

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

Obor B3107  
Textilní marketing a technologie  
Katedra textilních technologií

**Textilní struktury z optických vláken**  
**Textile structures from optical fiber**

Barbora Meryová

Vedoucí práce : doc. Dr. Ing. Dana Křemenáková  
Konzultant práce: Ing. Dagmar Pivoňková  
Ostatní konzultanti : Ing. Vít Lédl, Ph.D  
Ing. Lenka Nevyhoštěná

Rozsah práce a příloh:

Počet stran textu: 66

Počet obrázků: 46

Počet tabulek: 22

Počet příloh: 1

# Textilní struktury z optických vláken

---

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila 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.

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

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma 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 14.05 2010

.....

Podpis

# Textilní struktury z optických vláken

---

# Textilní struktury z optických vláken

---

# Textilní struktury z optických vláken

---

## Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala svoji vedoucí bakalářské práce doc. Dr. Ing. Daně Křemenákové a konzultantovi Ing. Vítu Lédlovi, Ph.D za jejich cenné rady, ochotu, připomínky, a jejich čas, který mi věnovali při vypracování této bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Lence Nevyhoštěné za technickou pomoc při vytváření textilních struktur k experimentální části. A členům laboratoře LOMM fakulty mechatroniky, kteří odborně dohlíželi při vypracování experimentální části.

Poděkování patří i projektu FR-TI1/242- opticky aktivní bezpečnostní textilie, díky němu mohla vzniknout tato práce.

Barbora Meryová

# Textilní struktury z optických vláken

---

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá možnostmi aplikace optických stranově vyzařujících vláken do textilních struktur a zkoumá jejich vlastnosti po aplikaci. Teoretickou částí práce je rešerše popisující optické vlákno, jeho princip, vlastnosti a výrobu. Dále blíže popisuje způsoby výroby textilních struktur s podílem optických vláken spolu s problémy vycházející hlavně z mechanických vlastností vláken. V části experimentální bylo ve spolupráci s fakultou mechatroniky vytvořeno první zařízení sloužící jako zdroj pro osvětlení vláken a vláken v textilních strukturách. Následně bylo provedeno měření světelné intenzity vláken ve vztahu k vzdálenosti od zdroje osvětlení. Součástí práce je zhodnocení popisující vliv vzdálenosti zdroje osvětlení a také průměru vlákna na jeho funkčnost v textilních strukturách.

## **Klíčová slova**

optické vlákno, intenzita svítivosti, preforma, textilní struktury, optika

## **Annotation**

This bachelor's dissertation deals with possibilities of side-emitting optical fibres application into textile structure. It also examine their characteristics after interposition. In theoretical part it occupies with optical fibres, its characteristics and production. Subsequently, it solves ways of optical fibres enhanced textile structures production more in detail, joined with problems caused with mechanical optical fibres characteristics. Furthermore in experimental part, a mechanism for illumination of optical fibres and structures made from them was made in cooperation with Faculty of Mechatronics. The light intensity was measured in its relation to light source distance. Conclusion, evaluating a distance influence as well as a diameter of optical fibre influence is also part of this thesis.

## **Key words:**

optical fiber, intensity of luminance, preform, textile structure, optics

# Textilní struktury z optických vláken

---

## SEZNAM ZKRATEK

$\alpha$	měrný útlum [dB/m]
c	rychlost světla ve vakuu [m/s]
DSC	Diferenciální skenovací kalorimetrie
ELVT	EndoVenau Laser Treatment
$\Phi$	světelný tok [W]
$\Phi_e$	množství energie prošlé plochou [W]
$I_f$	výstupní proud fotodiody [ $A/m^2$ ]
IVD	inside vapor deposition
K	světelná účinnost záření
LAN	Local Area Network
LED	Light Emitting Diodes
n	index lomu světla [-]
$n_{21}$	relativní index lomu světla [-]
MCVD	modified chemical vapor deposition
NA	numerická aperetura
OVD	outside vapor deposition
P	počet brusných zrn na jednotku plochy
$P_1$	vstupní světelný výkon [W]
$P_2$	výstupní světelný výkon [W]
PA6	polyamid
PVCD	plasma-activated chemical vapor deposition
R	citlivost fotodiody [A/W]
S	spletení
V	rychlost šíření světla v látce [m/s]
VAD	<i>vapor axial deposition</i>
WAN	Wide Area Network
z	počet zubů ozubeného kola

# Textilní struktury z optických vláken

---

## Obsah

ÚVOD .....	10
1.1 OPTICKÉ VLÁKNO .....	11
1.1.1 Historie.....	11
1.1.2 Charakteristika optického vlákna.....	11
1.2 PRINCIP FUNKCE OPTICKÉHO VLÁKNA.....	12
1.2.1 Index lomu .....	12
1.2.2 Zákon lomu v rovině.....	13
1.2.3 Totální odraz .....	14
1.2.4 Světelný tok .....	14
1.3 VÝROBA OPTICKÝCH VLÁKEN .....	15
1.3.1 Použité materiály .....	15
1.3.2 Proces výroby .....	15
1.3.2.1 Výroba preformy.....	16
1.3.2.2 Výroba vlákna.....	18
1.4 STRUKTURA OPTICKÉHO VLÁKNA.....	22
1.5 DRUHY OPTICKÝCH VLÁKEN .....	23
1.5.1 Jednovidová optická vlákna.....	23
1.5.2 Mnohavidová optická vlákna.....	23
1.5.2.1 Mnohavidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu.....	24
1.5.2.2 Mnohavidová vlákna s gradientní změnou indexu lomu .....	24
1.6 HLAVNÍ PARAMETRY OPTICKÝCH VLÁKEN .....	25
1.6.1 Šířka pásma.....	25
1.6.2 Numerická apertura.....	25
1.7 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA ZTRÁTU SVÍTIVOSTI .....	26
1.7.1 Útlum světelného signálu.....	26
1.7.2 Ztráty z důvodu znečištěného materiálu vlákna .....	27
1.7.3 Vidová disperze .....	27
1.7.4 Ohyb vlákna .....	27
1.7.4.1 Minimální poloměr ohybu .....	28
1.7.4.2 Mikroohyby vláken.....	28
1.7.5 Obsah – OH .....	29
1.7.6 Lineární rozptyl.....	29
1.7.7 Světelná intenzita .....	29
1.8 VÝROBKY A MOŽNOSTI APLIKACÍ .....	30
1.8.1 Telekomunikační technologie.....	30
1.8.2 Ve zdravotnictví.....	30



# Textilní struktury z optických vláken

---

1.8.3	Architektura, stavebnictví a bytové doplňky .....	30
1.8.4	Módní návrhářství.....	31
1.9	ZDROJE SVĚTLA .....	31
1.9.1	Možnost navedení světla do struktur optických vláken.....	32
1.10	APLIKACE VLÁKEN .....	32
1.11	MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN.....	34
1.11.1	Splétání .....	34
1.11.2	Oplétání.....	36
1.11.3	Tkaní .....	36
2.1	CHARAKTERISTIKA POUŽÍVANÝCH VLÁKEN.....	38
2.2	CHARAKTER VYROBENÝCH STRUKTUR .....	39
2.2.1	Šňůry.....	39
2.2.2	Oplety.....	39
2.2.3	Tkaniny .....	40
2.3	ÚPRAVA ŘEZU VLÁKNA PRO NAVEDENÍ SVĚTLA .....	41
2.4	SYSTÉM PRO NAVEDENÍ SVĚTLA DO VLÁKNA .....	46
2.5	ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ SVĚTELNÉ INTENZITY .....	48
2.6	PRINCIP MĚŘENÍ.....	49
2.7	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH VYHODNOCENÍ.....	51
2.7.1	Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu stranově vyzařujících optických vláken.....	51
2.7.2	Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu šňůr ze stranově vyzařujících optických vláken .....	54
2.7.3	Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu opletů ze stranově vyzařujících optických vláken .....	56
2.7.4	Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu tkanin ze stranově vyzařujících optických vláken .....	60
2.8	UPLATNĚNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN V TEXTILNÍCH STRUKTURÁCH .....	63
	ZÁVĚR .....	64
	Použitá literatura .....	66
	Použité www.....	66

## ÚVOD

Textilní fakultě TUL je zadán projekt FR-TI1/242- Opticky aktivní bezpečnostní textilie, zabývající se využitím stranově vyzařujícími optickými vlákny v textilním průmyslu, hlavně v aktivně bezpečnostních prvcích.

Toto téma jsem si zvolila proto, neboť jsem přesvědčena, že optická vlákna mají v textilním průmyslu budoucnost, a to nejen v aktivně bezpečnostních prvcích.

Jedním z cílů mé bakalářské práce je nalézt nejvhodnější způsob aplikací vláken do textilních struktur a zjistit, jaký mají tyto aplikace vliv na přenos světla a jeho stranové vyzařování. Dále bych se chtěla zaměřit na nalezení vhodných podmínek pro výrobu textilních struktur s podílem optických vláken. Následným měřením intenzity svítivosti zjistit vliv výroby struktur na samotná vlákna.

Na základě prvního seznámení se s problematikou jsem k dosažení vytčeného cíle stanovila následující postup:

1. Popsat optická vlákna od výroby preforem, jejich následného tažení, až po finální úpravy vláken, jako je nános ochranného obalu. Analyzovat vlivy působící na ztrátu svítivosti, využití těchto vláken v praxi a možnosti jejich zpracování v textilních strukturách.
2. Nalézt vhodné textilní struktury, do kterých se optické vlákno bude aplikovat tak, aby nedocházelo k jejich výraznému poškození. Zde se zabývat třemi metodami výroby textilních struktur, tkaní, splétání a oplétání.
3. Optimalizovat podmínky potřebné k zajištění dostatečné svítivosti vybraných textilních struktur. Navrhnout osvětlovací systém pro optická vlákna tak, aby bylo dosaženo vhodných podmínek pro měření světelné intenzity těchto struktur.
4. Stanovit závěry pro uplatnění optických vláken v textilních strukturách.

Metodou k dosažení stanoveného cíle bude studium materiálů, týkajících se této problematiky. Dále zhodnocení získaných poznatků z výzkumu a následná jejich sumarizace, kdy výstupem budou výsledky v písemné i grafické podobě.

## 1. REŠERŠNÍ ČÁST

### 1.1 OPTICKÉ VLÁKNO

Optické vlákno je skleněné nebo plastové vlákno, díky kterému je možné přenášet světlo (signál) podél své osy. Optické vlákno je v dnešní době nejčastěji používáno v komunikacích, kde umožňuje přenos na velké vzdálenosti a má i vyšší přenosovou rychlost než jiné formy komunikace. Dříve se používaly kovové vodiče, ale docházelo k velkým přenosovým ztrátám. Další předností je, že u optického vlákna nedochází k elektromagnetickému rušení, proto kovové vodiče nahradilo optické vlákno. Vlákna se také používají pro osvětlování, jako snímače a vlákenné lasery. Mezi jejich výhody patří i jejich ohebnost.

#### 1.1.1 Historie

Vedení světelného signálu bylo poprvé realizováno Danielem Colladonem a Jacquesem Babinetem v roce 1840. Prokázali, že světlo může být vedeno podél tryskající vody. Avšak k jeho vyššímu využití došlo až ve 20. století, kdy jej využili zubaři jako světýlko pro osvětlení úst pacientů zevnitř. Bylo totiž zjištěno, že ohnuté skelné tyčinky vedou světlo. Později se začalo optické vlákno používat pro vedení obrázků. Ale až v šedesátých letech se dospělo k názoru, že zúžením vedení by se mohlo dosáhnout mnohem lepších výsledků v cíli, čímž se myslí mnohem méně ztrát, což vyvolalo myšlenku použití optických vláken jako komunikačního prostředku. V dnešní době se již používají samozřejmě mnohem tenčí optická vlákna.<sup>[6]</sup>

#### 1.1.2 Charakteristika optického vlákna

Optické vlákno je válečkový dielektrický vlnovod, který přenáší zpravidla světlo či infračervené záření podél svoji osy procesem mnohonásobným úplným vnitřním odrazem na rozhraní dvou prostředí s rozdílným indexem lomu. Vlákno je složeno z jádra a obklopeno tenkou vrstvou (obal). Aby došlo k vazbě optického signálu, musí být lomový index jádra vyšší (přibližně o 1%), než má obal. Podstatnou výhodou je možnost tvarovat je, a tím změnit dráhu svazku.

Výhody optických vláken oproti metalickým vodičům jsou: nízký útlum (menší počet zesilovačů na optické trase), odolnost proti elektromagnetické interferenci a

# Textilní struktury z optických vláken

přeslechům, elektrická izolace, bezpečnost přenosu, velká šířka pásma, vyrábí se z křemíku, který je snadno dostupný.<sup>[7]</sup>

## 1.2 PRINCIP FUNKCE OPTICKÉHO VLÁKNA

### 1.2.1 Index lomu

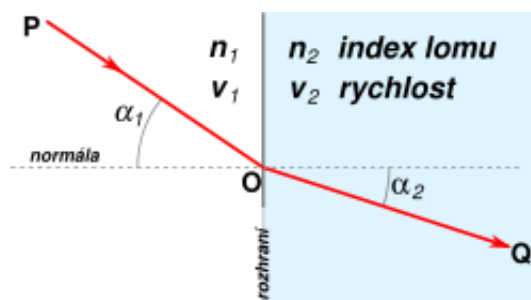
Index lomu vyjadřuje změnu rychlosti šíření světla při přechodu mezi různými prostředími. Rychlost světla ve vakuu je asi  $3 \cdot 10^8$  m/s pro všechny vlnové délky, kdežto v látkách je funkcí vlnové délky tzv. disperze. Rychlost v látkách je menší. Index lomu se vypočítá vydělením rychlosti světla ve vakuu rychlostí světla v hmotném prostředí. Běžná hodnota indexu pláště optického vlákna je 1,46. Typická hodnota pro jádro je 1,48.<sup>[2]</sup>

Čím větší je index lomu, tím pomaleji se světlo pohybuje v tom daném prostředí.

U průhledných a čirých látek lze index lomu považovat za konstantu vztahující se k celému rozsahu viditelného světla. V tomto případě je index lomu vždy větší než 1 a index lomu vzduchu je roven jedné.

