok barviva v chlorbenzenu o koncentraci 3 g/l, který byl dále vhodně ředěn. Po proměření absorbancí na spektrofotometru byly pomocí programu Adstat metodou nejmenších čtverců vypočítány parametry kalibračních přímek pro hladinu významnosti $\alpha = 0,05$.

5.2. Stanovení koncentrace barviva na vlákne

Z vysušeného obarveného materiálu byly přesným vážením na analytických vahách připraveny vzorky v rozmezí 0,2 - 0,5 g pro extrakci barviva. Pro extrakci byl použit přístroj s chlorbenzenovým kondenzátem (obr.č.3)

Vyextrahované barvivo bylo zachycováno do 100 ml odměrných baněk a doplněno po rysku čistým chlorbenzenem.

Absorbance vyextrahovaných vzorků byla naměřena na spektrálním fotometru Specord M40 (Carl Zeiss Jena).Absorbance byly měřeny proti extraktu ze slepého vzorku při příslušných vlnových délkách. Tyto vlnové délky jsou uvedeny v tab.12.

Tab.č.12 - Absorpční maxima použitých barviv

barvivo	absorpční maximum [nm]
Foron Brown S-3RL	414
Foron Violet S-3RL	557
Foron Scarlet S-BWFL	515
Foron Blue S-GLB	600
Foron Orange E-GFL	420

Z naměřených absorbancí byly spočítány příslušné koncentrace barviva fixovaného na vlákne podle vztahu:

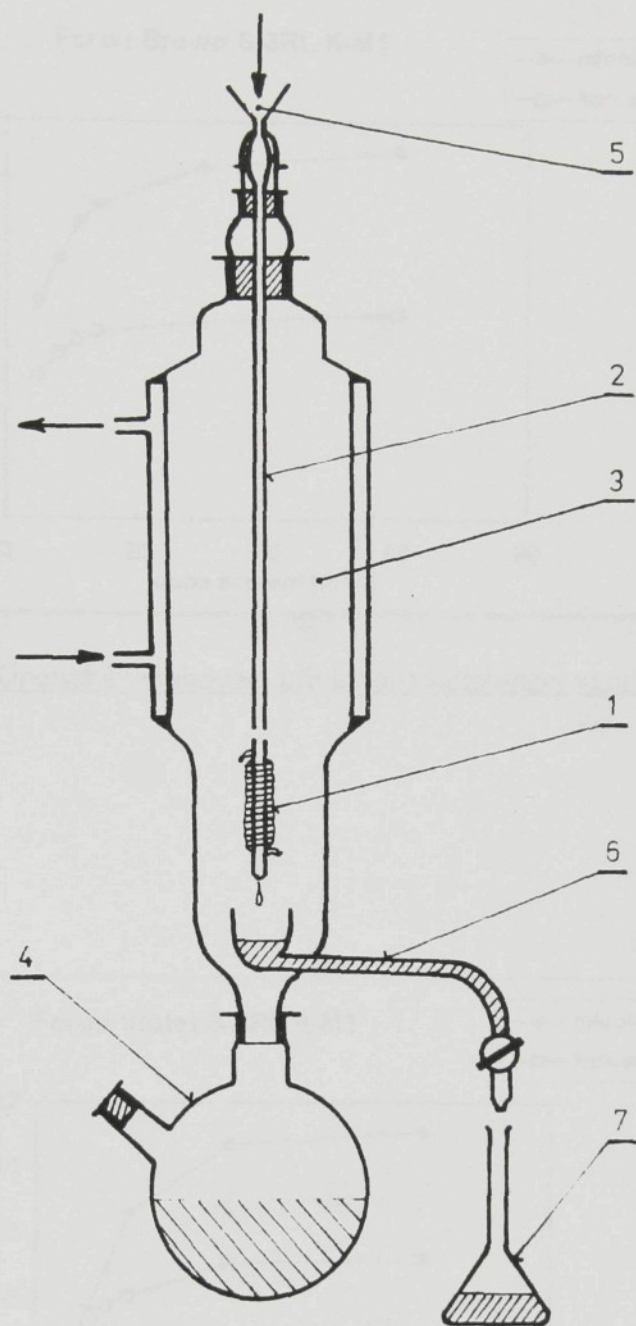
$$C_t = \frac{A/h - q}{k} \cdot V \cdot \frac{1}{m} \quad (42)$$

kde	C_t	je	koncentrace barviva na vlákne [mg/g] v čase t [min.]
	A		absorbance [1]
	h		tloušťka kyvety [cm]
	k		směrnice kalibrační přímky [l/mg]
	q		posunutí na svislé souřadnicové ose grafu kalibrační přímky [1]
	V		objem odměrné banky [ml]
	m		navážka materiálu PES mikrovlákn [g]

Experimentálně zjištěné hodnoty výsledných koncentrací barviva ve vlákne C_t v čase t představují průměrné hodnoty z naměřených hodnot.

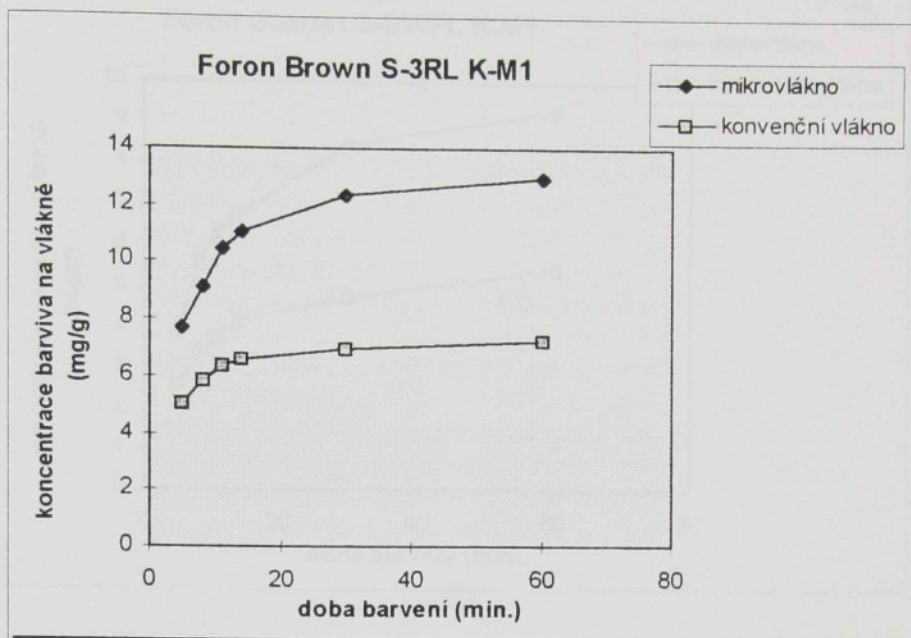
Výsledné koncentrace barviva pro kombinaci vzorků KV-MV1, KV-MV2, KV-MV3 jsou uvedeny v tab.č.13. - 18.

Obr.č. 5. - 19. zobrazují kinetické vytahovací křivky.

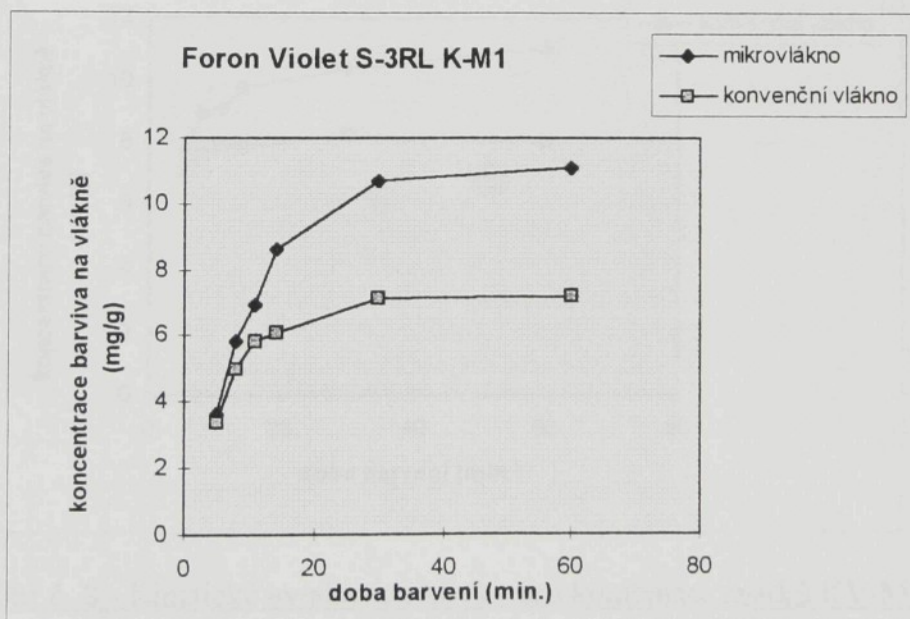


Obr. č. 3. - Aparatura pro extrakci barviva

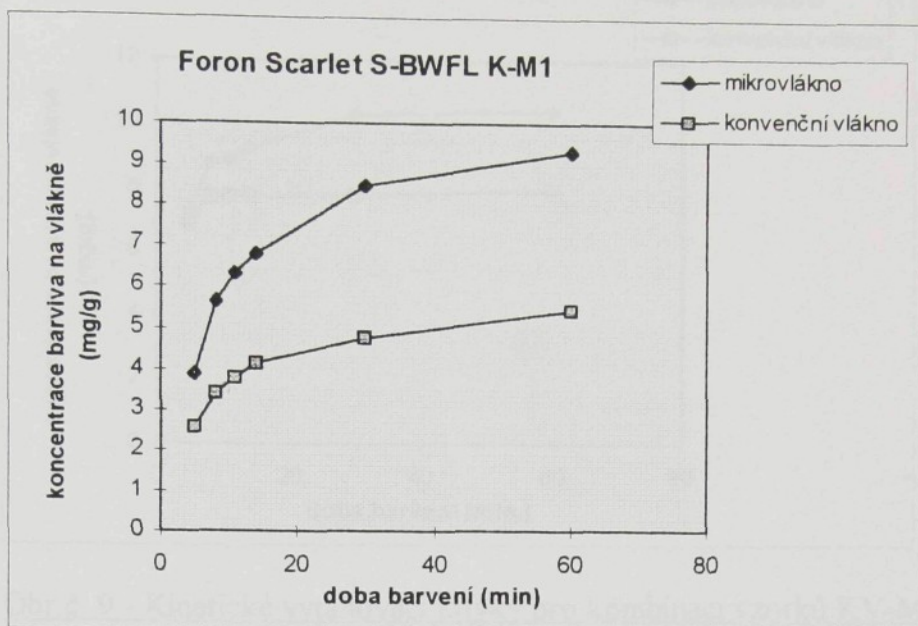
- 1 - obarvený vzorek
- 2 - nosič
- 3 - chladič
- 4 - destilační baňka
- 5 - nálevkovitý otvor nosiče
- 6 - odběrová nálevka
- 7 - baňka



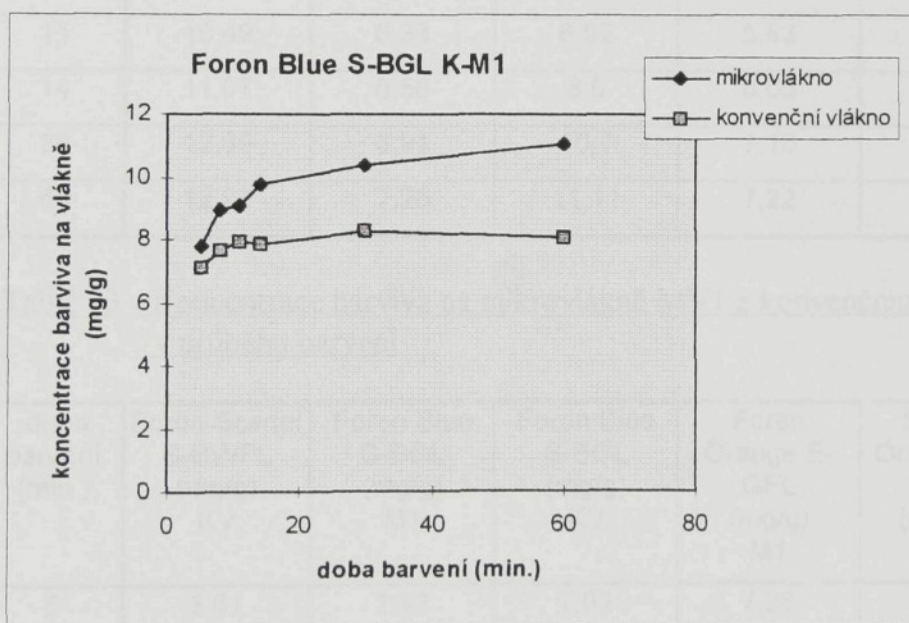
Obr.č.5- Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV1