Jak je patrné z rovnice 1 je index lomu podíl rychlosti světla ve vakuu ( $c$ ) a rychlosti šíření světla v dané látce ( $v$ ), viz obr. 1.2.1

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$



Obr. 1.2.1 Snellův zákon<sup>[7]</sup>

Když světlo přechází z vakua do průhledného prostředí, mění se vlnová délka, neboť počet vln opouštějících rozhraní se v jakémkoliv okamžiku má rovnat počtu vln přicházejících.<sup>[2]</sup>

## Textilní struktury z optických vláken

Relativní index lomu ( $n_{2,1}$ ) je podíl přechodu z prostředí s indexem lomu  $n_1$  do prostředí s indexem lomu  $n_2$  jak je patrné z rovnice 2

$$n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

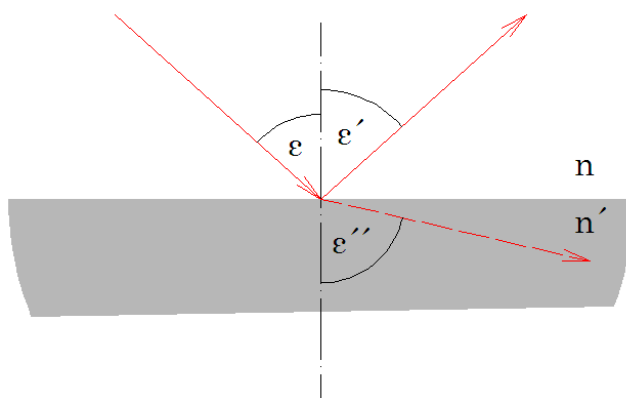
Nebo je to podíl rychlosti šíření vln v prvním prostředí ( $v_1$ ) s indexem lomu  $n_1$  do prostředí s rychlostí šíření vln ve druhém prostředí ( $v_2$ ) s indexem lomu  $n_2$  viz rovnice 3

$$n_{2,1} = \frac{v_1}{v_2} \quad (3)$$

### 1.2.2 Zákon lomu v rovině

Na rovinném rozhraní dvou látek s různými indexy lomu dochází k lomu světla dle Snellova zákona.

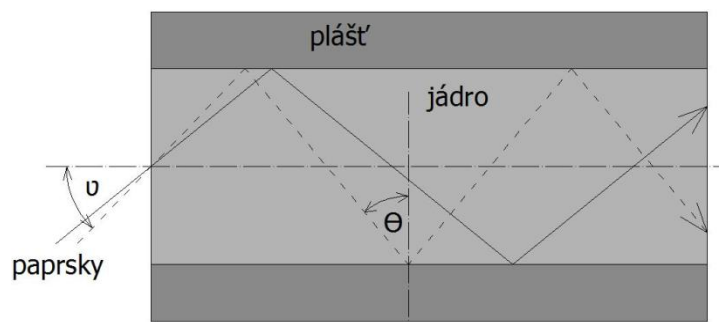
Dopadne-li paprsek jednobarevného světla v prostředí o indexu lomu  $n$  na rozhraní, které je odděluje od jiného prostředí o indexu lomu  $n'$ , dělí se obecně na dva paprsky, které postupují od místa dopadu se změněnými směry. Jeden z nich postupuje do prostředí druhého tzv. *paprsek lomený* a druhý zůstává v prvním prostředí tzv. *paprsek odražený*<sup>[2]</sup> viz obr. 1.2.2



Obr.1.2.2 Lomený a odražený paprsek<sup>[2]</sup>

### 1.2.3 Totální odraz

Světlo pohybující hustým prostředím a dopadající na rozhraní s prostředím řidším, musí dopadat pod úhlem větším než je úhel mezní. Je-li úhel dopadu větší než úhel mezní, pak je světlo úplně odraženo. Tento efekt je využíván v optických vláknech k udržení světla v jádru. Světlo se šíří kolem vlákna a dále pryč z rozhraní. Světlo musí narazit na odrazovou plochu pod úhlem větším než kritický úhel, pouze světlo, které vstoupí do vlákna v určitém rozsahu úhlu, se může šířit bez propuštění. Tento rozsah úhlů je nazýván „vstupní kužel“ vlákna. Velikost tohoto vstupního kuželu je funkcí indexu lomu a rozdílu mezi jádrem vlákna a pláštěm, vidíme na obr. 1.2.3<sup>[2]</sup>



Obr. 1.2.3 Princip přenosu paprsku optickým vláknem

Kde  $\theta$  je mezní úhel dopadu pro úplný odraz paprsku. Nejkratší dráhu vykoná přímý paprsek (paprsek o nejnižším vidu) a naopak nejdelší dráhu vykoná paprsek, který má úhel odrazu na úrovni mezního úhlu (paprsek s nejvyšším videm).

### 1.2.4 Světelný tok

Ze zdroje světla vychází na všechny strany proud zářivé energie. Množství této energie procházející nějakou ploškou za jednotku času se nazývá zářivý tok touto ploškou ( $\Phi_e$ ). Zářivý tok udává výkon ve watttech. Výkon zářivé energie, zhodnocený podle světelného vjemu, který vyvolává, nazýváme světelným tokem ( $\Phi$ ). Světelnou účinnost záření vypočítáme jako podíl světelného toku ( $\Phi$ ) a množství energie procházející ploškou ( $\Phi_e$ ). Tento vztah je v rovnici 4<sup>[2]</sup>

$$K = \frac{\Phi}{\Phi_e} \quad (4)$$

## 1.3 VÝROBA OPTICKÝCH VLÁKEN

Postup výroby skleněných a plastových vláken je stejný, proto se budeme v této kapitole zajímat o výrobu optických vláken skleněných.

### 1.3.1 Použité materiály

Na trhu se v dnešní době vyskytují skleněná a plastová optická vlákna. Skleněná vlákna jsou vyrobena jako ostatní sklo z křemíku. Tato skla mají index lomu zhruba 1,5. Ideálním materiálem pro jádro optického vlákna je oxid křemičitý  $\text{SiO}_2$  (čisté křemičité sklo). Pokud použijeme při výrobě  $\text{SiO}_2$ , může vzniknout takzvané křemenné sklo, to je oblast ve vlákne, kde je velmi nízký útlum. Útlum  $\text{SiO}_2$  na velkých vlnových délkách prudce klesá. Minimální útlum má  $\text{SiO}_2$  přibližně kolem vlnové délky 1400 nm. Od 1500 nm útlum opět začíná stoupat. V oblasti s nízkým útlumem je ovšem na křivce několik pahorků způsobených hlavně  $\text{OH}$  ionty, tedy disociovanou vodou nacházející se uvnitř materiálu vlákna. Proto musí být ve vlákne obsah vody minimalizován. To je také důvodem, proč jsou optická vlákna extrémně citlivá na navlhnutí (vlhkost způsobuje jejich tzv. oslepnutí) a musí být před vlhkostí pečlivě chráněna ochrannými obaly bezprostředně ihned po procesu tažení. Jak bylo uvedeno výše, aby došlo k vedení signálu (světla) musí mít jádro vyšší index lomu než má obal, což je u skleněných optických vláken problém, protože křemenné sklo má hodnotu indexu lomu pouze kolem 1,544. Dá se sice ovlivňovat různými příměsemi, ale pouze zvyšovat a minimálně snižovat. Proto se jádro nevyrábí z čistého křemenného skla, ale ze směsi křemenného a germaniového skla  $\text{GeO}_2$ , která má vyšší index lomu a téměř nezměněný útlum.

Dále se na trhu objevují plastová vlákna. Tato vlákna mají obvykle vyšší útlum než skleněná vlákna, 1dB/m. Tento vysoký útlum omezuje rozsah těchto vláken.<sup>[1]</sup>

### 1.3.2 Proces výroby

Při výrobě skleněných optických vláken jsou kladeny velmi vysoké požadavky na čistotu, protože i sebemenší vada v materiálu by znamenala snížení kvality přenosu signálu nebo jeho úplnou ztrátu. Výroba skleněných vláken je technologicky náročná. Musíme vytvořit takové podmínky, aby ve skleněných optických vláknech vznikl co nejmenší útlum, aby jím mohlo světlo procházet do co největších vzdáleností.

## Textilní struktury z optických vláken

---

Optická vlákna se vyrábějí z tzv. preformy. Preforma je trubice z vhodného skla, které má požadované vlastnosti, jak pro jádro, tak pro obal. Délku optického vlákna ovlivňuje velikost preformy (čím je preforma větší, tím je vlákno delší). Standardní velikost preformy je délka 50 cm a průměr od 1 cm po 10 cm (ale jsou různé velikosti podle požadavků odběratele). Z jedné preformy se dá vyrobit optické vlákno dlouhé až několik set kilometrů.<sup>[1]</sup>

### 1.3.2.1 Výroba preformy

Vyrobít preformu lze několika metodami, které se liší hlavně způsobem nanášení výparů chloridů křemíku a germania spolu s dalšími příměsemi. Typy metod jsou OVD, VAD, IVD, MCV a PVCD. Dále jsou podrobněji popsány metody OVD a MCVD.<sup>[1]</sup>



Obr. 1.3.1 Preforma vyrobená MCVD metodou<sup>[7]</sup>

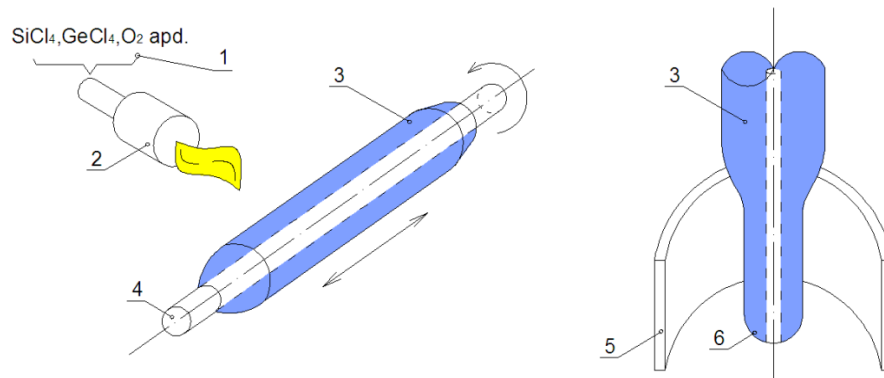
#### 1.3.2.1.1 Metoda OVD

Metoda OVD spočívá v usazování výparů z chloridů křemíku a germania a dalších příměsí na kovovou tyčku, která se otáčí podél své osy a je ohřívána hořákem s kyslík-vodíkovým plamenem. Do hořáku jsou zároveň přiváděny chloridy ( $\text{SiCl}_4$ ,  $\text{GeCl}_4$  případně  $\text{BCl}_4$ ,  $\text{PCl}_4$ ). Za vysoké teploty dojde k chemické reakci, při které se na povrchu otáčející se kovové tyčky vytvoří oxidy Si, Ge apod., jež se usazují ve formě „sazí“ podobající se bílému prášku. Hořák se pohybuje přímočaře vratně podél osy tyčky. Proces trvá tak dlouho, až je nanesená požadovaná tloušťka. Po jeho ukončení se nanesené vrstvy hořákem ohřejí na tak vysokou teplotu, aby došlo k jejich vzájemnému slití do porézní skelné hmoty a také ke snížení obsahu  $\text{OH}$  iontů. Takto vytvořená trubička se po ochladnutí sejme z kovové tyčky (kovy mají výrazně vyšší teplotní roztažnost). Na konci procesu se ještě trubička na jejím spodním konci zataví a zúží do špičky. Metoda OVD se vyznačuje vysokou čistotou skla jak pro jádro, tak i pro plášť



## Textilní struktury z optických vláken

vlákna. Změnou poměrů jednotlivých surovin lze dosáhnout i složitých průběhů indexu lomu v budoucím vlákně, viz obr. 1.3.2 <sup>[1]</sup>

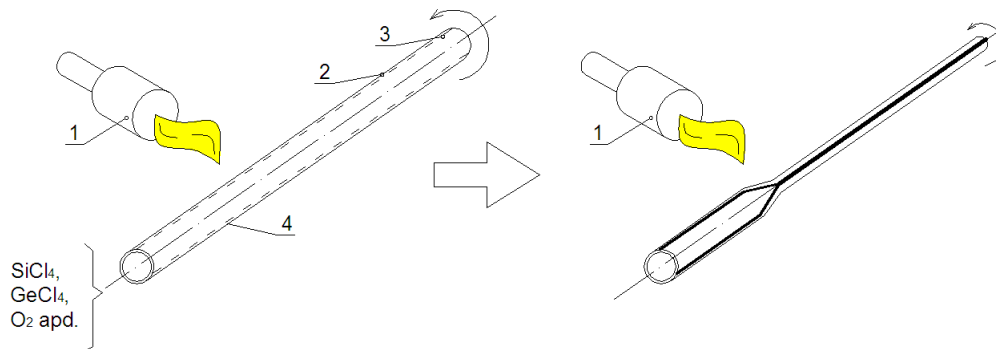


Obr. 1.3.2 Metoda OVD (outsider vapordeposition) <sup>[1]</sup>  
1. vnášené prvky, 2. hořák, 3. rotující preforma, 4. střední tyč, 5. pec, 6. čisté sklo

### 1.3.2.1.2 Metoda MCVD

Princip metody MCVD spočívá ve vnášení chloridů s kyslíkem do trubice vyrobené ze skla, čímž se vytvoří jádro vlákna. Složení této trubice vyhovuje požadavkům na plášť vlákna. Trubice se otáčí kolem své osy a hořák s kyslík-vodíkovým plamene pohybující se podél její osy ohřívá trubici na potřebnou teplotu. Chemickou reakcí při vysoké teplotě dojde opět ke vzniku oxidů vnášených surovin, ty se usazují v podobě jemné bílého prášku na vnitřní straně trubice. K ohřívání trubice dochází tak dlouho, dokud nevznikne požadovaná tloušťka nanesené vrstvy a poté opět dojde ke zvýšení teploty plamene, aby došlo ke vzájemnému slití do sklovité hmoty a také ke snížení obsahu OH iontů. Na konci procesu se ještě trubička na jejím spodním konci zataví a zúží do špičky. Předností této metody je možnost vyrábět preformy o větších rozměrech a také zkrácení nanášecích časů, hlavně u jednojádrových vláken (protože průměr jádra tvoří cca. 1/10 průměru celkového). Viz obr. 1.4.3 <sup>[1]</sup>

## Textilní struktury z optických vláken



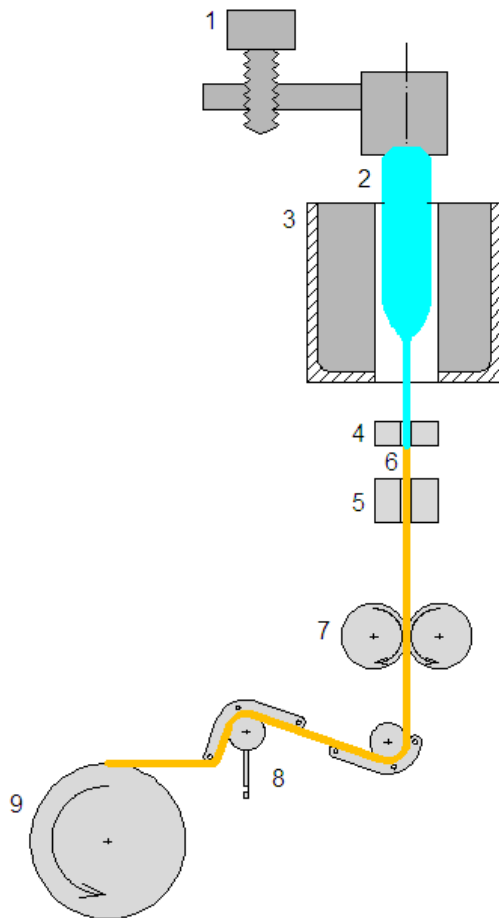
Obr. 1.3.3 Metoda MCVD (modified chemical vapor deposition-upravený chemický nánosový výpar)<sup>[1]</sup>

1. hořák, 2. skleněná tyčinka, 3. absorpční vrstva, 4. skleněná vrstva

### 1.3.2.2 Výroba vlákna

Proces tažení vlákna využívá gravitační síly, kdy preforma je zavěšena do dávkovacího mechanismu v horní části stroje, ten ji během procesu dokáže velmi přesně posouvat resp. dávkovat směrem dolů. Poněvadž je potřeba, aby se tažené vlákno neohýbalo, je celé zařízení položeno ve velkých výškách (i několik pater). Pro ohřev takto zavěšené skloviny se využívá peci s kyslík-vodíkovým plamenem, peci indukčních nebo kombinací obou typů. Vhodná viskozita skla pro tažení se pohybuje okolo  $2000^{\circ}\text{C}$ . V peci se preforma zprvu nahřeje na takovou teplotu, aby se utvořila kapka, která za sebou táhne vlákno. Utvořená kapka se ochladí a odlomí se. Vlákno, které nám takto zůstalo, se navede do stroje, na jehož konci se navíjí na cívku. Pokud je vlákno navedeno, může začít celý proces tažení. Proces tažení je důsledně řízený, proto první součástí stroje je laserový měřič, kterým se kontroluje průměr vlákna a případně reguluje rychlost tažení nebo teplota v peci. Stroj na tažení je vybaven soustavou kladek, které vlákno pevně a přesně drží a působí na něj potřebnou tažnou silou. Pomocí těchto soustav kladek vlákno získává své přesné parametry. Stroj je také vybaven úpravou povrchu vlákna pomocí vrstvy nepropustného laku proti vodě, ten se vytvrzuje UV zářením od výbojek umístěných na trase tažení. Tato úprava je umístěna před soustavami kladek. Na konci, kde vlákno již získá své požadované parametry, jako například konstantní tloušťku po celé své délce, je navíjeno na cívku. Celá cesta tažení může měřit několik desítek metrů. Viz obr. 1.3.4<sup>[1]</sup>

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 1.3.4 Schéma tažení vlákna<sup>[1]</sup>

1. šroub k polohování preformy, 2. preforma, 3. pec, 4. monitor průměru, 5. potahovač, 6. vlnovod 7. odtahové válečky, 8. monitor odtahové síly, 9. odtahový buben

Mnoho aplikací vláken nemůže být používáno bez dalšího „zlepšení“. Proto se v praxi používají vlákna s ochranným obalem. Záměr ochrany optického vlákna proti mnoha možným vnějším vlivům a zachování funkčnosti během mechanických dovolených vlivů, je

dosahován pomocí kabelových technologií. Jsou to speciální konstrukce pro ochranu vlákna (kabelu), nazývané „tlumiče“, „nárazníky“.<sup>[1]</sup>

### 1.3.2.2.1 Jednovlákněný volný ochranný obal

Obal je malá plastová „tuba“ dostatečně chránící optické vlákno proti deformacím a tření. Obal musí držet tvar, být pevný, nesmí být náchylný na stárnutí a musí být velmi pružný, aby mohl být přizpůsobivý jako řada jiných kabelů, bez znatelných napětí v optickém vlákne. Jednovlákněný volný ochranný obal má všechny potřebné konstrukční charakteristické vlastnosti.

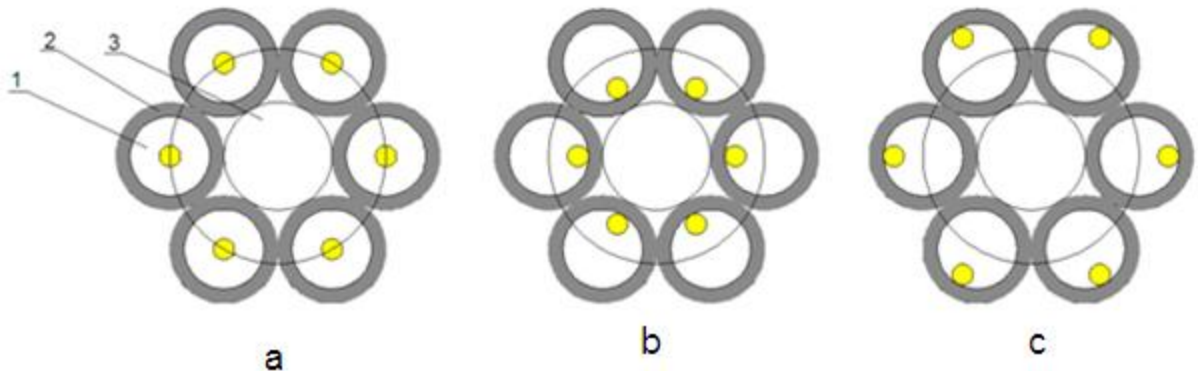
Ochranný obal „tuba“ je složena z vnitřní ochranné vrstvy s velmi nízkým koeficientem tření a vnější vrstvy chránící vlákno proti mechanickým vlivům. Různé základní materiály nebo kombinace materiálů (polyester, polyamid) umožňují pokrýt široký rozsah vnějších vlivů na vlákno.

Optické vlákno s několika desetínami milimetrů volného prostoru a danou délkou je uloženo v ochranném obalu „tubě“. V radiálním směru je volné. Ochranný obal je uvnitř hladký, působící nízkým odporem proti pohybu vlákna.

## Textilní struktury z optických vláken

Optické vlákno a ochranný obal mají stejnou délku. Pokud vhodně spleteme vlákna s volným ochranným obalem, může být možný i rozdíl délk, která je 0.4 procent změny délky kabelu, deformace nebo napínání vlákna se může zvýšit až dvakrát.

Speciální výhodou volného ochranného obalu je ta, že může být jednoduše svlečen pro následné spojování, propojení nebo vypuštění světla<sup>[1]</sup>



Obr. 1.3.5 Pozice vláken v obalu při zatížení<sup>[1]</sup>

- a) pozice ve volném stavu bez napětí (1. optické vlákno, 2. ochranný obal, 3. centrum)
- b) pozice po prodloužení
- c) pozice po stlačení

Když je svazek optických vláken prodloužený, je v něm tahové napětí. Vlákno se uvnitř ochranného obalu pohybuje směrem dovnitř viz obr. 1.3.5. b) bez deformací, které mohou způsobit ztenčení. S přihlédnutím na návrh volného ochranného obalu, bude prodloužení svazku ovlivněno optickými vlákny.

Pokud svazek silou zkrátíme, optické vlákno se bude uvnitř volného ochranného obalu pohybovat směrem ven, viz obr. 1.3.5 c). Tady změna délky může způsobovat určité vnější změny, ale bez výsledného vyššího ztenčení. Jako příklad lze uvést kabely zkrácené chlazením.<sup>[1]</sup>

### 1.3.2.2.2 Ochranná plnicí směs

Pokud je optické vlákno zničené, je pravděpodobné, že byl pod působením vnějších vlivů, například do poškozeného obalu zatekla voda. Protože voda může vlivem zamrznutí anebo expandováním měnit svůj objem, může způsobit tlak na optické vlákno vně obalu. Tyto změny objemu můžou být na různých místech různé, a tím pak dochází

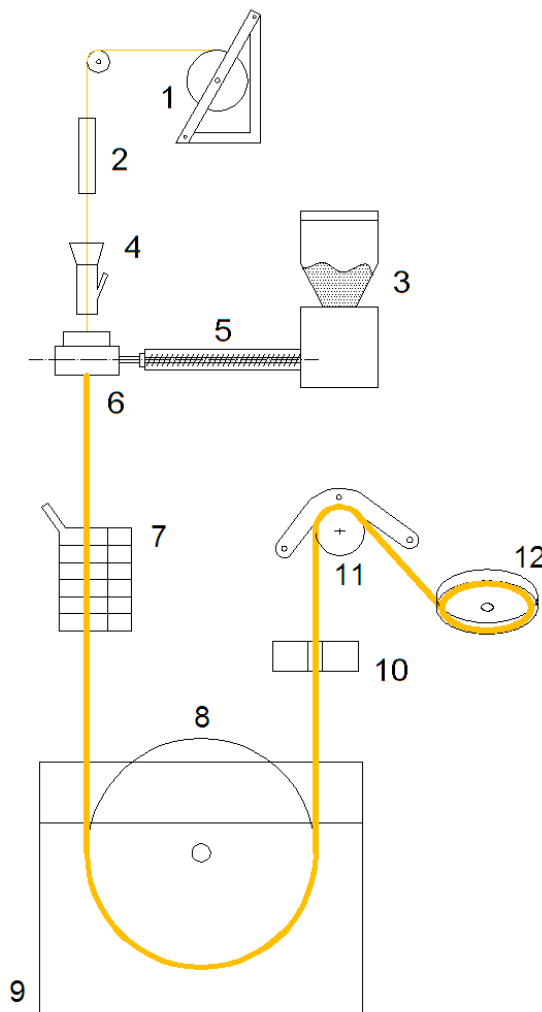
## Textilní struktury z optických vláken

k mikroohybům optického vlákna a nepříjemnému ztenčení vlákna vlivem tlaku. Pro zamezení těchto problémů se používá plnicí směs, nanášené mezi optickým vláknem a ochranným obalem. Plnicí směs je chemicky neutrální, použitelná v rozsahu teplot -30°C až +70°C. V jediném nepřetržitém výrobním procesu jsou po sobě uspořádány dvě technologie, vstřikovací zařízení, které dovoluje vyrábět ochrannou plnicí směs a zařízení pro jednovláknový ochranný obal chránící optické vlákno.

Pro tento účel a kontrolu systému je třeba, velmi přesnou, zaručenou, konstantní

vytlačovací rychlost ochranného obalového materiálu o teplotě 250°C, přičemž je nezbytné udržovat stejnou tloušťku stěny obalu, jehož tloušťka je jen několik desetin milimetru.

Protože plnicí ochranná směs musí být bez nečistot, je aplikována pod konstantním tlakem vstřikovací jehlou



Obr. 1.3.6 Princip nanášení ochranného obalu s ochrannou plnicí směsí

1. cívka s optickým vláknem, 2. splétač vláken, je-li jich více, 3. plastová hmota v peletách, 4. nanášení ochranné směsi, 5. šnekový dopravník, 6. nanášení ochranného obalu, 7. chladič s chladicí kapalinou, 8. kladka, 9. ochlazovací nádrž, 10. monitor průměru, 11. kladka, 12. navíjecí miska

Nejdůležitější hledisko výrobního procesu pro volný ochranný obal na vlákně je přesná odpovídající délka ochranného obalu „tuby“ a optického vlákna.

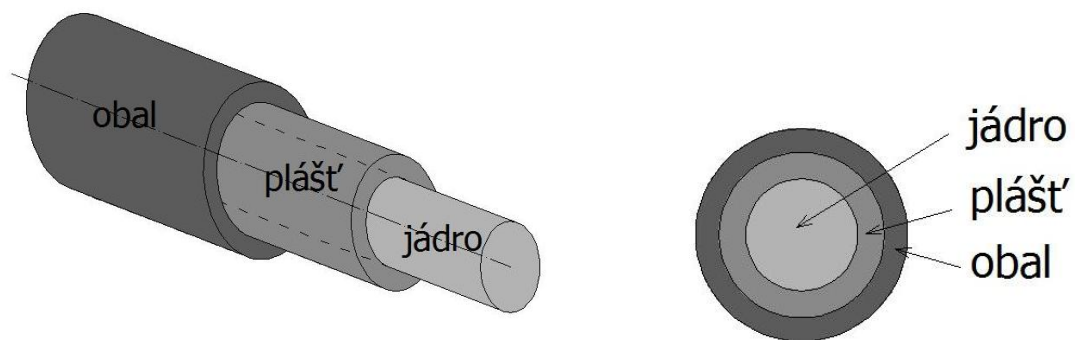
Tradiční navíjecí cívky, s měděným vedením nejsou odpovídající pro používání na tyto výrobky. Zčásti to je limitovanou kapacitou cívek a zčásti, že během napínání sklouzávají z vlákna vyrobené vrstvy. To by mohlo vést k nekontrolovatelným tlakovým podmínkám ve volném ochranném vlákně a tím k jeho zničení. Tento druh

## Textilní struktury z optických vláken

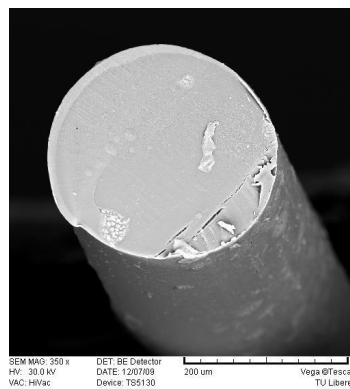
ukládání může rovněž způsobovat těžkost v přesně vyrobených délkách volného ochranného obalu k optickému vláknu. Vzhledem k těmto problémům s ukládáním vyrobených „kabelů“ se používají otočné velké horizontální „mísy“ umístěné přímo vedle výrobního stroje. Mísy mají kapacitu až několik kilometrů. <sup>[1]</sup>

### 1.4 STRUKTURA OPTICKÉHO VLÁKNA

Světelné vlákno je světlovod, kterým prochází optické záření z jednoho konce vlákna na druhý se ztrátami svítivosti. Na obr. 1.4.1, obr. a 1.4.2, jsou znázorněny základní vrstvy optického vlákna <sup>[3]</sup>



Obr. 1.4.1 Základní vrstvy optického vlákna a řez optickým vláknem <sup>[3]</sup>



Obr. 1.4.2 Průřez optickým vláknem- plášť jádro

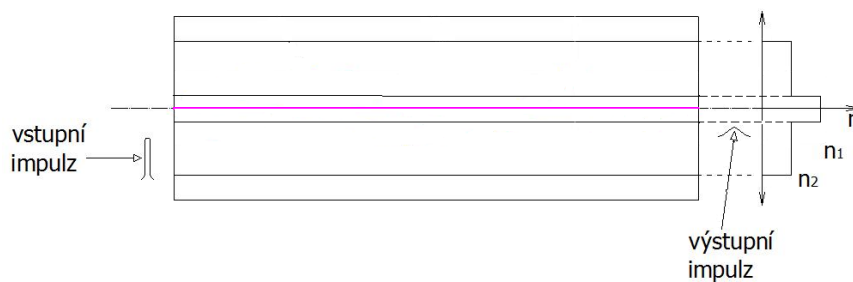
Jádro slouží k přenosu světelného signálu. Plášť svými optickými vlastnostmi zabezpečuje správnou funkčnost vlákna i při měnících se podmínkách prostředí (změna vlhkosti,...). Obal slouží k ochraně optického vlákna před zničením a u skleněných optických vláken umožňuje ohýbání. Je vyroben ve většině případů z plastu. <sup>[3]</sup>

## 1.5 DRUHY OPTICKÝCH VLÁKEN

Základní dělení optických vláken je podle vedení paprsku optickým vláknem a podle jeho schopnosti propouštět vedený signál skrz plášť vlákna.