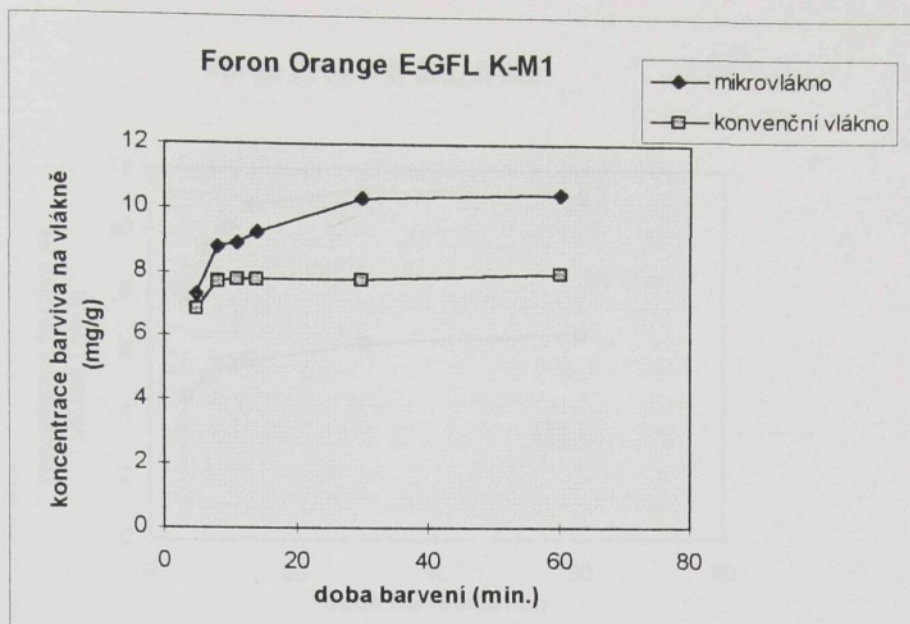
Obr.č.6 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV1



Obr. č. 7 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV1



Obr. č. 8 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV1



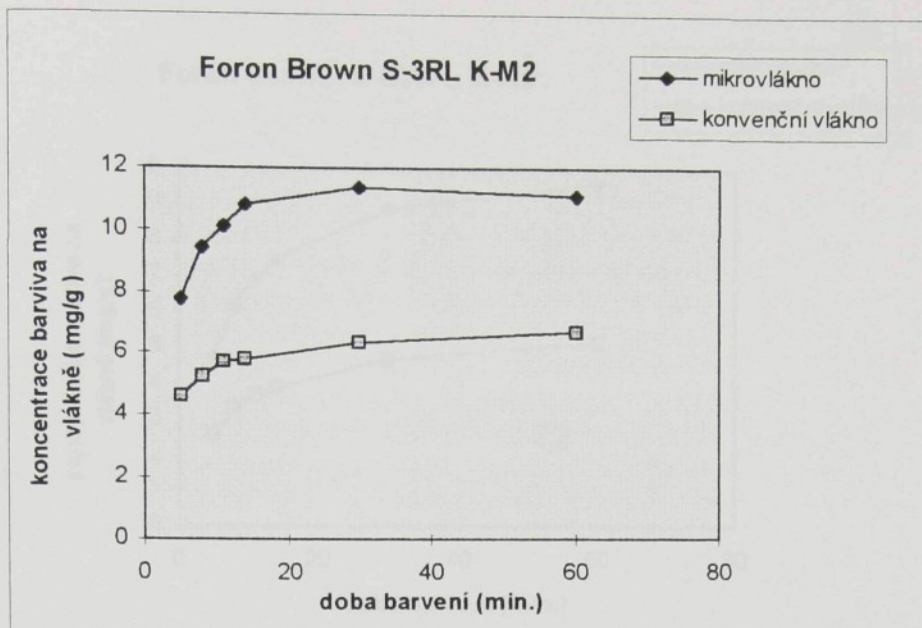
Obr. č. 9 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV1

doba barvení (min)	Foron Brown S-3RL (mg/g) M1	Foron Brown S-3RL (mg/g) KV	Foron Violet S-3RL (mg/g) M1	Foron Violet S-3RL (mg/g) KV	Foron Scarlet S-BWFL (mg/g) M1
5	7,69	5,01	3,56	3,35	4,58
8	9,16	5,83	5,86	4,98	5,74
11	10,49	6,33	6,92	5,83	6,38
14	11,07	6,56	8,6	6,08	7,09
30	12,39	6,94	10,7	7,16	7,65
60	12,92	7,25	11,11	7,22	9,15

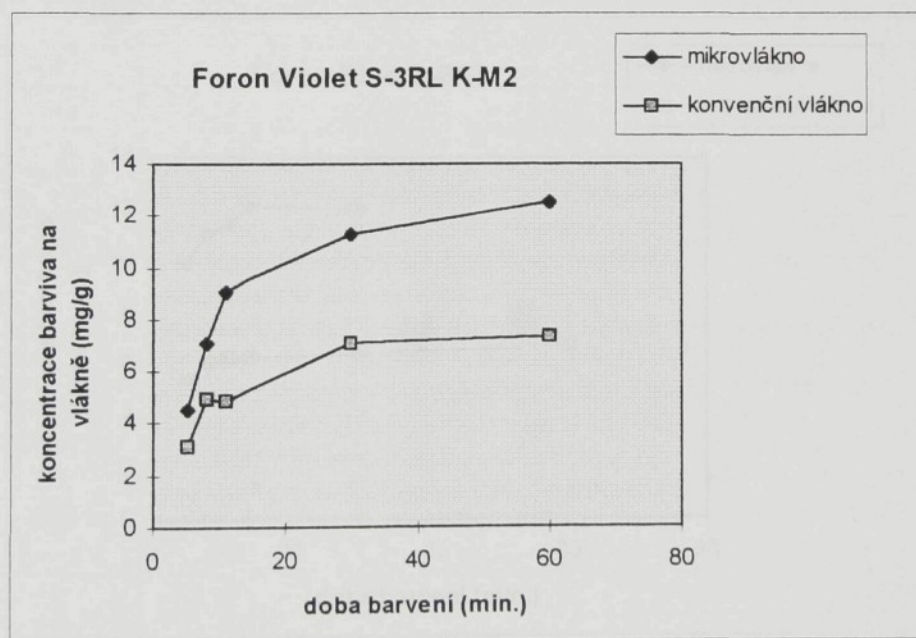
Tab. č. 13 - Koncentrace barviva na mikrovlákně MV1 a konvenčním vlákně v průběhu barvení

doba barvení (min)	Foron Scarlet S-BWFL (mg/g) KV	Foron Blue S-BGL (mg/g) M1	Foron Blue S-BGL (mg/g) KV	Foron Orange E-GFL (mg/g) M1	Foron Orange E-GFL (mg/g) KV
5	3,61	7,92	7,09	7,28	6,83
8	3,59	9,41	7,15	8,75	7,73
11	4,09	9,84	7,82	8,9	7,79
14	4,58	10,26	7,53	9,24	7,76
30	5,1	10,53	8,33	10,34	7,78
60	5,44	10,92	8,46	10,43	8,01

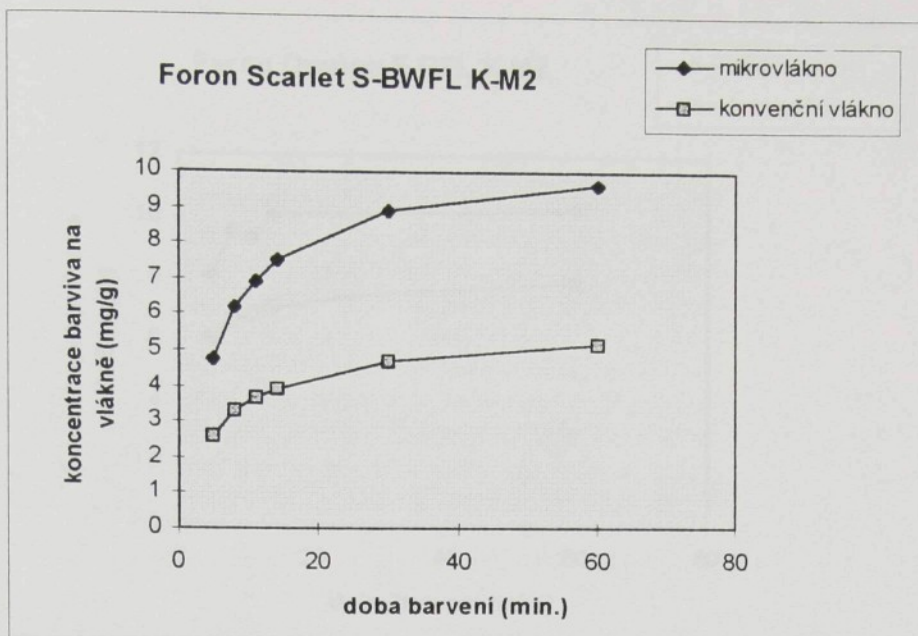
Tab. č. 14- Koncentrace barviva na mikrovlákně M1 a konvenčním vlákně v průběhu barvení



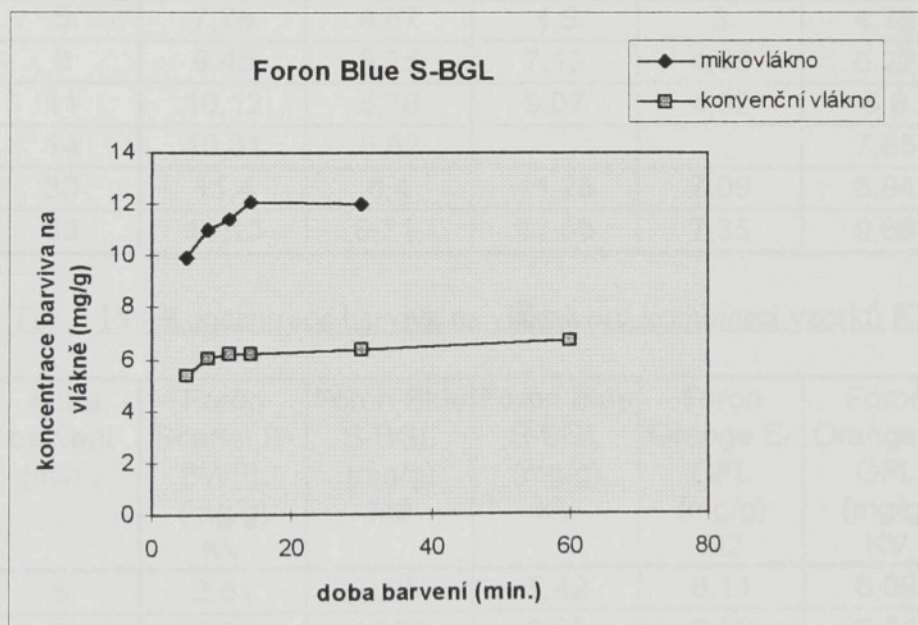
Obr.č.10 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV2



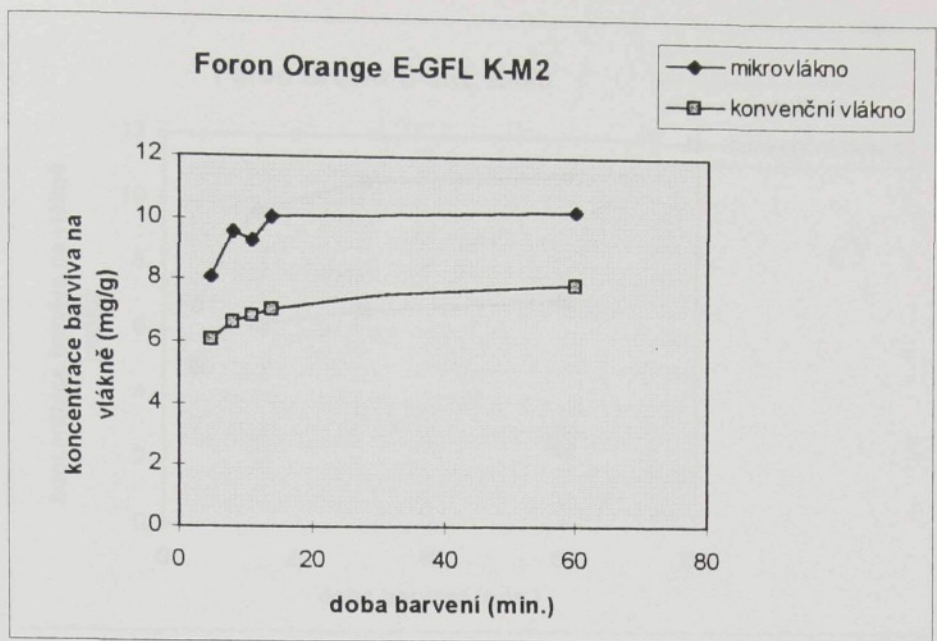
Obr.č.11- Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV2