### 1.5.1 Jednovidová optická vlákna

Vedou pouze jeden svazek, a to ve směru své osy bez odrazů. Tomuto pomáhá velmi malý poměrný podíl indexu lomu jádra a pláště. Jsou nejrychlejší, a proto se často používají v telekomunikačních technologiích pro přenos signálu informací na velké vzdálenosti. Jejich nevýhodou je právě vedení pouze jednoho paprsku. Průměr jádra je 300-1600 nm. Volba velikosti průměru jádra je závislá na přenášené vlnové délce světelného paprsku. Správná volba průměru způsobuje, že se paprsek téměř neláme a proto dosahuje takové rychlosti přenosu. Nejčastěji voleným materiálem používaným pro výrobu optických jednovidových vláken je sklo<sup>[3]</sup>. Viz obr. 1.5.1



Obr. 1.5.1 Jednovidové optické vlákno<sup>[3]</sup>

### 1.5.2 Mnohavidová optická vlákna

Mnohavidová vlákna jsou schopna přenášet několik paprsků najednou. Od jednovidových vláken se výrazně liší průměrem jádra. Tato vlákna jsou obvykle vyráběny s průměrem jádra 50-2000  $\mu\text{m}$ . Výhodou, při výrobě větších průměrů je nižší výrobní cena, snadnější manipulace při spojování vláken. Materiály používané pro výrobu mnohavidových optických vláken jsou plast nebo sklo.<sup>[3]</sup>

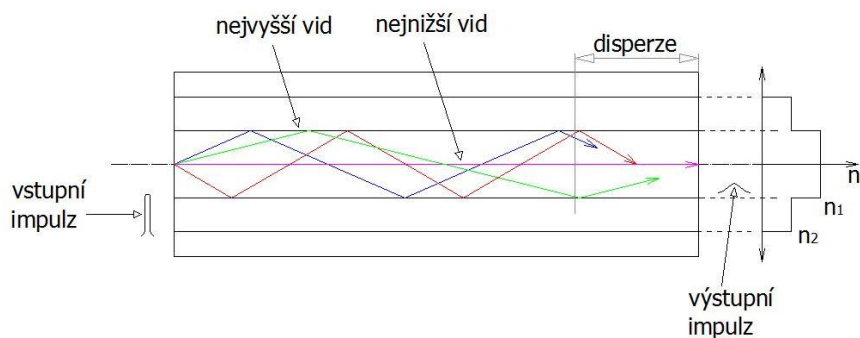
Podle toho jak optické vlákno vede paprsek, a jak se mění optické vlastnosti (konkrétně indexu lomu) na přechodu mezi jádrem a pláštěm vlákna rozeznáváme:

- se skokovou změnou indexu lomu
- s gradientní (postupnou) změnou indexu lomu

## Textilní struktury z optických vláken

### 1.5.2.1 Mnohovidová vlákna se skokovou změnou indexu lomu

Tato vlákna vedou již více paprsků současně, kdy se využívá absolutního odrazu. Díky indexu lomu jádra  $n_1$  a indexu lomu pláště  $n_2$  dochází na rozhraní těchto dvou prostředí k ostrému lomu, tak jak je patrné na obr. 1.5.2. Jednotlivé paprsky vstupují do vlákna pod různými úhly, čímž se každé z nich odráží po jiné cestě. Vzhledem k rozdílným drahám nedorazí jednotlivé paprsky na konec vlákna ve stejném okamžiku, ale postupně, v této souvislosti mluvíme o disperzi. Využívají se především pro krátké spoje kvůli rozptylu paprsků.<sup>[3]</sup>

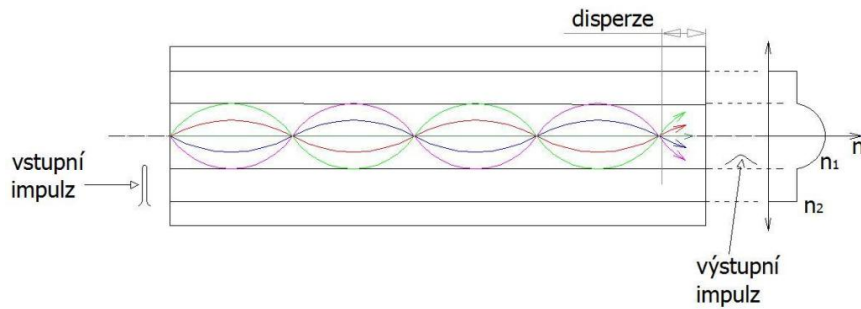


Obr. 1.5.2 Mnohovidová vlákna se skokovou změnou<sup>[3]</sup>

### 1.5.2.2 Mnohovidová vlákna s gradientní změnou indexu lomu

Vlákno, které opět vede více paprsků najednou s tím rozdílem, že dochází k plynulé změně drah paprsků, čímž vytváří spirálu (podobnou sinusovému průběhu) opisující vnitřek vlákna. Viz obr. 1.5.3. Optické záření se šíří rychleji v prostředí s nižším indexem lomu než v prostředí s vyšším indexem lomu. Z tohoto důvodu se paprsky šířící blíže pláště, kde je index lomu menší, mají větší rychlost a celková doba jejich šíření vláknem na velké vzdálenosti je podobná jako u jednovidových vláken (kde, jak už bylo výše uvedeno, paprsek prochází středem jádra bez odrazu a tedy prostředím s největším indexem lomu). Při porovnání s vláknem se skokovou změnou indexu lomu dochází u vláken s gradientní změnou pro danou vlnovou délku k podstatnému zmenšení disperze.<sup>[7]</sup>





Obr. 1.5.3 Mnohovidová vlákna s gradientní změnou<sup>[3]</sup>

## 1.6 HLAVNÍ PARAMETRY OPTICKÝCH VLÁKEN

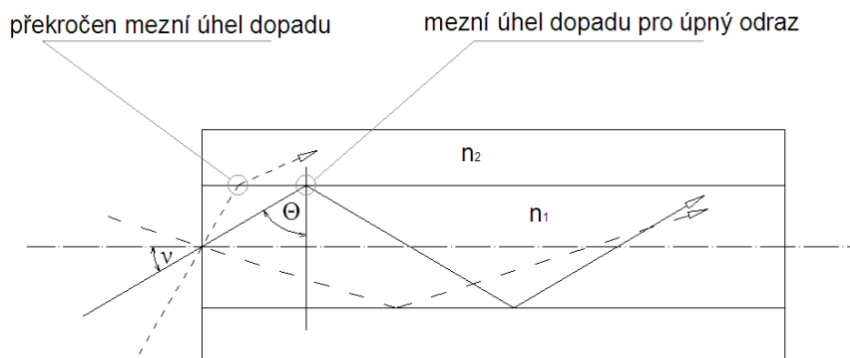
### 1.6.1 Šířka pásma

Udává nejvyšší kmitočet signálu, který může být spolehlivě přenesen na vzdálenost 1 km mnohovidovým vláknem bez nadměrného zkreslení signálu působením disperze. Je udávána v MHz. Km.

Šířka pásma závisí na konstrukčním uspořádání, na materiálu a na vlnové délce optického signálu.<sup>[3]</sup>

### 1.6.2 Numerická apertura

Numerická apertura je rovna sinu maximálního úhlu  $\nu_{MAX}$ , pod kterým se vstupující paprsky budou ještě šířit od začátku vlákna až k jeho konci, viz obr. 1.6.1.



Obr. 1.6.1 Definice numerické apertury<sup>[3]</sup>

## Textilní struktury z optických vláken

Vlákna dopadající pod větším úhlem se šířit nebudou. Podmínkou pro vedení optickým vláknem je úplný odraz paprsku na rozhraní jádra s indexem lomu  $n_1$  a pláště s indexem lomu  $n_2$ . Je-li mezní velikost úhlu paprsku vzhledem k ose vlákna překročena, dojde na rozhraní jádra a pláště k jeho lomu a paprsek se neodrazí, projde do pláště a dojde k průchodu ven z vlákna. Velikost numerické apertury určuje rovnice 5.

$$NA = \sin v = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (5)$$

Numerická apertura je nejčastěji odvozena z vyzařovací charakteristiky vlákna. Vyzařovací charakteristika je měřena fotodetektorem rotujícím kolem čela vlákna v dostatečné vzdálenosti. [3]

### 1.7 Vlivy působící na ztrátu svítivosti

S přibývajícím vzdáleností od zdroje ztrácí stranově vyzařující optické vlákno svoji svítivost. Mimo to jsou zde i jiné příčiny proč vlákno ztrácí svoji svítivost:

#### 1.7.1 Útlum světelného signálu

U optického vlákna dochází k tomu, že výkon signálu se vzdáleností od zdroje signálu postupně klesá. Je měřítkem ztráty optické energie ve vlákně je definován jako poměr vstupního světelného výkonu  $P_1$  a výstupního světelného výkonu  $P_2$  pro danou vlnovou délku  $\lambda$  podle vztahu viz rovnice 6

$$\text{útlum} = b = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad (6)$$

Měrný útlum vlákna  $\alpha$  je útlum na 1 km délky. Získáme jej ze vztahu rovnice 6, když jej podělíme délkou vlákna  $l$ . [3]

$$\alpha = \frac{b}{l} = \frac{1}{l} \cdot 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \quad (7)$$

Výkon zdroje je spočítán dle vztahu 9, jehož jednotkou je deciBel. Tato jednotka je nejčastěji používána k měření hladiny intenzity a může být obecným měřítkem dvou hodnot. Výkon ve vzdálenosti  $z$  od zdroje je spočítán po úpravě dle vzorce 8

$$P(z) = P_0 \cdot 10^{-\alpha \cdot \frac{z}{10}} \quad [W] \quad (8)$$

$$P_0 = - \left( 10 \cdot \log \left( \frac{P_2}{P_1} \right) \right) \quad [dB] \quad (9)$$

Hlavní příčiny útlumu světelného signálu v optickém vlákne jsou absorpce a rozptyl světelných paprsků. Ztráty vznikají

- přímo v materiálu vlákna
- na rozhraní prostředí vlákna
- Při spojování vláken
- Na mikroohybech a makroohybech optického vlákna

### 1.7.2 Ztráty z důvodu znečištěného materiálu vlákna

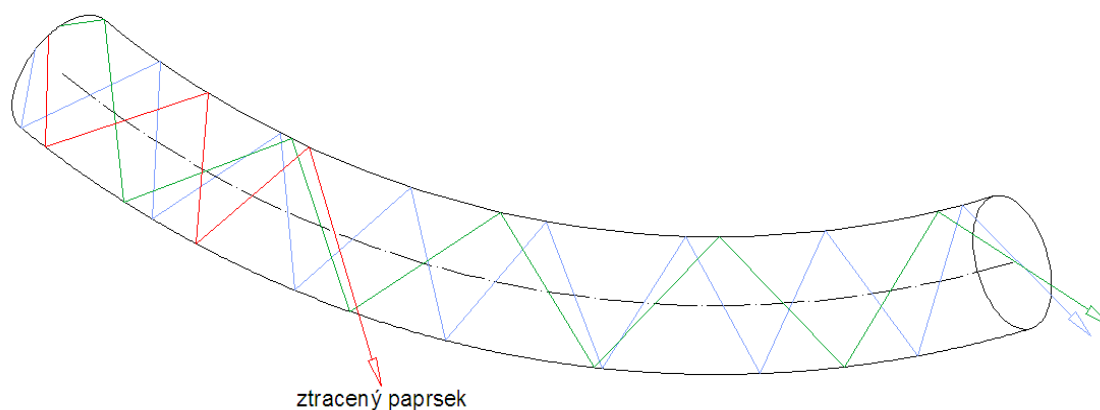
Jsou způsobeny molekulami nečistot, které do vlákna pronikly při jeho výrobě. Kvůli těmto nečistotám vznikají lomy a odrazy částí paprsků, které se následkem toho tříští do všech směrů. Jedná se o rozptýlené optické záření, které změnilo směr a je odkloněno tak, že může proniknout do pláště a dojde ke ztrátě vedeného paprsku.

### 1.7.3 Vidová disperze

Uplatňuje se v mnohavidových optických vláknech. Kdy každý paprsek dorazí díky rozdílnosti délek drah na konec vlákna v rozdílných časech. Impulz získaný z jednotlivých paprsků se liší tvarem i amplitudou od vstupního impulzu. Tento jev se projevuje u dlouhých vláken při přenosu signálu na velké vzdálenosti a omezuje počet impulzů, které mohou být za určité časové období vyslány. <sup>[3]</sup>

### 1.7.4 Ohyb vlákna

Při ohýbání optického vlákna, dochází ke změně úhlu dopadu a odrazu přenášeného paprsku. To může způsobit, že některé paprsky překročí mezní hodnotu úhlu odrazu a nevrátí se do jádra vlákna, a místo toho proniknou skrz pláště, viz obr. 1.7.1, a pak je na výstupu vlákna méně paprsků, než bylo vysláno. Ztrátám se dá předcházet tím, že vlákno se bude ohýbat s co největším poloměrem. <sup>[3]</sup>

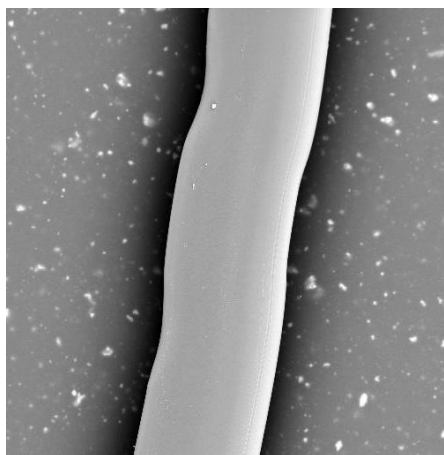


Obr. 1.7.1 Šíření paprsku v ohybu vlákna se skokovou změnou indexu lomu<sup>[3]</sup>

### 1.7.4.1 Minimální poloměr ohybu

Je to nejmenší ohyb, který je možný při instalaci vlákna použít. Je závislý na průměru a na materiálu optického vlákna. Čím je průměr optického vlákna větší, tím je větší minimální poloměr ohybu.

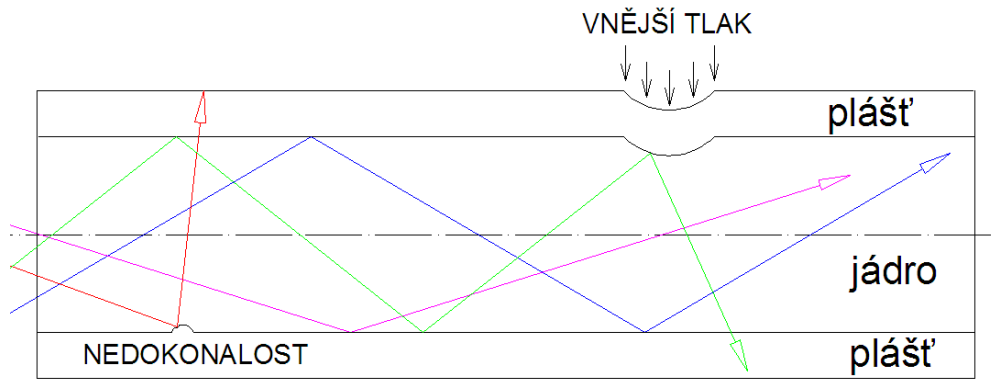
Plastová optická vlákna mají při stejném průměru vláken menší minimální poloměr ohybu než optická vlákna skleněná. Příklad minimálního poloměru je vidět na obr. 1.7.2.<sup>[3]</sup>



Obr. 1.7.2 Plastové optické vlákno aplikované ve tkanině

### 1.7.4.2 Mikroohyby vláken

Malé chyby v geometrii vlákna způsobují mikroohybové ztráty. Tyto mikroohybové ztráty vznikají i kvůli působení vnějších sil, viz obr. 1.7.3, které deformují plášť vlákna. Ty paprsky, které mají odrazovou plochu zrovna v místě mikroohybu mohou překročit mezní úhel odrazu a může dojít k vyvázání z jádra.<sup>[3]</sup>



Obr. 1.7.3 Ztráty v ohybu vlákna se skokovou změnou indexu lomu<sup>[3]</sup>

### 1.7.5 Obsah – OH

Zbytková vlhkost, která byla ve vláknu ponechána v průběhu výrobního procesu ve formě iontů OH<sup>-</sup>, způsobují na některých vlnových délkách absorpci optického záření. Proto se rozlišují vlákna s vysokým a nízkým obsahem OH<sup>-</sup>.<sup>[3]</sup>

### 1.7.6 Lineární rozptyl

Ve struktuře vlákna není ideální homogenita. Tím je myšleno, že jádro není v přímém kontaktu s pláštěm. Na těchto nehomogenitách se v důsledku lomů a odrazů "tříští" paprsky do všech směrů a tato část energie se ztrácí. Toto je hlavní složka útlumu optických vláken.<sup>[3]</sup>

### 1.7.7 Světelná intenzita

Světelná intenzita je definována jako světelný tok (tok energie) dopadající na určitou plochu. Je udána podílem světelného toku  $W$  a plochou  $m^2$  na kterou světelný tok dopadá, viz rovnice 10).

$$I = \left[ \frac{W}{m^2} \right] \quad (10)$$

### 1.8 VÝROBKY A MOŽNOSTI APLIKACÍ

Optická vlákna se ve 20. století začala využívat téměř ve všech průmyslových odvětvích, ať už jako součást výrobního procesu, nebo jako součást produktů. Proto zmíníme jen některé z možností, které jsou pro tuto dobu aktuální.

#### 1.8.1 Telekomunikační technologie

Optické vlákno se nejčastěji aplikuje v telekomunikacích jako nejspolehlivější přenos dat na velké vzdálenosti. Optické vlákno se ze stejných důvodů aplikuje v letectví, kosmonautice, automobilech, ve vojenství i jako součásti komunikačních systémů sítí LAN a WAN.

#### 1.8.2 Ve zdravotnictví

Ve zdravotnictví se nejčastěji používají tzv. fibroskopie, které pomáhají u endoskopie už od roku 1954. Novinkou je léčba křečových žil laserem – EVLT, kde je optické vlákno zavedeno do poškozené žíly a při jeho vytažení je žíla činností laseru uzavírána. Jako další uplatnění ve zdravotnictví je u dentistů, kteří ho požívají pro osvětlování ústní dutiny.<sup>[9]</sup>

#### 1.8.3 Architektura, stavebnictví a bytové doplňky

Mezi novinky patří aplikace optických vláken do betonových bloků. Na tuto možnost přišel architekt Áron Losonczi. Nový materiál se jmenuje LiTraCon. Základními složkami průsvitného betonu jsou skleněná vlákna a jemnozrný beton. Drobná skleněná vlákna jsou dokonale smísená s betonovou kaší a stávají se tak její součástí podobně jako drobné kamenivo. Výsledným produktem není pouze směs vzniklá smícháním dvou materiálů -betonu a skla, ale materiál nový s homogenní vnitřní strukturou i povrchem.<sup>[10]</sup>

Častějším využitím jsou aplikace v bytových doplňcích jako osvětlení, záclony, nebo jako originální vánoční ozdoby. Optickému vláknu po speciálních úpravách nevadí voda, proto se v dnešní době hojně používá pro osvětlení bazénů.

### 1.8.4 Módní návrhářství

Novinkou využití optických vláken se stala jeho aplikace v módním návrhářství. Francouzská designová společnost Lumigram vyvinula oblečení, do kterého aplikovali stranově vyzařující optické vlákno. Oblečení je napájené přes malou baterii, která je snadno odstranitelná. Barva se dá měnit, stačí vyměnit barvu diody. Příklad práce společnosti Lumigram<sup>[11]</sup> viz obr. 1.8.1 a obr. 1.8.2



Obr. 1.8.1 Šaty ze stranově vyzařujících optických vláken<sup>[11]</sup>



Obr. 1.8.2 Spodní prádlo ze stranově vyzařujících optických vláken<sup>[11]</sup>

### 1.9 ZDROJE SVĚTLA

Nejčastěji se k nasvícení stranově vyzařujících optických vláken používá LED (Light Emitting Diodes), jeden z důvodů je ten, že nevyžadují tak vysoké napětí (od 2V do 4 V). Je možné i využít barevných efektů a síly svitu. Patří mezi nejlevnější způsoby zdroje světla.

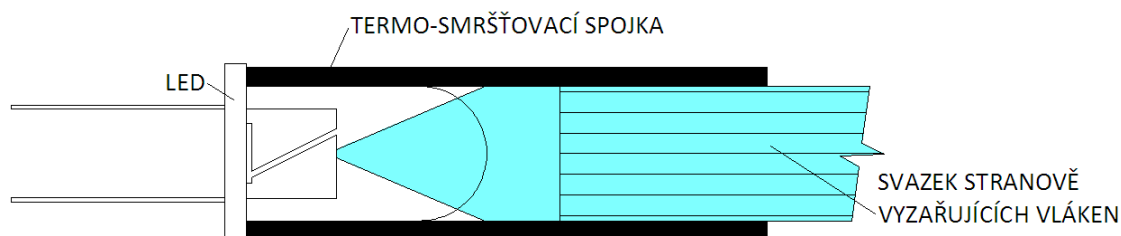
Pro vlastní napájení světelného zdroje je možné využít jak standardní kompaktní baterie a akumulátory, tak i speciální vlákna a folie fungující jako fotočlánek, tj. polovodivý materiál a nano-materiál schopný absorpce fotonů a emise elektronů. Nano-materiál je schopen absorbovat viditelné záření (nejen sluneční). Taková vlákna a fólie vyrábí např. firma Konarka.

Další variantou jak nasvítit stranově vyzařující vlákna je laserová dioda, která je oproti klasické LED vhodnější, díky soustředěnému paprsku. Ten umožňuje do optického vlákna navést převážnou část své vyzařované energie a tím docílit větší účinnosti.

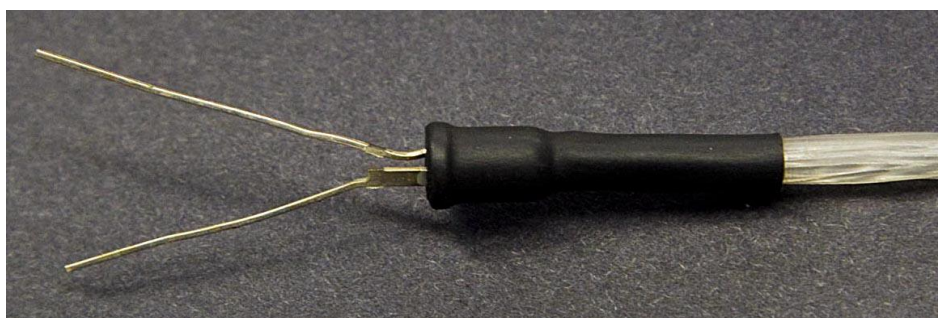
## Textilní struktury z optických vláken

### 1.9.1 Možnost navedení světla do struktur optických vláken

Mohou být využity vlastnosti asférických čoček LED, avšak podle předběžných analýz toto není optimální řešení, jelikož dochází ke ztrátě části světelné energie. Schéma navedení světla z LED přímo do zobrazuje obr. 1.9.1 a na obr. 1.9.2. Zde je vyfocena konkrétní možnost navedení LED ke struktuře optických vláken <sup>[4]</sup>



Obr. 1.9.1 Schéma navedení světla přímo z LED do svazku optických vláken. <sup>[4]</sup>



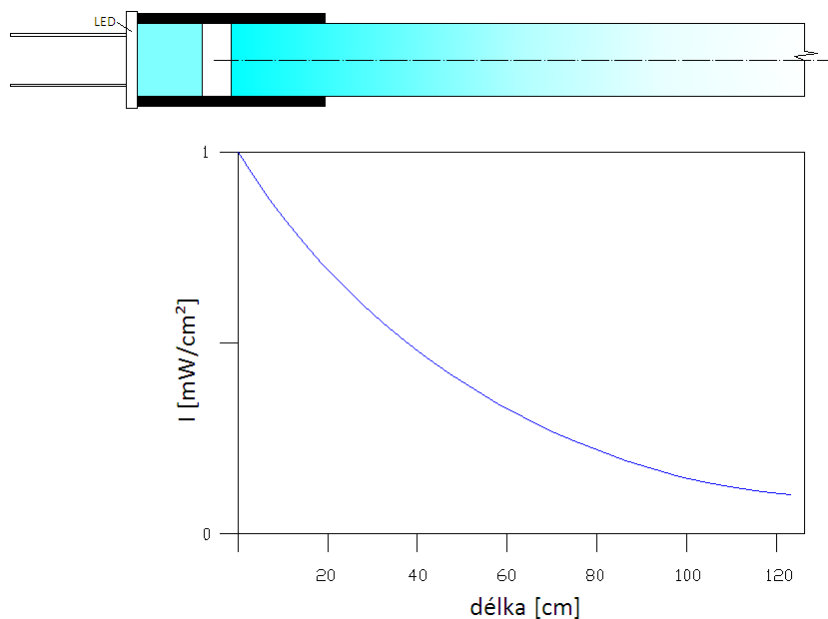
Obr. 1.9.2 Ukázka navedení světla přímo z LED do svazku optických vláken. <sup>[4]</sup>

### 1.10 APLIKACE VLÁKEN

V současné době jsou zkoumány dvě skupiny použití stranově vyzařujících vláken. První z nich je použití pro oděvní účely. Zde jsou požadavky na zajištění dostatečné svítivosti na délce přibližně 0,5 m, malá spotřeba energie a přenosný, snadno odpojitelný zdroj energie. Druhou skupinou použití jsou průmyslové aplikace. Zde jsou požadavky na zajištění svítivosti na velké vzdálenost vláken až několik desítek metrů, možný je i stacionární zdroj. Pro první skupinu aplikací se předpokládá zdroj světla pouze na jednom konci vlákenného svazku textilie, viz obr. 1.10.1. <sup>[4]</sup>



## Textilní struktury z optických vláken

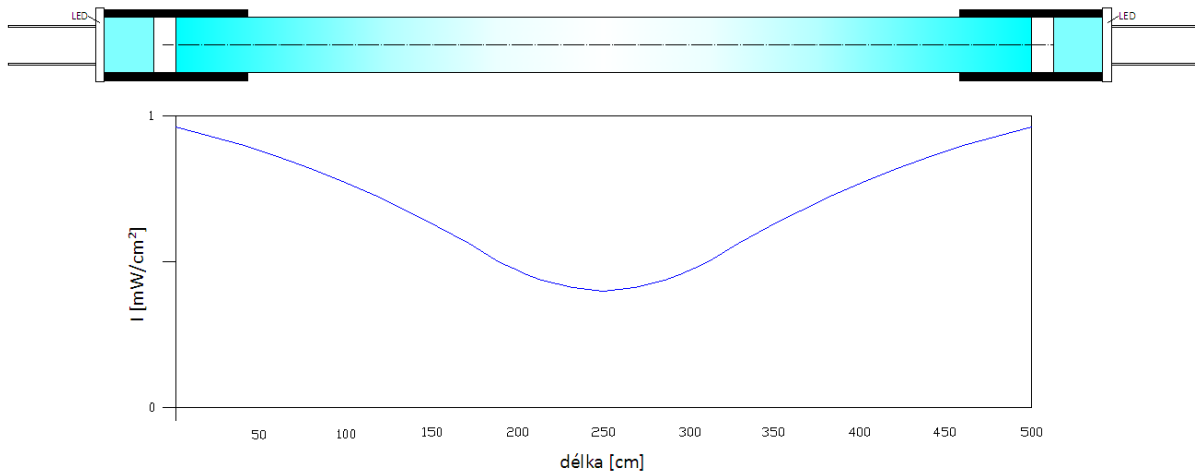


Obr. 1.10.1 Optické vlákno napájené světlem pouze z jedné strany vhodný pro textilní účely a průběh intenzity vyzařování. <sup>[4]</sup>

Pro tyto aplikace je hlavním problémem pokles intenzity vyzařování vláken s narůstající vzdáleností od zdroje světla. Při požadavku na větší délky vláken by toto řešení nebylo dostatečné a konce vláken by téměř stranově nesvítily.