Obr.č. 12 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV2



Obr.č.13 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV2



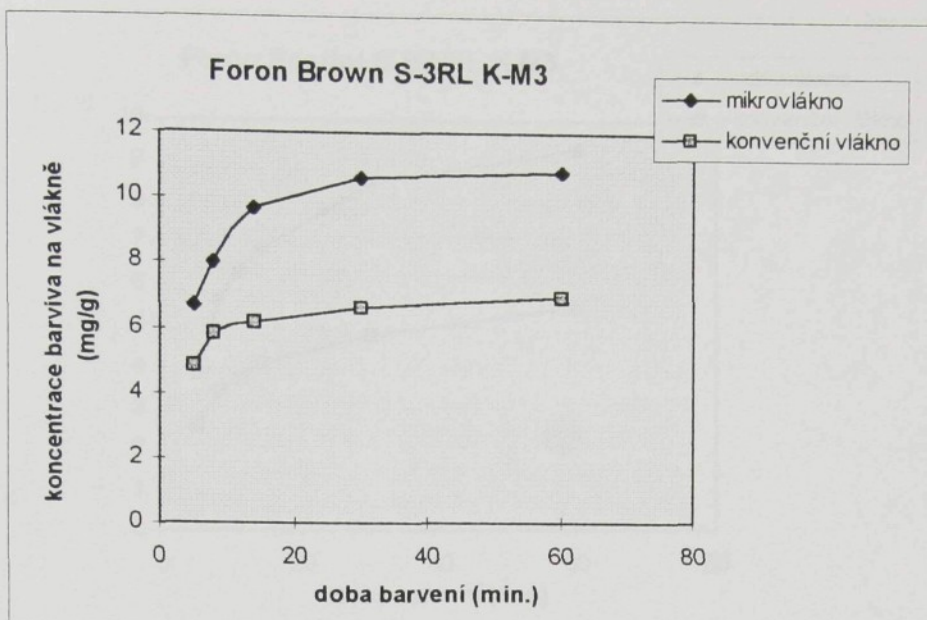
Obr. č. 14 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV2

do ba bar ve ní (min)	Foron Brown S- 3RL (mg/g) M2	Foron Brown S- 3RL (mg/g) KV	Foron Violet S- 3RL (mg/g) M2	Foron Violet S- 3RL (mg/g) KV	Foron Scarlet S- BWFL (mg/g) M2
5	7,78	4,67	4,5	3	4,78
8	9,45	5,25	7,12	4,96	6,22
11	10,12	5,78	9,07	4,82	6,9
14	10,81	5,82			7,55
30	11,4	6,4	11,25	7,09	8,94
60	11,13	6,71,	12,53	7,35	9,66

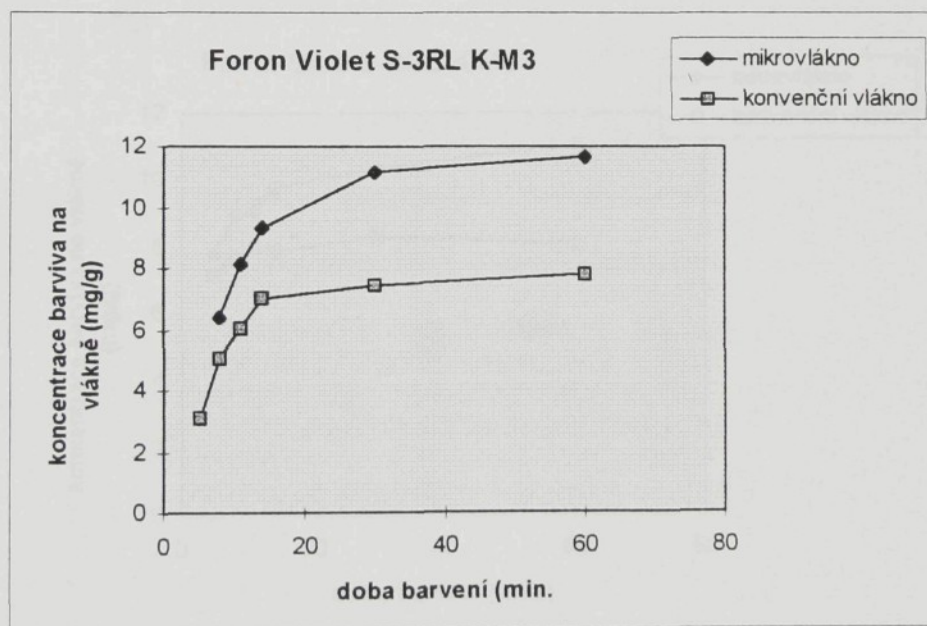
Tab. č. 15 - Koncentrace barviva na vlákne pro kombinaci vzorků KV-MV2

do ba bar ve ní (min)	Foron Scarlet S- BWFL (mg/g) KV	Foron Blue S-BGL (mg/g) M2	Foron Blue S-BGL (mg/g) KV	Foron Orange E- GFL (mg/g) M2	Foron Orange E- GFL (mg/g) KV
5	2,61	9,95	5,42	8,11	6,09
8	3,33	11,03	6,06	9,59	6,64
11	3,67	11,46	6,19	9,29	6,84
14	3,92	12,13	6,23	10,02	7,04
30	4,69	12,03	6,38		
60	5,21		6,72	10,27	7,89

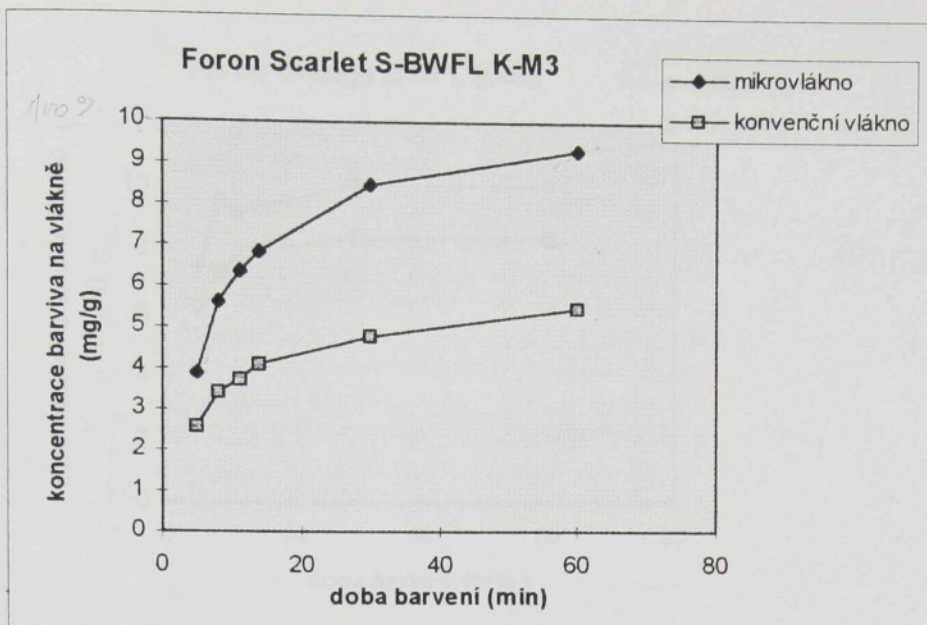
Tab. č. 16 - Koncentrace barviva na vlákne pro kombinaci vzorků KV-MV2



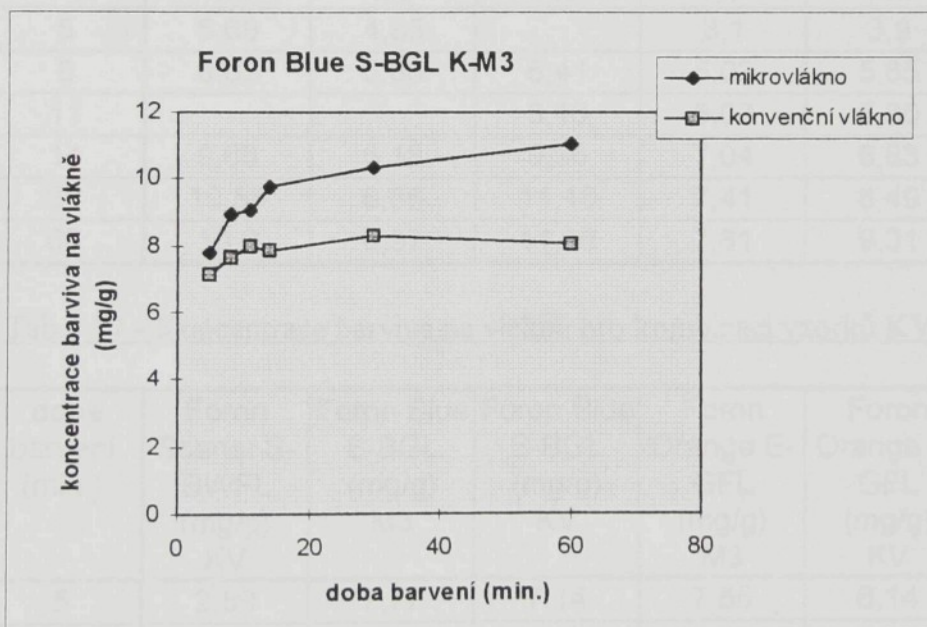
Obr.č.15 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV3



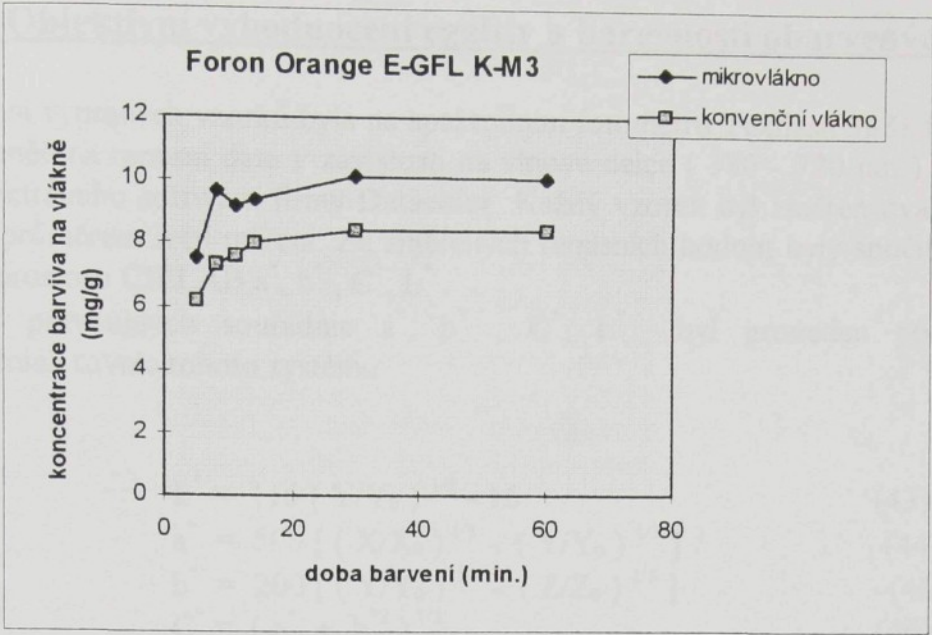
Obr.č.16 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV3



Obr.č.17 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV3



Obr.č.18 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV3



Obr. č. 19 - Kinetické vytahovací křivky pro kombinaci vzorků KV-MV3

doba barvení (min)	Foron Brown S- 3RL (mg/g) M3	Foron Brown S- 3RL (mg/g) KV	Foron Violet S- 3RL (mg/g) M3	Foron Violet S- 3RL (mg/g) KV	Foron Scarlet S- BWFL (mg/g) M3
5	6,69	4,85		3,1	3,9
8	8,02	5,86	6,41	5,02	5,65
11			8,16	6,03	6,36
14	9,68	6,18	9,36	7,04	6,83
30	10,58	6,66	11,16	7,41	8,49
60	10,8	6,97	11,68	7,81	9,31

Tab. č. 17 - Koncentrace barviva na vlákne pro kombinaci vzorků KV-MV3

doba barvení (min)	Foron Scarlet S- BWFL (mg/g) KV	Foron Blue S-BGL (mg/g) M3	Foron Blue S-BGL (mg/g) KV	Foron Orange E- GFL (mg/g) M3	Foron Orange E- GFL (mg/g) KV
5	2,59	7,77	7,14	7,55	6,14
8	3,41	8,93	7,64	9,67	7,31
11	3,76	9,07	7,95	9,21	7,63
14	4,12	9,77	7,84	9,41	8,04
30	4,78	10,37	8,28	10,15	8,46
60	5,45	11,02	8,06	10,09	8,42

Tab. č. 18 - Koncentrace barviva na vlákne pro kombinaci vzorků KV-MV3

6. Objektivní vyhodnocení egality a barevnosti obarvených vzorků

Po usušení vypraných vzorků byla na spektrálním fotometru Texflash 3881 firmy Datacolor (obr.č.4) měřena remisní data v závislosti na vlnové délce (380 - 720 nm) a vyhodnocena pomocí spektrálního softwaru firmy Datacolor. Každý vzorek byl změřen dvakrát a výsledná hodnota je průměrem šesti měření. Ze změřených remisních hodnot byly spočítány souřadnice barevného prostoru CIELAB a^* , b^* , C^* , L^* .

Výpočet pravoúhlých souřadnic a^* , b^* , C^* , L^* byl proveden podle základních transformačních rovnic tohoto systému:

$$L^* = 116 (Y/Y_0)^{1/3} - 16 \quad (43)$$

$$a^* = 500 [(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \quad (44)$$

$$b^* = 200 [(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \quad (45)$$

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (46)$$

Pozn.: Tyto rovnice platí za předpokladu, že X/X_0 , Y/Y_0 , $Z/Z_0 > 0,008856$

kde X_0 , Y_0 , Z_0 jsou trichromatické hodnoty normalizovaného světla použitého pro výpočet upravené tak, aby pro dokonale difúzně rozptylující povrch byla $Y_0 = 100$.

Konkrétní hodnoty X_0 , Y_0 , Z_0 pro zdroj D65 pro 10° pozorovatele jsou následující:

$$X_0 = 94,811$$

$$Y_0 = 100$$

$$Z_0 = 107,305$$

Trichromatické složky X, Y, Z potřebné pro výpočet byly spočítány podle následujících rovnic:

$$X = k \int_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (47)$$

$$Y = k \int_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (48)$$

$$Z = k \int_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (49)$$

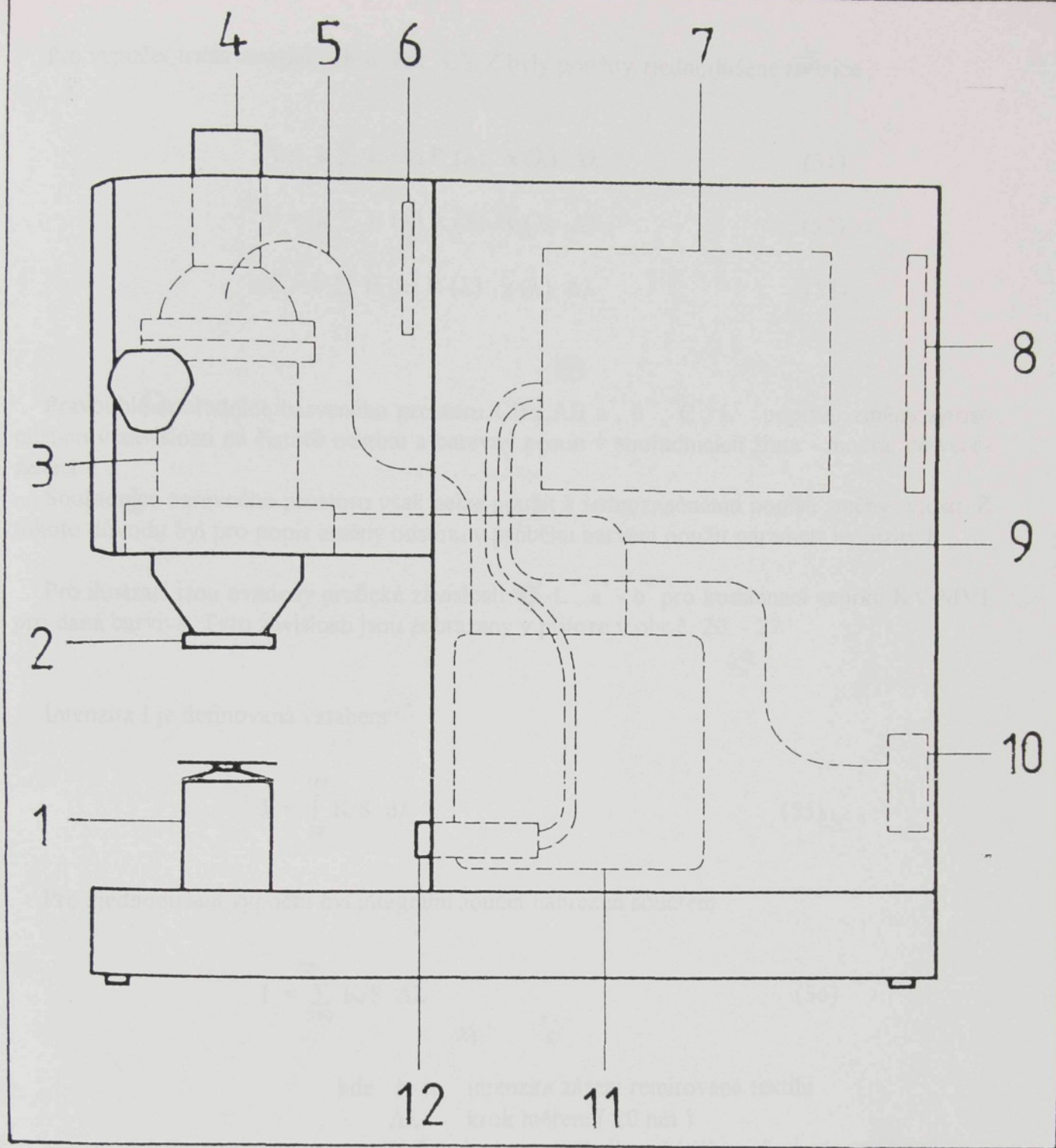
kde $E(\lambda)$ je spektrální distribuce zdroje světla

$R(\lambda)$ remise vzorku

$\bar{x}$, $\bar{y}$, $\bar{z}(\lambda)$ trichromatické činitele

k normalizační faktor, který je definován vztahem

$$k = 100 / \int E(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \quad (50)$$



Obr. č. 4. - Spektrální fotometr Datacolor Texflash

- 1 - upevňování vzorku
- 2 - měřicí clona
- 3 - měřicí geometrie (válec)
- 4 - UV kalibrace
- 5 - světelný signál
- 6 - zdroj záblesku

- 7 - elektronické vybavení
- 8 - interní datová paměť
- 9 - referenční signál
- 10 - připojení na síť
- 11 - monochromátor
- 12 - nulování

Pro výpočet trichromatických složek X,Y,Z byly použity zjednodušené rovnice :

$$X = k \sum_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad (51)$$

$$Y = k \sum_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \quad (52)$$

$$Z = k \sum_{\lambda} E(\lambda) R(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \quad (53)$$

Pravoúhlé souřadnice barveného prostoru CIELAB a^* , b^* , C^* , L^* popisují změny sytosti odstínu v závislosti na čistotě odstínu a barevný posun v souřadnicích žlutá - modrá, červená-zelená.

Souřadnice barevného prostoru však nelze použít k jednoznačnému popisu změny sytosti. Z tohoto důvodu byl pro popis změny odstínu v průběhu barvení použit parametr intenzity I.

Pro ilustraci jsou uvedeny grafické závislosti C^*-L^* , a^*-b^* pro kombinaci vzorků KV-MV1 pro daná barviva. Tyto závislosti jsou zobrazeny v příloze v obr.č. 20. - 27.

Intenzita I je definovaná vztahem:

$$I = \int_{380}^{720} K/S \, d\lambda \quad (55)$$

Pro zjednodušení výpočtu byl integrální součet nahrazen součtem :

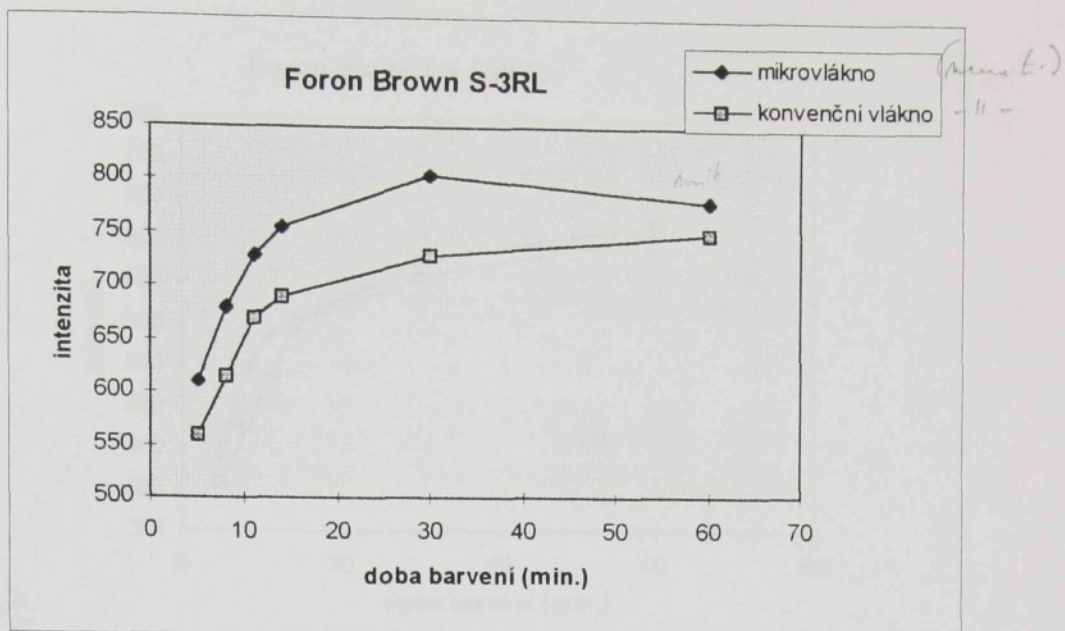
$$I = \sum_{380}^{720} K/S \, \Delta\lambda \quad (56)$$

kde I je intenzita záření remitovaná textilií
 $\Delta\lambda$ krok měření (20 nm)
 K/S hodnoty Kubelka - Munkovi funkce vypočtené ze vztahu :

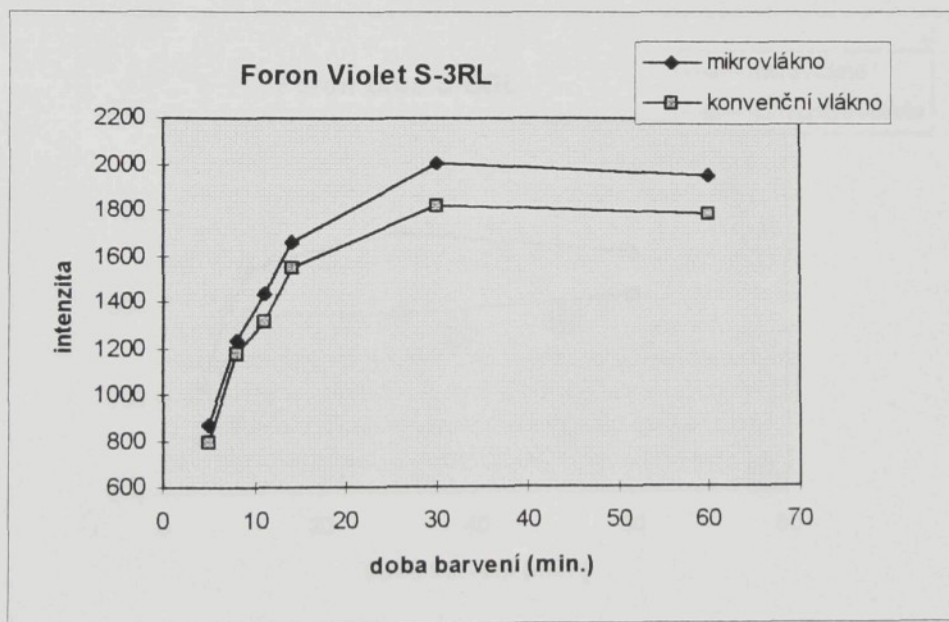
$$K/S = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}}$$

kde K je koeficient absorpance
 S koeficient rozptylu
 R_{∞} remise z elementární vrstvy, kde pro tloušťku vrstvy x platí $x \rightarrow \infty$