Pro druhou skupinu aplikací bude nezbytné napájet oba konce vlákenného svazku textilie. Bude též nezbytné volit dostatečně výkonný zdroj světla a již zmíněný způsob navedení světla do vláken pomocí optimalizovaných kondenzorů. Pokles intenzity vyzařování v polovině délky vlákna by neměl být tak výrazný jako u předchozího případu na konci vlákna. Vlákno měřeno po délce bude vyzařovat světelnou energii mnohem rovnoměrněji. Viz obr. 1.10.2. <sup>[4]</sup>

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 1.10.2 Optické vlákno napájená světlem z obou stran a průběh intenzity vyzařování vlákenného svazku. <sup>[4]</sup>

### 1.11 MOŽNOSTI ZPRACOVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN

Optické vlákno je možné zpracovávat stejnými způsoby jako klasická textilní vlákna. Optické vlákno je ale náchylnější na přetrh a na lámavost než jiná vlákna. Proto se s ním musí zacházet opatrně, aby nedošlo k znehodnocení nebo dokonce k nefunkčnosti optických vláken.

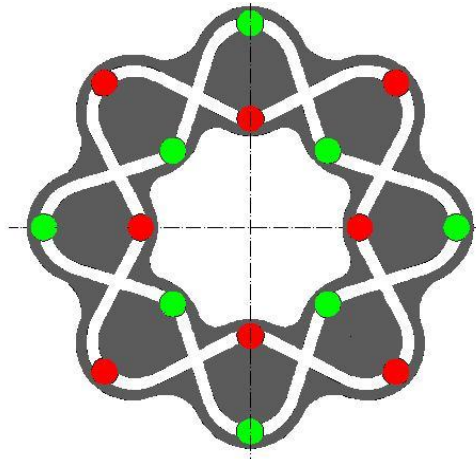
#### 1.11.1 Splétání

Splétání se provádí na splétacích strojích a hovoříme o něm v případě vzájemného diagonálního propletení několika nití. Ukázka splétacího stroje je zobrazena na obr. 1.11.2 Splétání probíhá se sudým počtem nití (vznikají šňůry) nebo můžeme i s lichým počtem (vzniká prýmek). Nitě jsou součástí jezdece, který se pohybuje v drahách stroje, viz obr. 1.11.1. Při splétání je jen jedna podélná soustava nití (na rozdíl od tkaniny) - nit prochází výrobkem podélně. Dochází k jejich vzájemnému provázání, díky tomu se vytvoří souvislý pramen uspořádaný do tvaru daným vzornicí. Šňůry se mohou vzorovat za pomoci barev, počtem použitých vláken a rychlostí odtahu.

**Princip splétání-** vlákno se nejdříve musí přesoukat na požadovaný počet kanetek. Kanetky s přesoukaným materiálem se nasadí na cívkový trn a nit se provleče soustavou oček, které zajišťují správný chod stroje. Kanetky se otáčejí v kruhu kolem středního

## Textilní struktury z optických vláken

očka, do kterého se všechny nitě sbíhají. Kanetky se během otáčení střídavě vzdalují a přibližují od středního očka.



Obr.1.11.1 Dráhy splétacího stroj a postavení jezdců<sup>[5]</sup>



Obr. 1.11.2 Splétací stroj 16 cívkový

Splétání se udává v počtu opletů/1cm. Tento vztah vyplívá z rovnice 11). Kde převodový poměr mezi koly 3,2 a koly 2,1 udá počet opletů na 1 cm.

Rychlost splétacího stroje můžeme měnit za pomoci ozubených kol, viz obr. 1.11.3, které ženou odtahové válečky.

$$S = \left( \frac{z_3}{z_2} \cdot \frac{z_2}{z_1} \right) \quad (11)$$



Obr. 1.11.3 Ozubená převodová kola

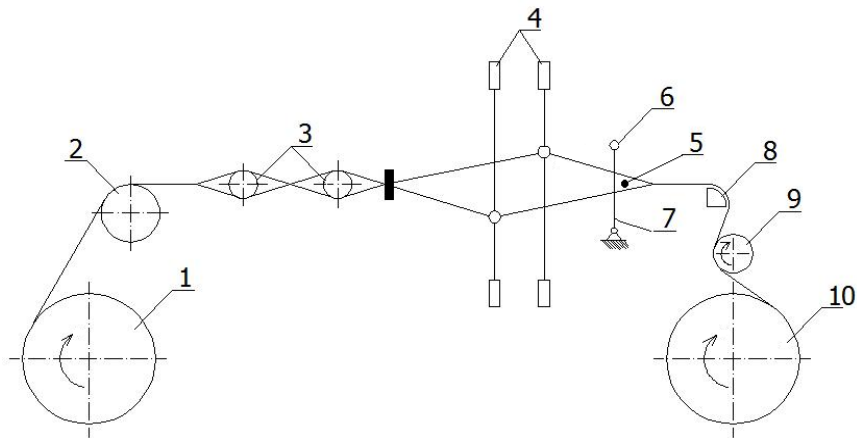
### 1.11.2 Oplétání

Vzniká na podobném principu jako splétání, pouze je zde navíc navedeno jádro z jiného materiálu než je opleť. Jádro má hlavní nosnou funkci a opleť slouží jako ochrana jádra.

### 1.11.3 Tkaní

Tkanina je tvořena dvěma soustavami nití. Podélná soustava je osnova a příčná soustava je útek. Než se začne tkát, musí se nejprve nitě upravit. Osovní nitě se musí z cívky nasnovat na osovní vál a pak se musí provléknout nitěnkami a paprskem tkacího stroje. Útek není na přípravu tak náročný.

**Princip tkaní** – osnova se odvíjí z osovního válu a jednotlivé nitě procházejí nitěnkami, které jsou zavěšeny v listovém brdu (v jednotlivých listech) jehož úkolem je zdvihat jednotlivé listy, které vytvoří prošlup. Vzniklým prošlupem pak prochází útek uchopen jehlou. Po zanesení útku dochází k přiřazení útku ke tkanině, a to díky výkyvu paprsku, ve kterém jsou navedeny osovní nitě v požadované dostavě. Pak je tkanina odtažena na zbožový vál viz obr. 1.11.4.



Obr. 1.11.4 Schéma tkacího stroje

1. osnovní vál, 2. osnovní svůrka, 3. nit'ový kříž, 4. listy, 5. útek, 6. paprsek, 7. bidlo, 8. prsník, 9. drsný odtahový vál, 10. zbožový vál"

Vzorovat tkaninu lze vazbou, vzorem, dostavou a barvou. Dostava je vyjádření počtu nití na jednotku délky. Ve tkanině jsou vedeny dvě soustavy nití, proto je dostava osnovy a dostava útku. Dostavu osnovy vytvoříme už při snování na osnovní vál a návodem do zubu paprsku. Dostavu útku nastavíme pomocí zbožového válu, který se otáčí danou rychlostí a tak vzniká požadovaná dostava útku. Vliv na dostavu tkaniny má i jemnost použitých přízí, zvolená vazba a další parametry.

# Textilní struktury z optických vláken

---

## 2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Úkolem experimentu bylo vytvořit textilní struktury, ve kterých budou použity stranově vyzařující optická vlákna a zjistit, zda vytvoření těchto struktur má vliv na svítivost těchto vláken. Na základě tohoto požadavku byly vytvořeny šňůrky, oplety a tkaniny. Ve spolupráci s laboratoří LOMM fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií bylo navrženo osvětlovací zařízení, stanoveny podmínky při měření a provedeno měření světelné intenzity optických vláken.

### 2.1 CHARAKTERISTIKA POUŽÍVANÝCH VLÁKEN

V experimentu byla použita plastová vlákna od výrobce Hypoff a Grace. S různými průměry. Od výrobce Hypoff 0,2mm; 0,3mm; 1mm; 1,2mm, a od výrobce Grace 0,25 mm. Od dodavatele byly poskytnuty tyto informace:

Materiál jádra	PMMA
Materiál pláště	Polykarbonát
Index lomu jádra	1,49
Index lomu pláště	1,41
Numerická apertura	0,48
Maximální úhel vstupu světla	57,4
Provozní teplota °C	-20 až +70

## 2.2 CHARAKTER VYROBENÝCH STRUKTUR

K experimentu byly vytvořeny tyto struktury s níže uvedenými parametry.

### 2.2.1 Šňůry

Jsou textilní struktury, kde se proplétá pouze optické vlákno. Byly vytvořeny na 16 cívkovém splétacím stroji,

1. Průměr optického vlákna 0,3 mm od firmy Hypoff bylo použito 16 optických vláken za použití tří různých odtahových rychlostí
2. Průměr optického vlákna 0,2 mm od firmy Hypoff, bylo použito 16 optických vláken za použití tří různých odtahových rychlostí

### 2.2.2 Oplety

Jsou textilní struktury, kde je optické vlákno vedeno v jádře opletu a obal tvoří jiný materiál. Byly vytvořeny na 16 cívkovém splétacím stroji.

1. Průměr optického vlákna 1 mm od firmy Hypoff, bylo použito 1 optické vlákno za použití tří různých odtahových rychlostí. Vlákno bylo opleteno 16 vlákny PA6
2. Průměr optického vlákna 1,2 mm od firmy Hypoff, bylo použito 1 optické vlákno za použití tří různých odtahových rychlostí. Vlákno bylo opleteno 16 vlákny PA6

Číslo	Počet zubů v převodu	Počet opletů na 1 cm
1.	19/26/35	6,5
2.	39/26/39	3,5
3.	35/26/19	1,9

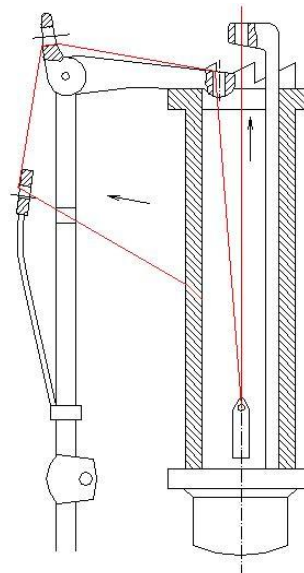
## 2.2.3 Tkaniny

Pro výrobu tkaniny byl použit tkací stroj CCI SL 7900- jehlový tkací stroj

1. Průměr optického vlákna 0,25 mm od firmy Grace, bylo zatkáno 9 optických vláken do osnovy. V útku byla použita příze jednoduchá 100% ba, 38 tex, v různých barvách ( růžová, modrá, žlutá) v dostavě 12 nití/cm.
2. Průměr optického vlákna 0,25 mm od firmy Grace, bylo zatkáno 9 optických vláken do osnovy. V útku byla použita bílá příze jednoduchá 100% ba, 38 tex, v různých dostavách.(12 nití/cm,9 nití/cm,6 nití/cm)

## Diskuse

- Při přípravě materiálu na oplétací stroj bylo nutné přesoukat vlákna na kanetky. Při přesoukávání docházelo k trhání vláken, proto nebylo možné použít jakékoli brzdění. Další problém byl po navedení vláken do oplétacího stroje. Vláknem je vedeno jezdcem splétacího stroje, kde je vlákno velmi namáháno ohybem ,viz obr 2.2.1 a docházelo k velmi častému trhání vláken. Z tohoto důvodu nebylo možné uvést stroj do automatizovaného chodu, a bylo nutné stroj pohánět ručně.
- Použití větších průměrů vláken v opletech bylo bezproblémové.
- Zatkávat optická vlákna do osnovy je vhodný způsob aplikace protože ve vlákně zatkaném v osnově nevznikali nežádoucí deformace ohybem. Snaha o zatkání optického vlákna do útku se nezdařila. Vláknem s velkým průměrem (0,75mm, 1mm, a 1,2mm) nebylo možné uchopit tkací jehlou a u použitých malých průměrů (0,2mm 0,25mm a 0,3mm) se vlákna trhala v důsledku prudkých rázů tkací jehly.

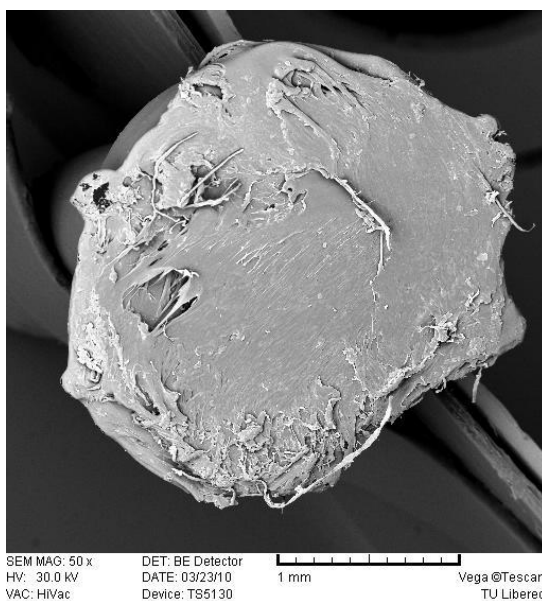


Obr. 2.2.1 Průřez splétacím strojem

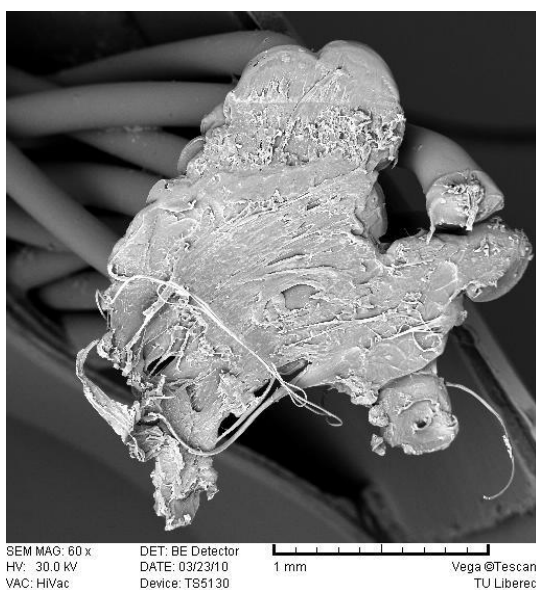


### 2.3 ÚPRAVA ŘEZU VLÁKNA PRO NAVEDENÍ SVĚTLA

Jak bylo uvedeno v rešeršní části v kapitole 1.10, mnoho vlivů způsobuje ztrátu svítivosti, které spotřebitel nemůže ovlivnit. Je důležité zajistit rovnou a neporušenou nasvěcovací plochu. Na doporučení dodavatele bylo vyzkoušeno řezat optické vlákno zahřátým řezacím nožem. Vzhledem k výsledné řezné ploše (obr.2.3.1 a obr. 2.3.2) byl tento způsob shledán jako nevyhovující.