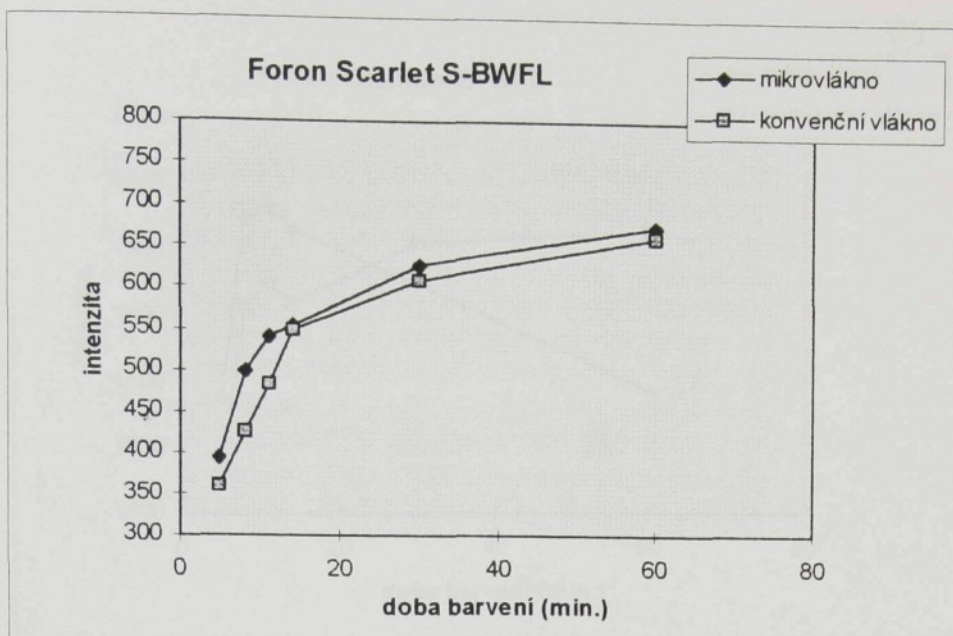
Obr.č.28.- 42 ukazují hodnoty intenzity v průběhu barvení pro kombinaci vzorků KV-MV1, KV-MV2, KV-MV3 a dané barviv



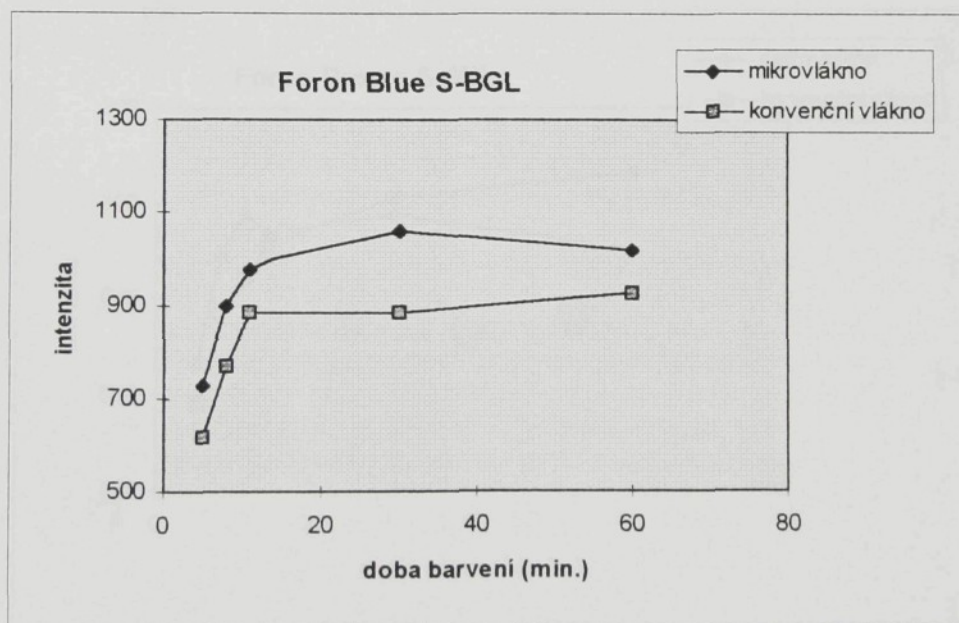
Obr.č 28 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV1



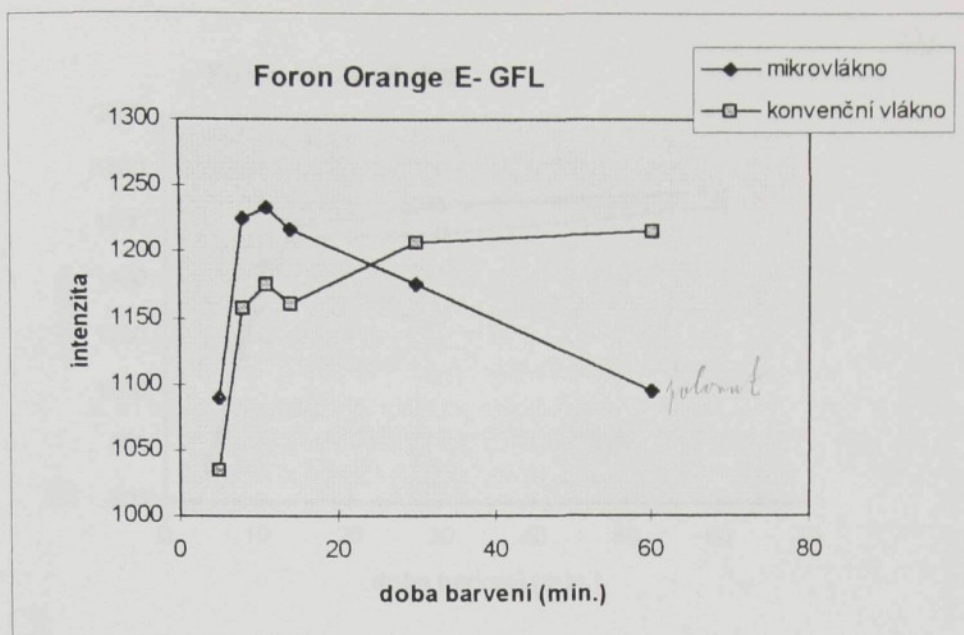
Obr.č 29 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV1



Obr.č.30 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorkyKV-MV1



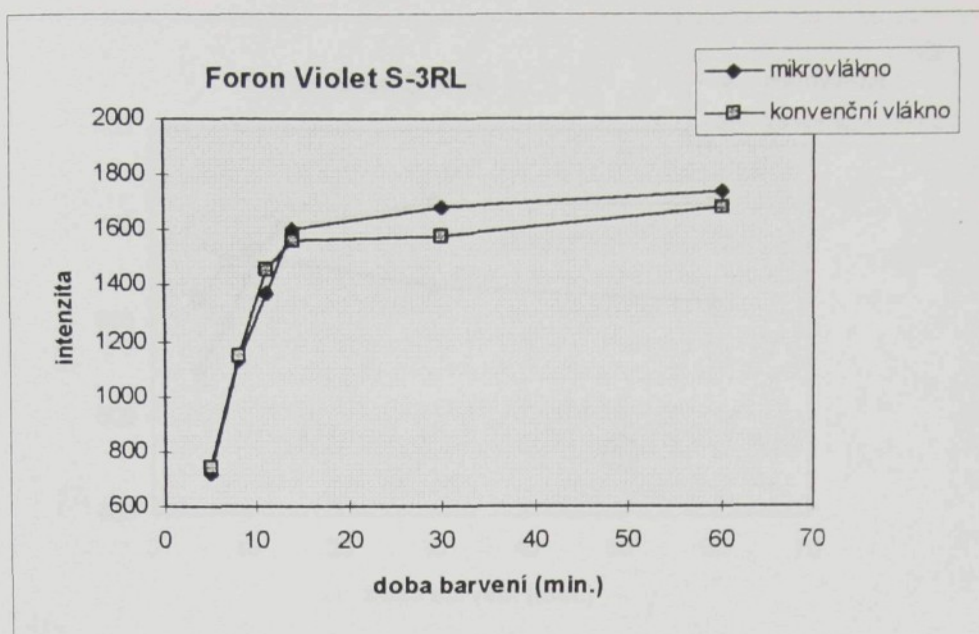
Obr.č.31- Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV1



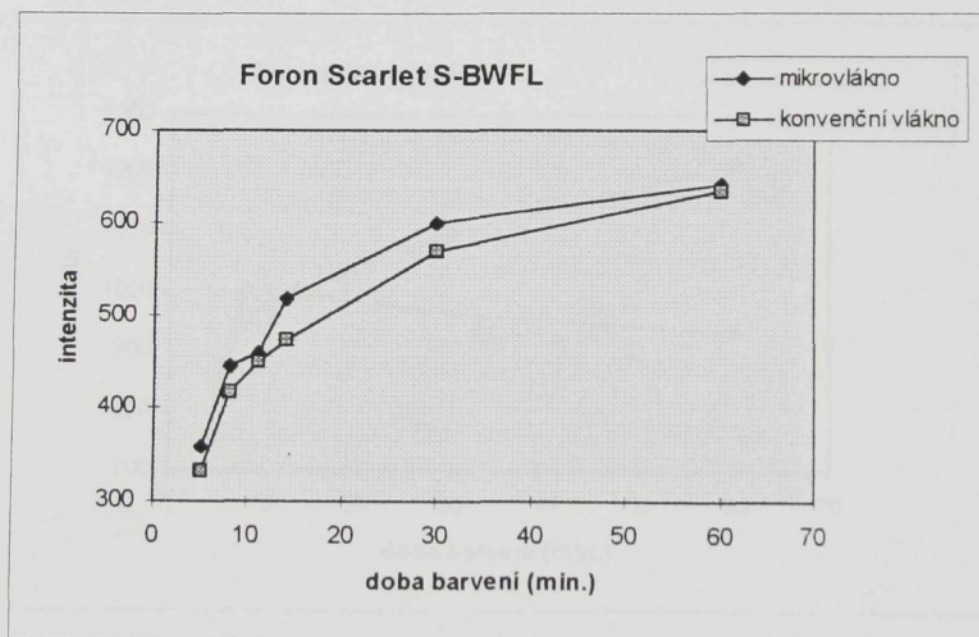
Obr.č. 32 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV1



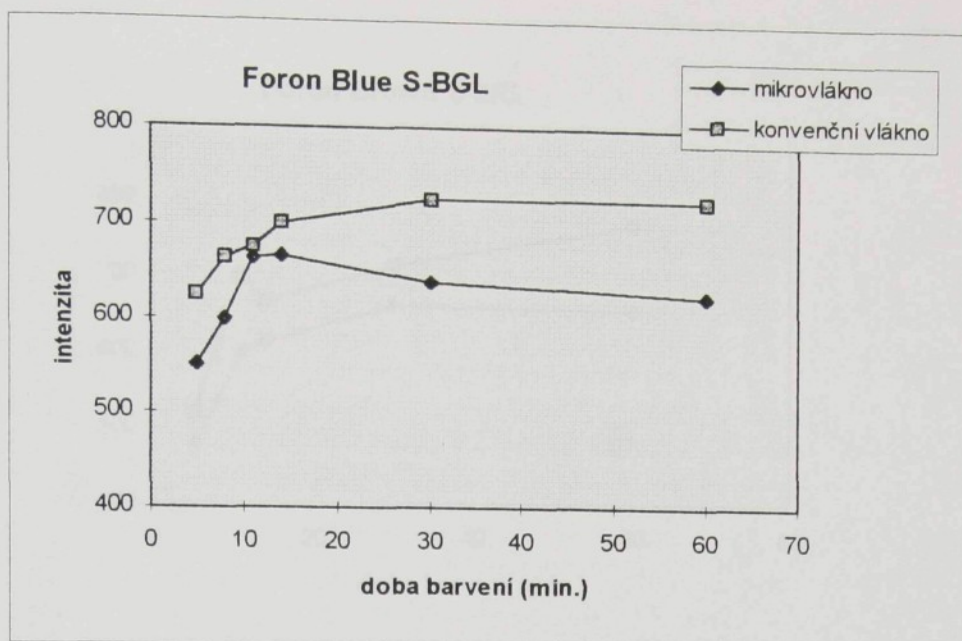
Obr.č.33 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV2



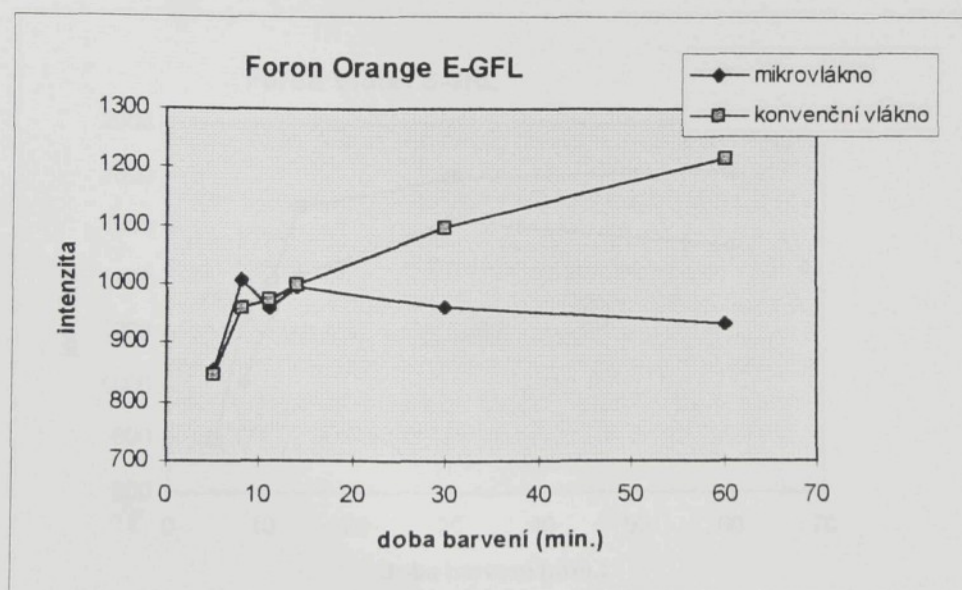
Obr. č.34 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV2



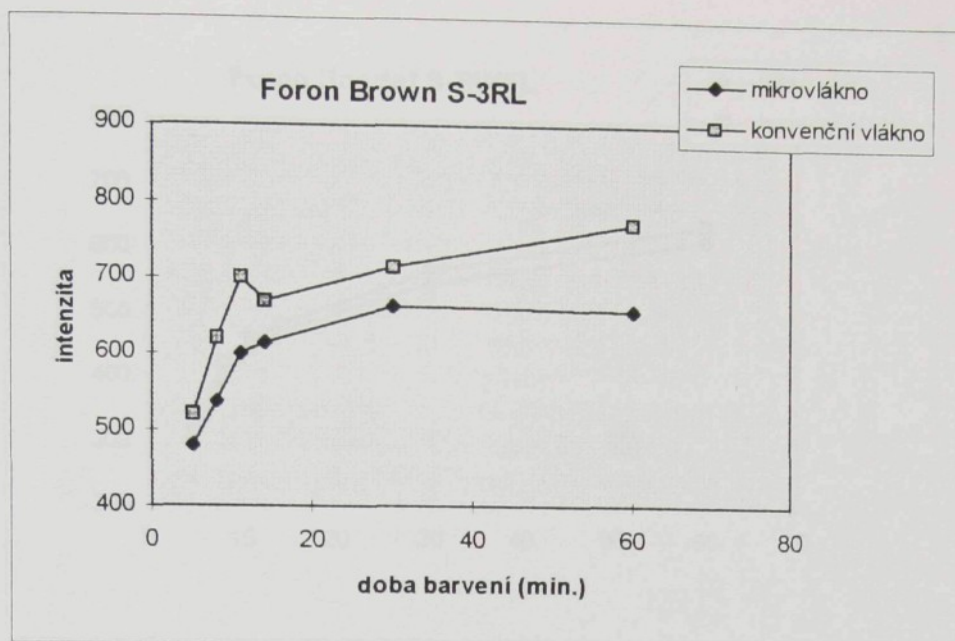
Obr. č.35 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV2



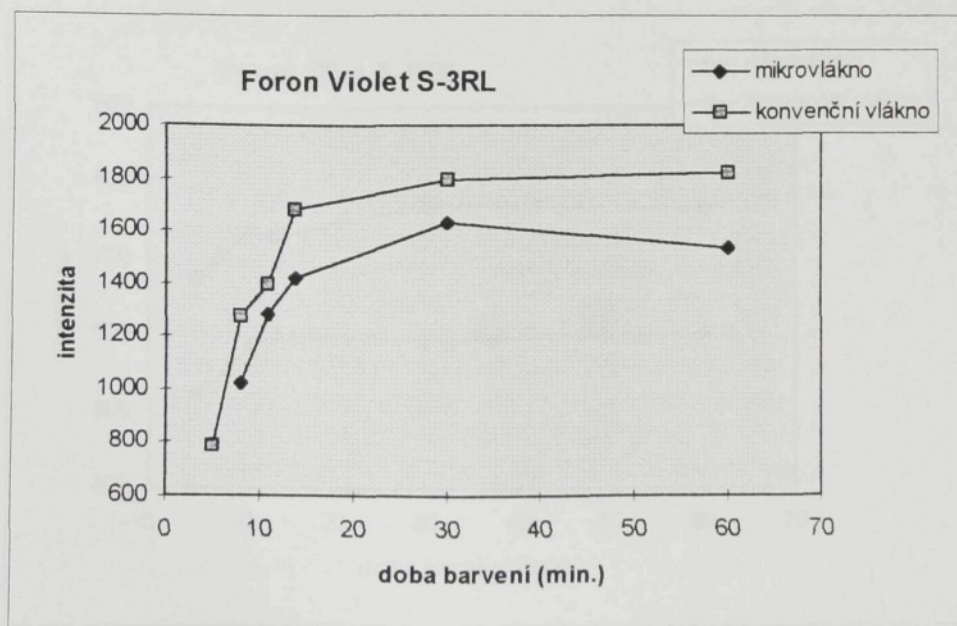
Obr.č.36 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV2



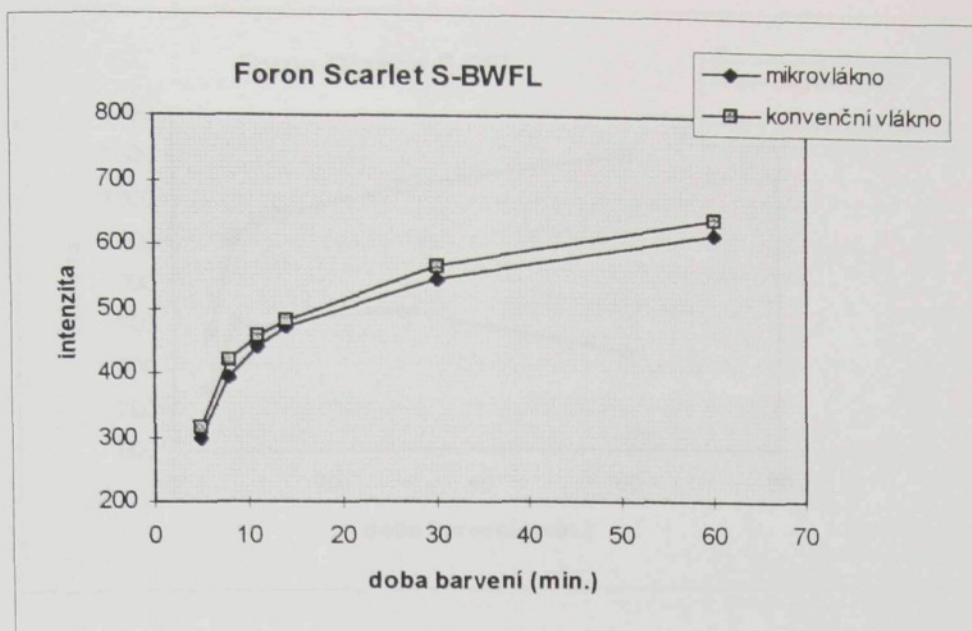
Obr.č.37 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV2



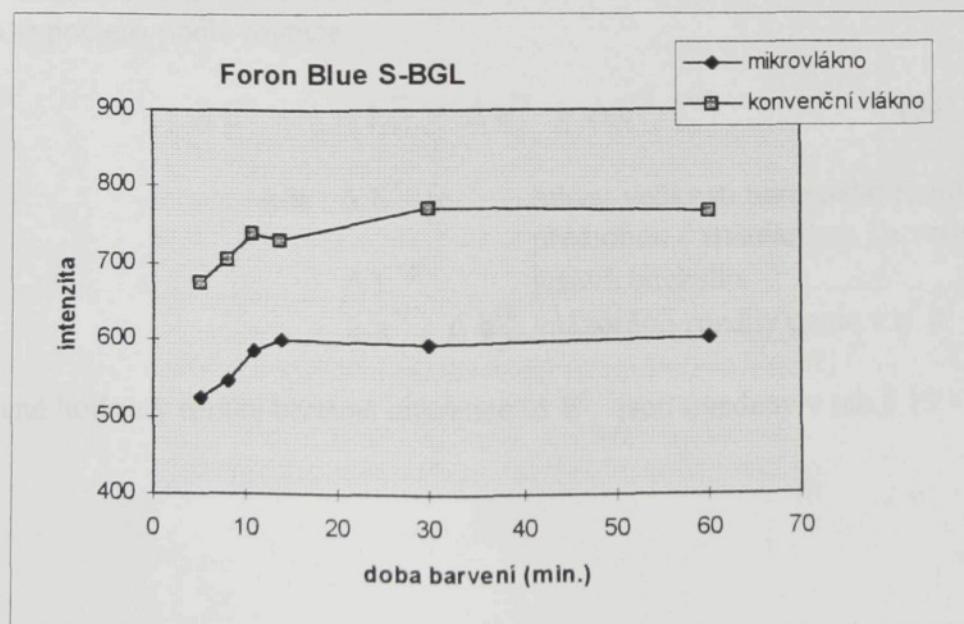
Obr. č.38 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV3



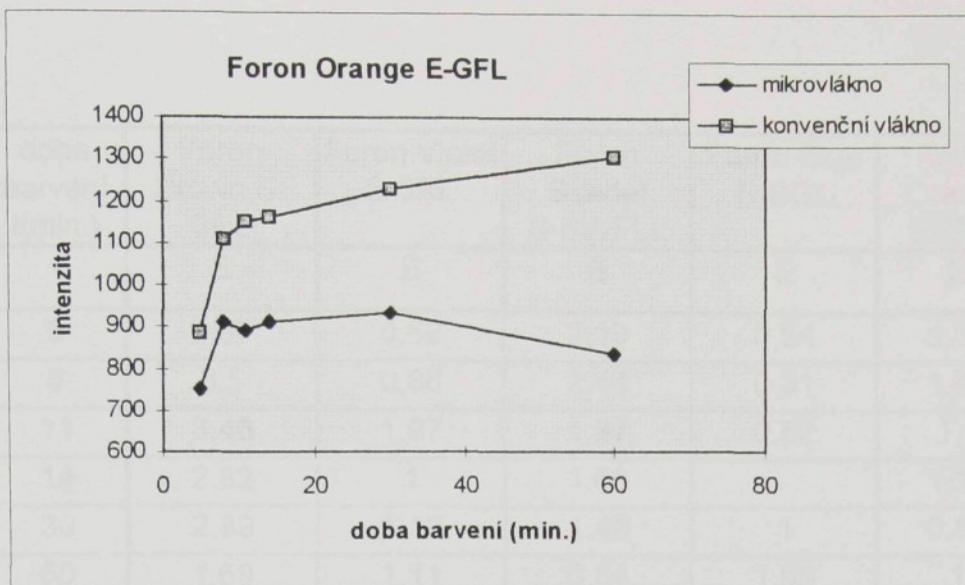
Obr. č.39 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV3



Obr.č. 40 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV3



Obr.č.41 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV3



Obr.č. 42 - Změna intenzity v průběhu barvení pro vzorky KV-MV3

Celková barevná difference, někdy také označována jako totální barevná difference ΔE^* , byla vypočtena podle rovnice:

$$\Delta E^* = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (54)$$

kde ΔE^* je mírou velikosti barevného rozdílu mezi předlohou (standardem) a vzorkem
 ΔL^{*2} jasová odchylka
 Δa^{*2} , Δb^{*2} znázorňují rozdíly pozic v $a^* b^*$ diagramu

Vypočtené hodnoty totální barevné difference ΔE^* jsou uvedeny v tab.č.19 - 21.

doba barvení t(min.)	Foron Brown S- 3RL	Foron Violet S-3RL	Foron Scarlet S-BWFL	Foron Blue S-BGL	Foron Orange E-GFL
	E	E	E	E	E
5	3,97	0,52	2,19	0,54	1,37
8	3,5	0,88	2,44	0,31	1,46
11	3,46	1,07	1,87	0,62	1,1
14	2,82	1	1,66		1,15
30	2,89	1,15	1,48	1	0,84
60	1,69	1,11	0,84	1,58	1

Tab.č. 19 - Hodnoty totální barevné difference pro kombinaci KV-MV1

doba barvení t(min.)	Foron Brown S- 3RL	Foron Violet S-3RL	Foron Scarlet S-BWFL	Foron Blue S-BGL	Foron Orange E-GFL
	E	E	E	E	E
5	2,28	1,16	1,56	2,19	1,47
8	1,55	0,88	1,15	2,34	1,19
11	2,01	0,75	0,48	1,65	0,5
14	1,32		1,38	1,72	0,14
30	1,68	1,02	0,79	2,84	2,48
60	2,61	1,45	0,63	3,61	4,26

Tab.č.20 - Hodnoty totální barevné difference pro kombinaci KV-MV2

doba barvení t(min.)	Foron Brown S- 3RL	Foron Violet S-3RL	Foron Scarlet S-BWFL	Foron Blue S-BGL	Foron Orange E-GFL
	E	E	E	E	E
5	2,07	10,64	1,11	4,21	2,6
8	2,74	3,36	0,98	4,57	2,64
11	2,49	1,66	0,64	4,33	3,59
14	2,36	2,34	1,44	3,75	3,52
30	1,54	1,57	1,31	4,45	4,61
60	2,69	2,25	1,55	4,57	7,27

Tab.č.21 - Hodnoty totální barevné difference pro kombinaci KV-MV3

7. Diskuse

Pro posouzení rozdílné barvitelnosti mikrovláken a konvenčních vláken byl experiment proveden na třech mikrovláknech různých jemností ve společné lázni v kombinaci KV-MV1, KV-MV2, KV-MV3 za konstantní teploty $T = 120^{\circ}\text{C}$. Mikrovlákna se nelišila pouze jemností, ale i obsahem matovacího prostředku, který ovlivňuje zejména remise.