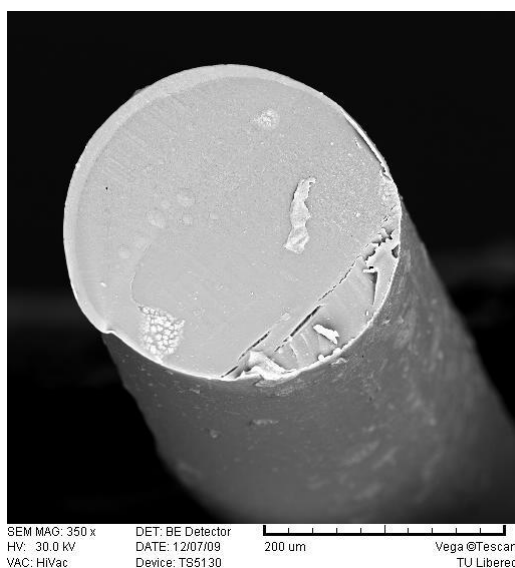
Obr. 2.3.1 Řez vláknem provedený zahřátým řezacím nožem



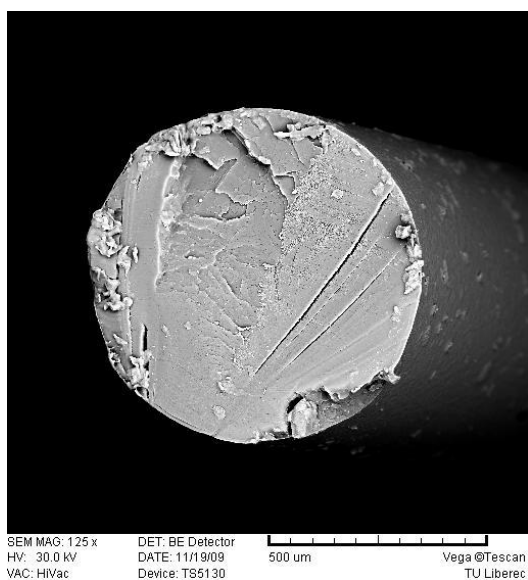
Obr. 2.3.2 Struktura optických vláken řezaná zahřátým řezacím nožem

## Textilní struktury z optických vláken

Další metoda spočívá vtom, že se vlákno zmrazilo a pak řezalo skalpelem. Tento způsob se dařil u menších průměrů u 0,2mm, 0,25mm, 0,3mm viz obr. 2.3.3, ale při řezání větších průměrů 0,75mm, 1mm a 1,2 mm, bylo zjištěno, že i tato metoda je nevhodná. Při řezání větších průměrů skalpelem byly způsobeny nerovnosti řezu, viz obr. 2.3.4.



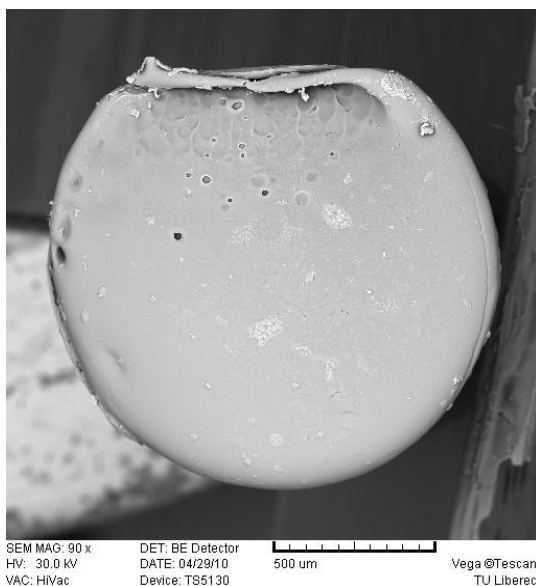
Obr. 2.3.3 Řez mraženým vláknem s průměrem 0,25mm



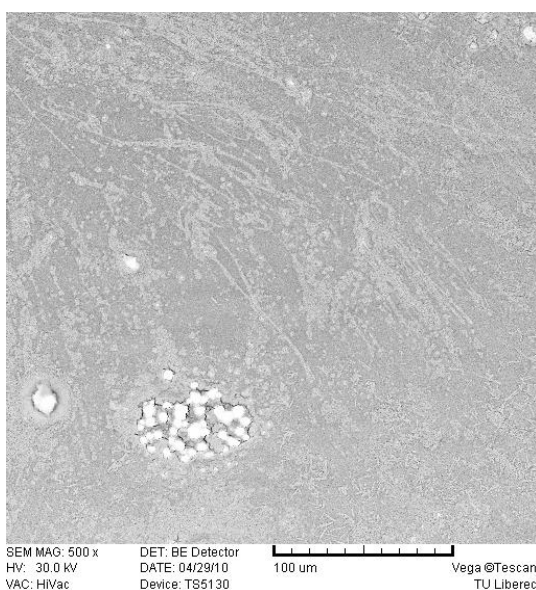
Obr. 2.3.4 Řez mraženým vláknem s průměrem 0,75mm

## Textilní struktury z optických vláken

Jako nejlepší způsob řezání optického vlákna byla zvolena metoda řezání horkým drátem „strunou“, viz obr. 2.3.5 a obr 2.3.6.



Obr. 2.3.5 Řez horkou strunou

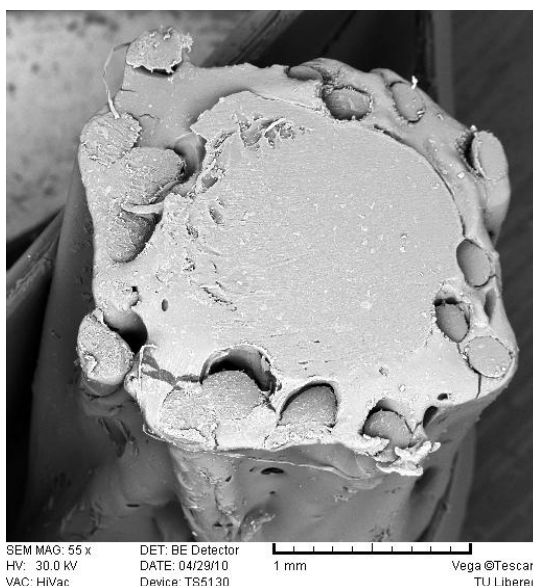


Obr. 2.3.6 Detail řezu horko strunou

Metoda spočívá v použití odporového drátu napnutého mezi dva kolíky. Zdrojem napětí je elektrický proud, který drát zahřívá na požadovanou teplotu vhodnou k řezání jednotlivých vlákenných průměrů. Tato metoda se ukázala vhodnou i na řezání textilních struktur. Nejprve bylo zapotřebí textilní struktury spojit, aby bylo možné je navést ke zdroji osvětlení tak, aby se všechna vlákna struktury dotýkala zdroje osvětlení (LED). Nejprve byla vyzkoušena metoda zalití do včelího vosku. Ta se ukázala, jako

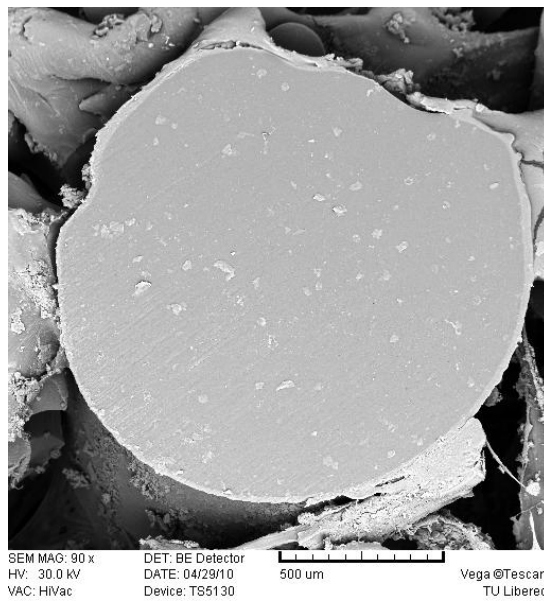
## Textilní struktury z optických vláken

nevhodná, protože vosk nepronikl celou strukturou, pouze ji obalil. Jako další způsob byla vyzkoušena metoda strukturu slepit lepidlem Duvilax KA-11 od dodavatele Duslo Šal'o, viz obr.2.3.7.

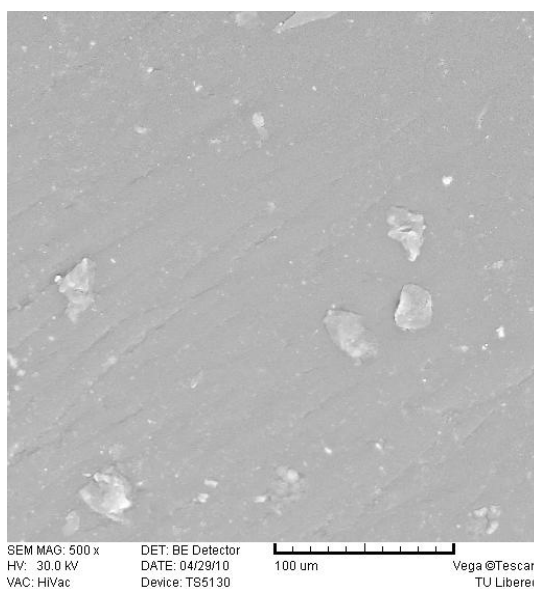


Obr. 2.3.7 Oplet spojený lepidlem a řezán horkou strunou

Tato metoda se ukázala jako vhodný způsob spojování textilních struktur. Lepidlo proniklo mezi vlákna struktury a to umožnilo strukturu řezat a přitom vlákna držet pohromadě. Při řezání slepených vláken vznikl problém: lepidlo nahřáté od horkého drátu se nanoslo na osvětlovací plochu. Z tohoto důvodu bylo nutné tyto plochy leštit. Pro leštění byly použity brusné papírky (P=400,1200,1500) a nakonec se plocha doleštila diamantovým práškem, který byl nanesen na gumové podložce. Leštěná struktura byla upevněna v plastové destičce, ve které byly vyvrtány průměry jednotlivých vláken a struktur. Použitá destička musela mít podobné materiálové složení, aby při leštění ubýval materiál stejně rychle jako u leštěné plochy. Leštěná plocha viz obr. 2.3.8 a obr. 2.3.9.



Obr. 2.3.8 Leštěné vlákno ve struktuře



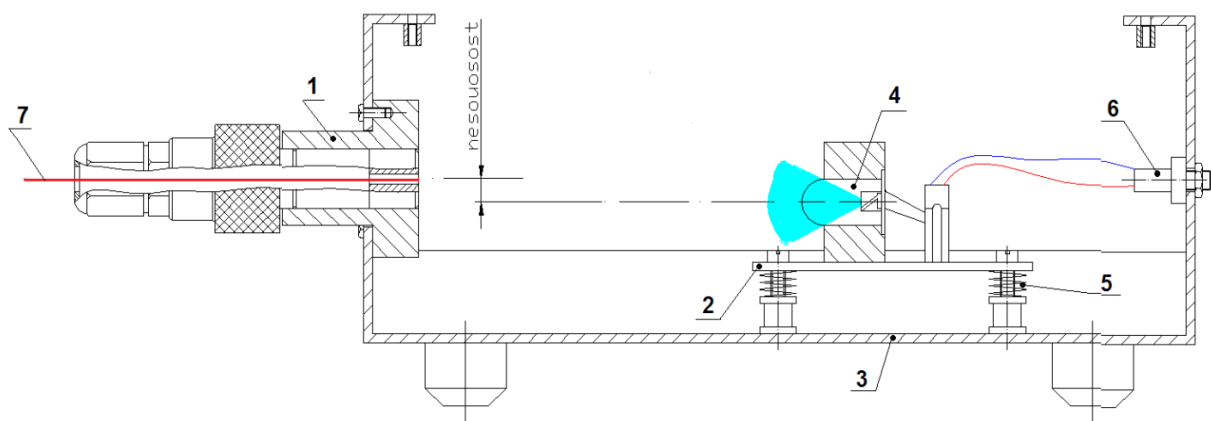
Obr. 2.3.9. Detail leštěné plochy optického vlákna

# Textilní struktury z optických vláken

## 2.4 SYSTÉM PRO NAVEDENÍ SVĚTLA DO VLÁKNA

Vytvoření osvětlovacího systému bylo zadáno firmě Vavřena. Viz obr 2.4.1. Tato firma však dodala systém, který měl tyto nedostatky:

1. Nesouosost mezi LED a přírubou přivádějící vlákno v nastavci ke zdroji světla. Tuto nesouosost nebylo možné odstranit ani za pomoci nastavení výšky stolku diody.
2. Velká vzdálenost optických vláken od zdroje světla.
3. Oblast diody způsobuje rozptyl světelného kuželu a tudíž nesoustředěnost do optických vláken.
4. Volné uložení nastavce v přírubě.



Obr 2.4.1 Původní osvětlovací systém dodaný firmou Vavřena

1. příruba pro nástavec, 2. stolek diody s nastavitelnou výškou, 3. pouzdro, 4. dioda, 5. nastavení stolku, 6. konektor pro napájení 7 optické vlákno (struktura)

Z výše uvedených důvodů byly navrženy a provedeny ve spolupráci s laboratoří LOMM tyto změny:

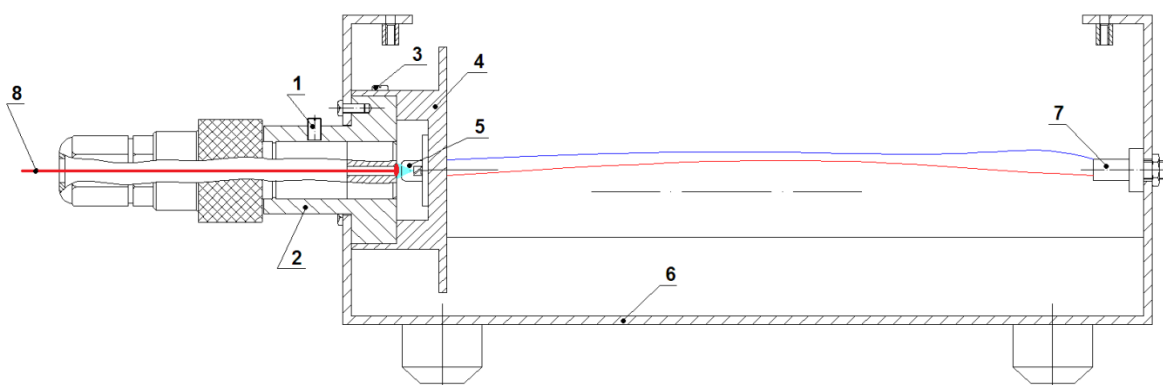
1. LED byla zabudována přímo do příruby, která byla nasazena u zakončení příruby pro nástavec. Díky tomuto vylepšení byla odstraněna nesouosost a zároveň došlo k přiblížení zdroje světla přímo k optickým vláknům.
2. Vrchní část pouzdra LED byla zaleštěna. Rovná plocha umožnila, aby všechna vlákna struktur přímo doléhala na LED.