Tato práce byla zaměřena především na posouzení

- sorpce barviva na mikrovlákno a konvenční vlákno
- chování mikrovláken a konvenčních vláken z hlediska remise

Vznik chyb při provádění experimentu mohly způsobit tyto faktory:

- chyby měření charakteristik
- chyby způsobené kolísáním ve struktuře vláken po jejich délce

7.1. Hodnocení distribuce barviva mezi mikrovlákna a konvenční vlákna z hlediska koncentrace barviva na vlákne

Podle teoretických předpokladů mají mikrovlákna mnohonásobně větší měrný povrch než konvenční vlákna, který představuje přístupnější adsorpční plochu pro difúzi barviva.

Důsledkem zvýšené adsorpční plochy mikrovláken je větší koncentrace naadsorbovaného barviva oproti konvenčnímu vláknu. V průběhu barvení vzniká počáteční pik u všech jemností mikrovláken a testovaných barviv, který můžeme sledovat na kinetických vytahovacích křivkách (obr.č.5 - 19).

Vznik počátečního piku je zapříčiněn jednak už zmíněným měrným povrchem a jednak velkou počáteční koncentrací barviva v lázni.

Důležitou roli hraje také průměr mikrovláken, který je menší než u konvenčních vláken. Díky této charakteristické vlastnosti se mikrovlákenný podíl probarvuje do stejné hloubky rychleji v porovnání s konvenčními vlákny.

V průběhu barvení však dochází k nasycení mikrovlákenného podílu a začne docházet k přechodu barviva z míst o vyšší koncentraci do míst o nižší koncentraci. Dochází tedy k migraci (desorpci) barviva z mikrovláken zpět do roztoku a k sorpci do konvenčního vlákna.

Z výsledných koncentrací barviva na vlákne, které jsou uvedeny v tab.č.13 - 18, je patrné, že nejméně přístupné k natažení barviva je mikrovlákno MV3.

7.2. Hodnocení barevnosti a egality obarvených vzorků

Objektivní hodnocení barevnosti bylo provedeno na vzorcích mikrovláken a konvenčních vláken barvených ve společné lázni. Na spektrálním fotometru Datacolor Texflash byla proměřena remisní data v závislosti na vlnové délce. Z těchto remisních hodnot byly spočítány pravoúhlé souřadnice barevného systému CIELAB, které popisují změny sytosti odstínu a barevný posun v souřadnicích žlutá-modrá, červená-zelená. K jednoznačnému popisu změn sytosti nelze tyto souřadnice použít. (pro ilustraci jsou uvedeny v příloze pro kombinaci KV-MV1)

Pro popis změn sytosti byly spočítány hodnoty intenzity v průběhu barvení, které lépe popisují tyto změny. Průběh intenzity v procesu barvení je zobrazen v obr.č.28 - 42.

Výsledky měření se shodují s teoretickým předpokladem o barvitelnosti směsí mikrovláken a konvenčních vláken. Obecně se mikrovláknenný podíl vybarvuje na světlejší odstín. Pro intenzitu těchto vzorků platí, že intenzita mikrovláken je menší než intenzita konvenčních vláken. Tuto závislost je možné sledovat u kombinace vzorků KV-MV3 (obr.38 - 42). U některých vzorků však tato závislost není splněna. U kombinace KV-MV2 (obr.33) je intenzita mikrovlákna v počátečních časech barvení větší než u konvenčních vláken.

Proto je nutné si uvědomit, že optické chování vláken je kromě množství naadsorbovaného barviva ovlivňováno těmito faktory:

- chemickou strukturou barviva (typ chromoforu)
- obsahem matovacího prostředku
- množstvím barviva v lázni

Množství matovacího prostředku má vliv na nárůst koeficientu rozptylu. Rozhodující vliv na výsledný optický efekt mají už zmíněné vlastnosti mikrovlákna - difúze, větší měrný povrch.

Vliv množství barviva v lázni je výraznější u mikrovláken. Při změně koncentrace barviva v lázni dochází k větší změně sytosti vybarvení u mikrovláken v porovnání s konvenčními vlákny.

Pro posouzení míry equality vzorků mohou být použity hodnoty totální barevné difference.

Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab.č.19 - 21. Z tabelovaných hodnot je potom možné posoudit, v kterých časech a pro která barviva dochází k egálnému vybarvení z hlediska tolerančního faktoru $\Delta E^* \leq 1$.

IV. Závěr

Úkolem této diplomové práce bylo posoudit barvitelnost mikrovláken z hlediska koncentrací barviva na vlákne a posouzením změn sytosti vybarvení.

Poznatky získané z experimentů můžeme shrnout do následujících bodů:

- díky větší povrchové ploše mají mikrovlákna větší adsorpční plochu pro difúzi barviva, proto dochází k větší koncentraci naadsorbovaného barviva na vlákne
- průměr mikrovlákna je menší než průměr konvenčních vláken, z tohoto důvodu je mikrovlákno při stejné hloubce proniku rychleji nasyceno barvivem
- po nasycení mikrovlákenného podílu dochází k desorpci barviva z tohoto podílu do lázně a k následné sorpci na konvenční vlákno
- sorpce barviva na mikrovlákno není ovlivněna pouze měrným povrchem, ale také nadmolekulární strukturou mikrovlákna, teplotou barvení a počáteční koncentrací barviva v lázni
- vzhledem k velkému měrnému povrchu je pro dosažení stejné sytého odstínu u mikrovláken třeba mnohem více barviva než u konvenčních vláken
- sytost vybarvení mikrovláken není ovlivněna pouze měrným povrchem, nižší hodnoty intenzity jsou patrně způsobeny i obsahem matovacího prostředku, který posunul hodnoty intenzity k nižším hodnotám

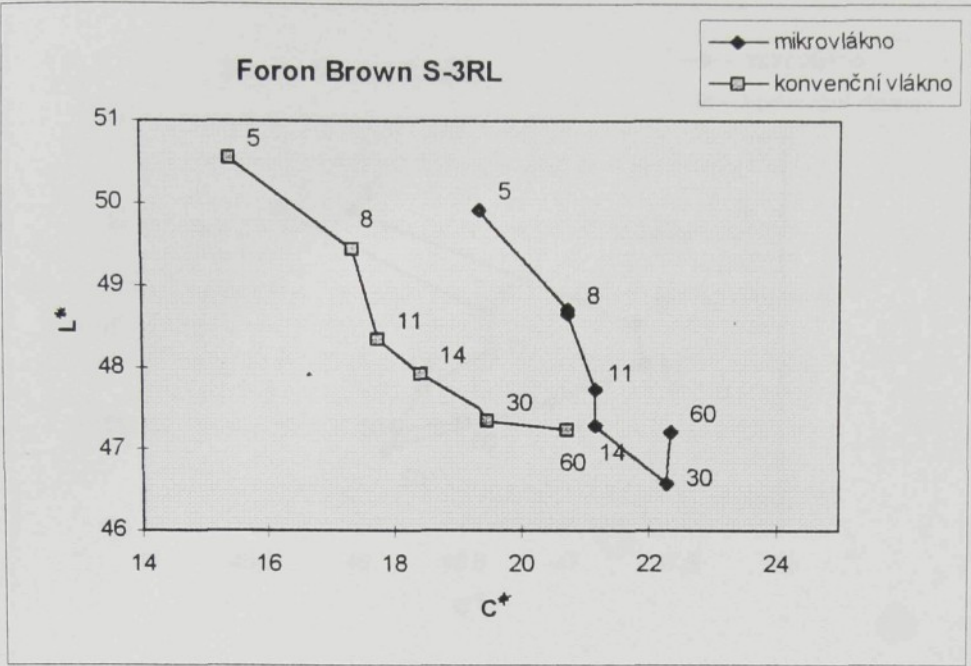
Vzhledem k obtížnosti získání vzorků komerčně vyráběných mikrovláken, byly experimenty prováděny pouze na třech vzorcích mikrovláken již zmíněných jemností. Pro posouzení barvitelnosti mikrovláken je třeba brát v úvahu všechny faktory, které ovlivňují sorpci barviva na vlákno. Pro přesnější posouzení závislosti mezi těmito faktory je nutné provést více experimentů.

Seznam použité literatury

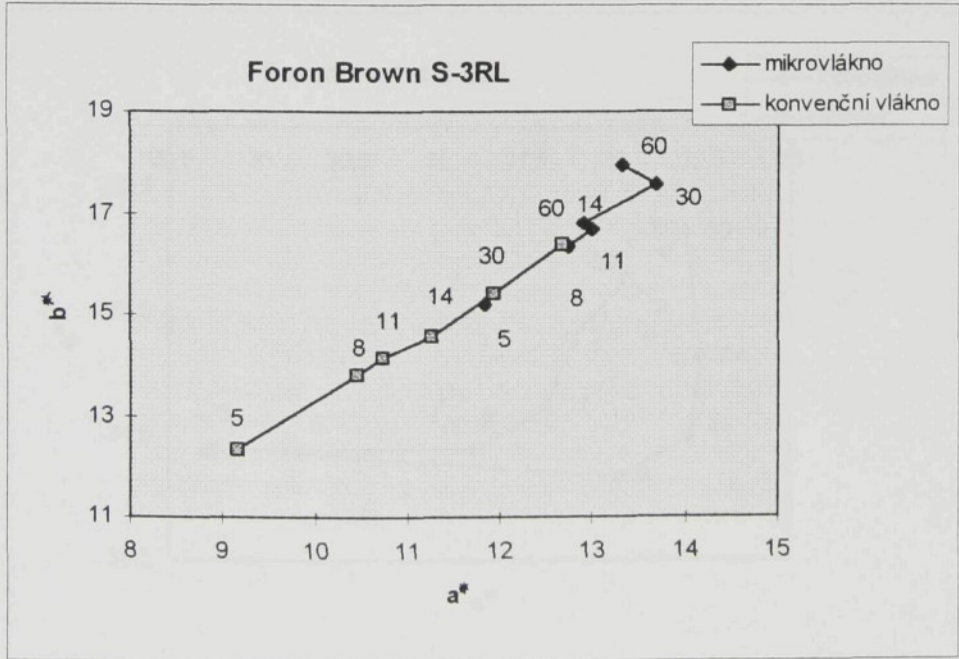
- /1/ Matsui,M: Man - Made Fiber Year Book (CTI),1993
- /2/ Přednáška: International Man - Made Fibres, 23.-25.9.1992, Dornbirn
- /3/ Partin,A.R.: Wet processing of Polyester Microfibre Fabrics, Amer. Dyestuff Reporter,1991
- /4/ Ricards,A.F.:Microfibres -Present and future, Bolton Institute
- /5/ Technical Support Department: Processing of Microfibre in Jet Dyeing application, Amer. Dyestuff Rep., 1995
- /6/ Kryštůfek,J.- Militký,J.: Přednáška na konferenci Textile science 93, Liberec 9/1993
- /7/ Rektoříková,J.: Diplomová práce,1994
- /8/ Bardole,A.H.: Comparison of Microfiber and Conventional Polyester, In.:Book Papers AATCC INT.Conference,Charlotte,11.-14.10.1994
- /9/ Hladík,V.: Textilní barvířství, SNTL Praha
- /11/ Gunter,J.- Baumann,J.: Polyester Microfibres: A New Generation of Fabrics,Proc. Res.J.,1990
- /12/ Kudláček,L.: Mikrovlákná - Výroba, vlastnosti, uplatnění,48,1993
- /13/ Jareš,T.: Doktorandská práce, 1997
- /14/ Šmídová ,M.: Diplomová práce,1995
- /15/ Hladík,V.:Základy teorie barení, SNTL Praha 1968
- /16/ Hladík,V.: Disperzní barviva, SNTL Praha 1976
- /17/ Rais,J.: Základní barvířské výpočty,SNTL 1968
- /18/ Cegarra,J.- Puente,P. - Valdepera,J.: The Dyeing of Textile Materials,1992
- /19/ Kobsa,H.- Rubin,B.- Shearer,S.M.- Scultz,E.M.: Using Optical Ray Tracing to Explain the Reduced Dye Yield of Polyester Microfibre Fabrics, Amer. Dyestuff Rep.,1991
- /20/ Nakamura,T.- Ohwaki,S.- Shibusawa,T.: Dyeing Properties of Polyester Microfibres, Text. Res.J.65,1995

(21)

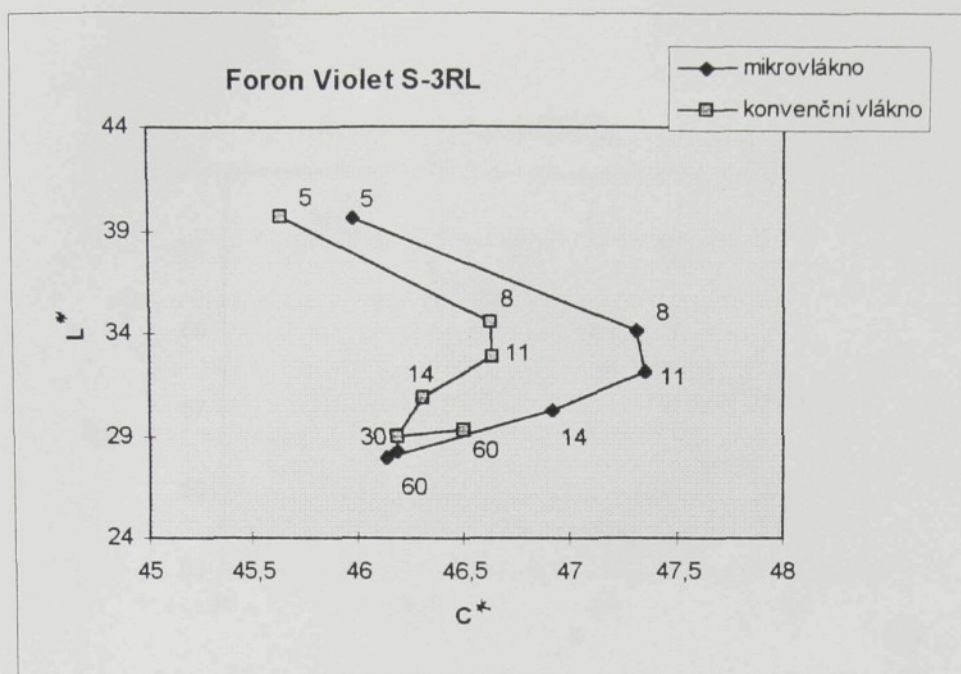
Příloha



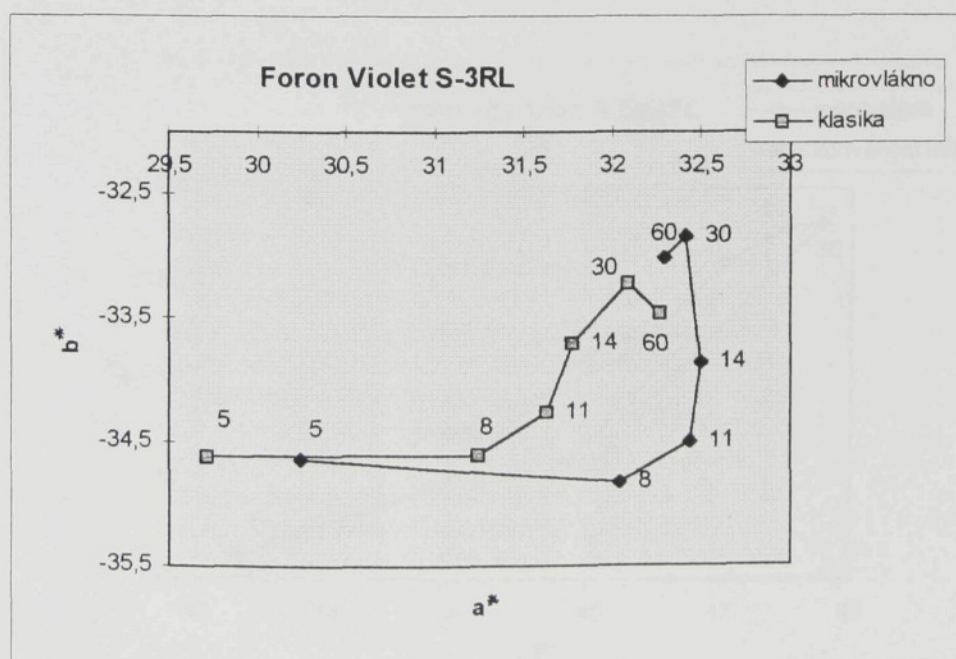
Obr.č.20 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



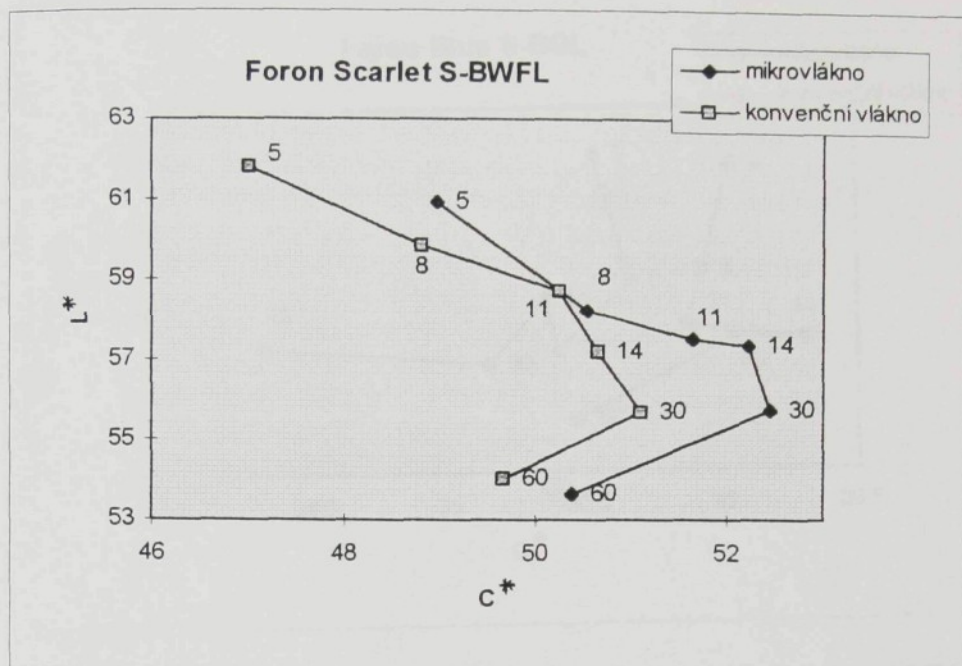
Obr.č. 21 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



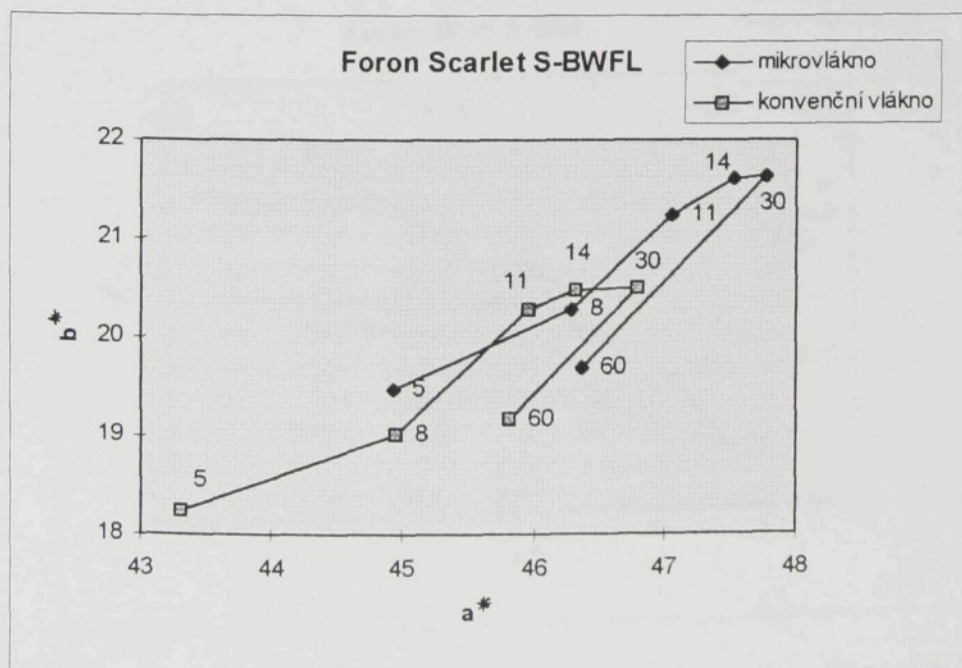
Obr.č.22 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



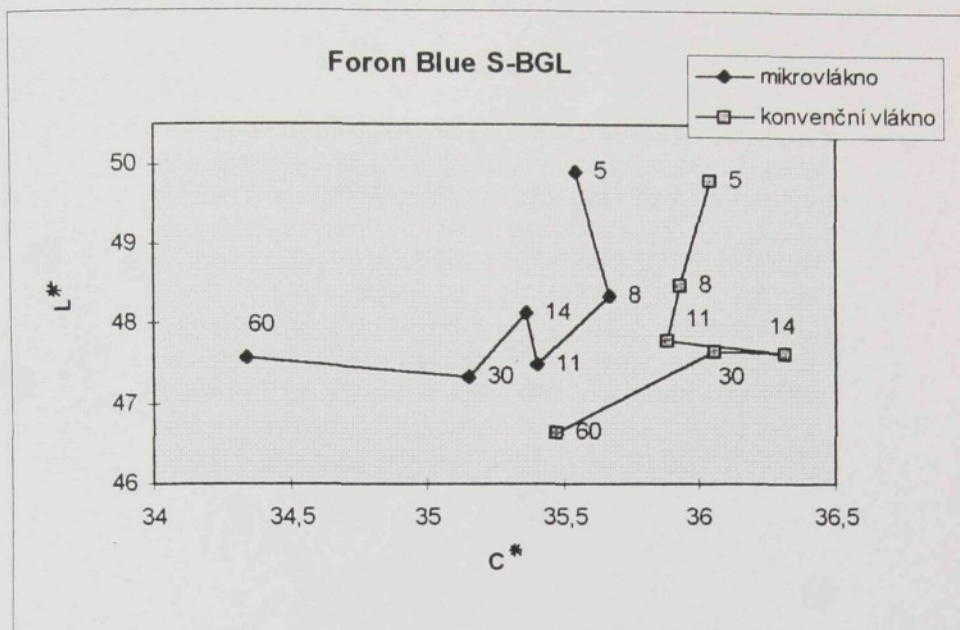
Obr.č.23 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



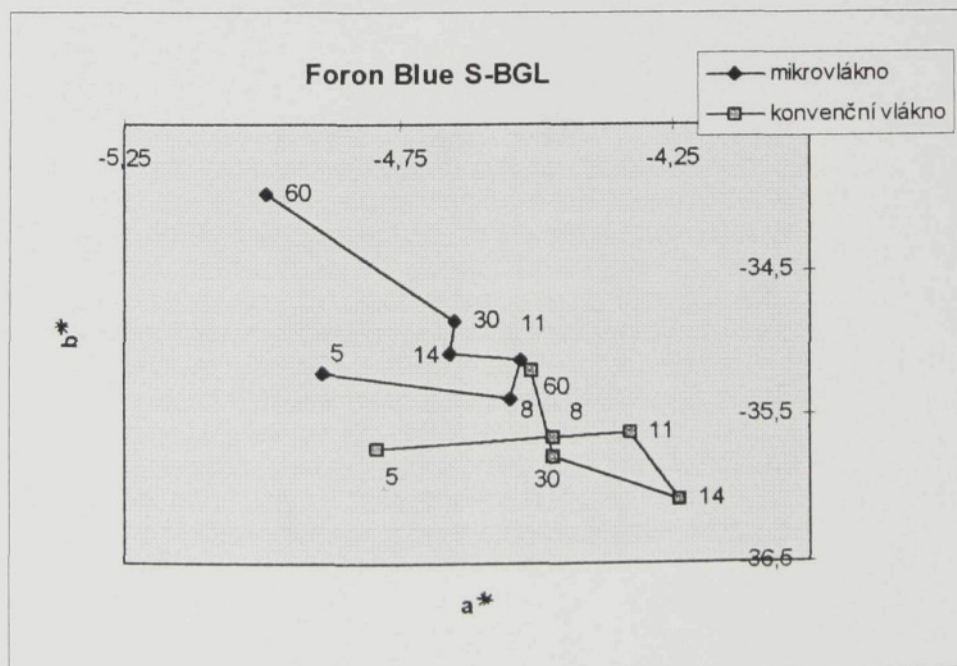
Obr.č.24 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



Obr.č.25 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



Obr.č.26 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1



Obr.č.27 - Pravoúhlé souřadnice (CIELAB) pro kombinaci KV-MV1