## Textilní struktury z optických vláken

3. Byl připevněn zajišťovací kolík, aby nástavec s vlákny držel stálou polohu.

Tyto změny jsou patrné na obr. 2.4.2.



Obr. 2.4.2 Upravený osvětlovací systém

1. zajišťovací kolík nástavce, 2. příruba pro nástavec, 3. zajišťovací šroub, 4. příruba s diodou, 5. dioda se zbroušeným povrchem, 6. pouzdro, 7. konektor pro napájení 8. Optické vlákno (struktura)

Zdroj osvětlovacího systému byl napájen elektrickým proudem. Proud byl dodatečně regulován na hodnotu 100 mA.

### Diskuse

Dodaný osvětlovací systém od firmy Vavřena byl zcela nevyhovující. Zařízení podstoupilo několik úprav, ale i to má několik nedostatků. Největší nedostatek je v použitém zdroji. Místo LED by bylo vhodnější použít laserovou diodu. Tato dioda je o něco dražší. Oproti LED vede mnohem spolehlivěji světelný svazek a tím pádem do vláken vniká více paprsků.

Jako další nedostatek je jeho velikost. Po provedených úpravách není tak velké pouzdro zapotřebí. Pokud by se pouzdro zmenšilo, byla by s osvětlovacím systémem lepší manipulace.

LED se vyrábí v různých barevných provedeních, proto by bylo vhodné změřit, jaký vliv budou mít barvy na světelnou intenzitu.

### 2.5 ZAŘÍZENÍ PRO MĚŘENÍ SVĚTELNÉ INTENZITY

Na měření světelné intenzity stranově vyzařujících vláken se používají nejrůznější světelné senzory na principu fotodiody.

Pro charakterizaci vyzařovacích vlastností textilií, jako například měření poklesu intenzity s narůstající délkou, měření profilu vyzařování a měření vyzařovaného spektra vláken, bylo navrženo zařízení, které bude realizováno a odzkoušeno v příštím roce.<sup>[6]</sup>

Pro měření svítivosti stranově vyzařujících optických vláken, byl použit měřič výkonu svazku Lab Master Ultima firmy Coherent s fotodiodovým senzorem o ploše  $0,5 \text{ cm}^2$ , viz obr. 2.5.1.



Obr. 2.5.1. Lab Master

#### **Diskuse**

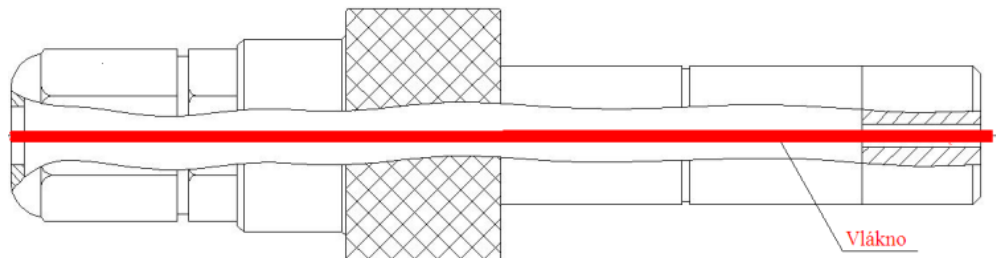
Měření tímto senzorem se ukázalo jako dostatečné pro orientační měření. Takto měřená intenzita je neúplná, protože vlákno leží na podložce a část paprsků vycházejících ze spodní části vlákna (ve vztahu k podložce) pohlcuje podložka. V laboratoři LOMM fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií probíhá vývoj zařízení na měření světelné intenzity, tak aby byla měřená celá intenzita, která vychází ze struktur v daném místě.



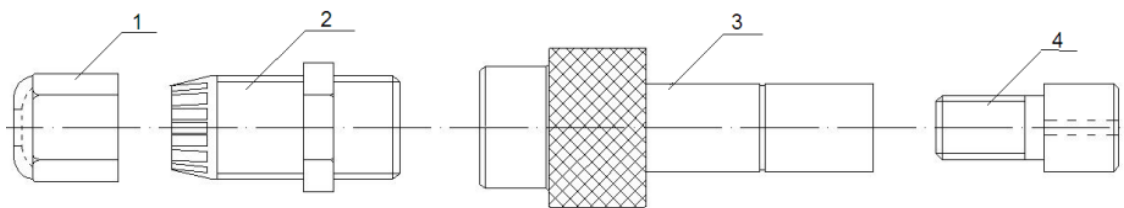
# Textilní struktury z optických vláken

## 2.6 PRINCIP MĚŘENÍ

Pro jednotlivá vlákna a struktury byl použit následující princip měření. Po přípravě osvětlovací plochy se vlákno a textilní struktury upevnily do nástavce, viz obr 2.6.1 a 2.6.2. Svazky se stáhly stahovacím šroubem a upevnily se k přírubě osvětlovacího systému.



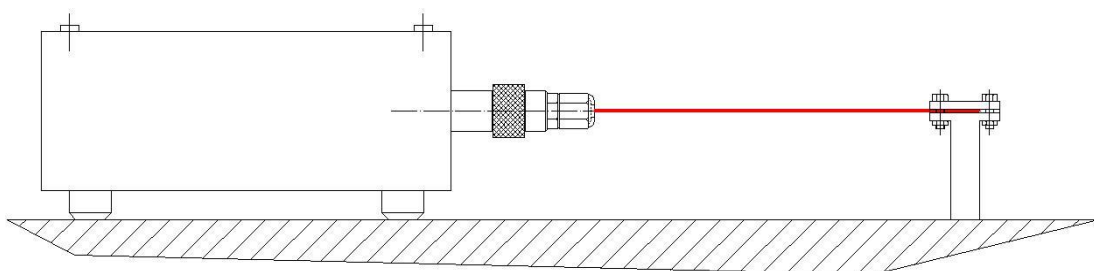
Obr. 2.6.1 Nástavec k osvětlovacímu systému pro optické vlákno a svazky



Obr. 2.6.2 Popis nástavce k osvětlovacímu systému pro optické vlákno a svazky

1. stahovací šroub, 2. stahovací nástavec, 3. příruba pro nástavec a stahovací nástavec,
4. nástavec s variabilními průměry

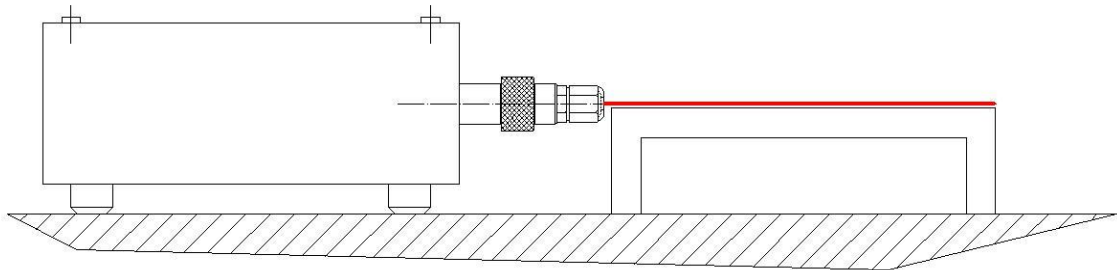
Pro měření je zapotřebí tmavých prostor, aby výsledky měření nebyly zkreslené. Bylo zapotřebí vymyslet vhodnou polohu vlákna při měření. Pro měření je nejlepší rovné vlákno, protože prostorové a rovinné ohyby způsobují ztráty vedeného světla, jak bylo uvedeno v kapitole 1.7.4. Struktura byla napnuta mezi osvětlovacím systémem a stojanem, viz obr. 2.6.3.



Obr. 2.6.3 Vlákno uchycené ve stojanu

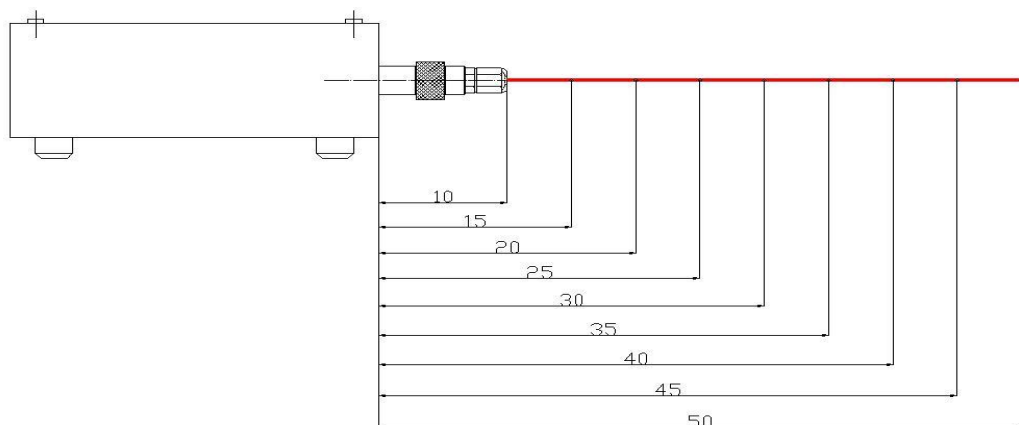
## Textilní struktury z optických vláken

Tato metoda byla nevyhovující z toho důvodu, že vlákno svou intenzitu v měřeném místě nesoustředilo pouze do měřicího zařízení (naměřené údaje byly nepatrné). Dalším nedostatkem této metody bylo stlačení vlákna a poškrábání jeho povrchu. Jako další způsob upevnění struktur bylo vypodložení dřevěným stolkem, viz obr. 2.6.4. Zde opět došlo k ovlivnění výsledků z důvodu odrazu světla od stolku, proto byl na stůl položen matný černý papír. Struktura se volně položila na podložku a na konci se přilepila lepicí páskou z důvodu krouživosti vláken. Tato metoda se ukázala jako vhodná.



Obr. 2.6.4 Vlákno položené na stolku

Na takto připravenou strukturu se na povrch přikládá senzor ve vzdálenosti 6,5 mm. Měření proběhlo v intervalech po 5 cm a sledovali jsme pokles hodnot do vzdálenosti 50 cm. Dále byla změřena intenzita světla v řezu, která vláknem prošla ve vzdálenosti 50 cm. Postupně byla struktura řezána směrem ke zdroji v intervalu 5 cm a sledovali jsme nárůst intenzity v řezu vláken. Princip měření je naznačen na obr 2.6.5. Základní měření proběhlo v  $nW/0,5 \text{ cm}^2$ , proto jsme museli přepočítat na základní jednotky  $[W/m^2]$  a z těchto dat dále vypočítat světelný útlum.



Obr. 2.6.5 Schéma vzdáleností používaných při měření v [cm]

## 2.7 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A JEJICH VYHODNOCENÍ

Výsledky měření jsou uvedeny v tab1-20 v příloze 1 a na obr. 1-19 v této kapitole.

Níže uvedené tabulky jsou již přepočteny v  $[W/m^2]$ .

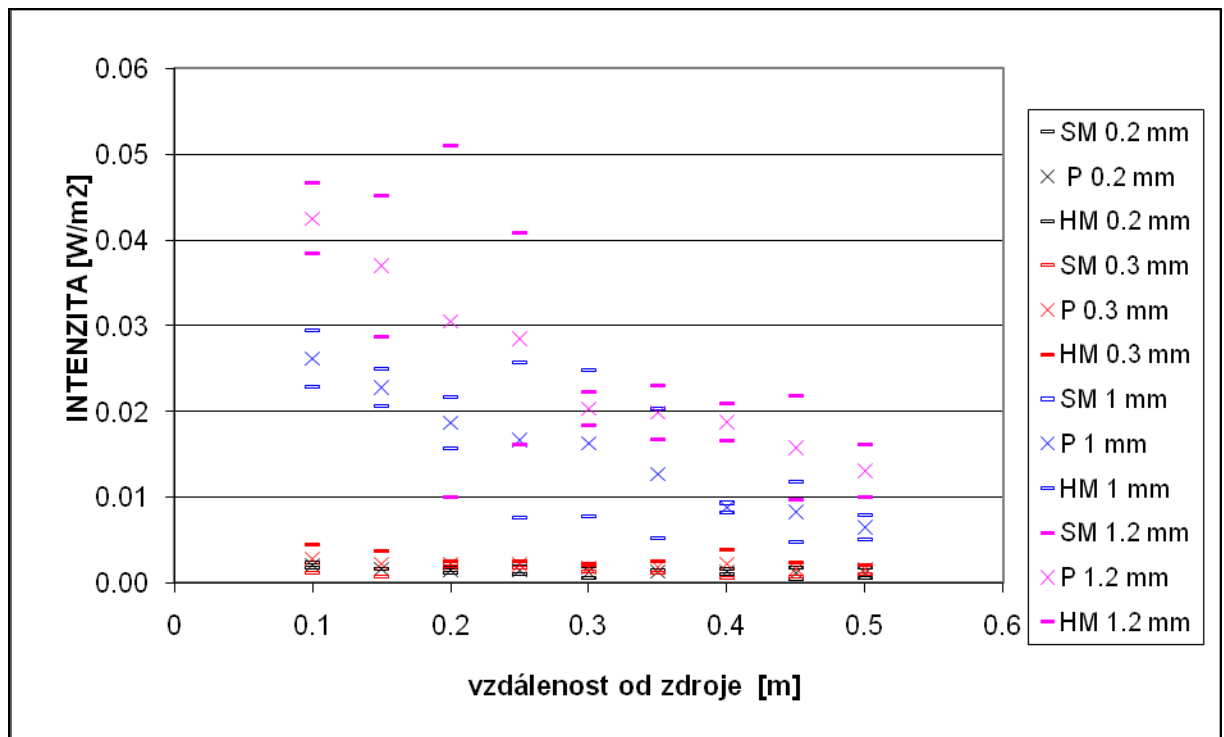
Intenzita světla diody je  $33 [W/m^2]$  v grafech není znázorněna, aby graf nezkreslovala.

Dále jsme z naměřených hodnot počítali světelný útlum podle výše uvedené rovnice 6).

### 2.7.1 Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu stranově vyzařujících optických vláken

Z časového hlediska bylo provedeno měření optických vláken pouze od firmy Hypoff, kde byla měřena světelná intenzita na povrchu a v řezu optických vláken.

Na obr. 2.7.1 a 2.7.2 jsou uvedeny graficky zpracované údaje světelné intenzity vláken, kde je uveden vliv průměrů těchto vláken na světelnou intenzitu.

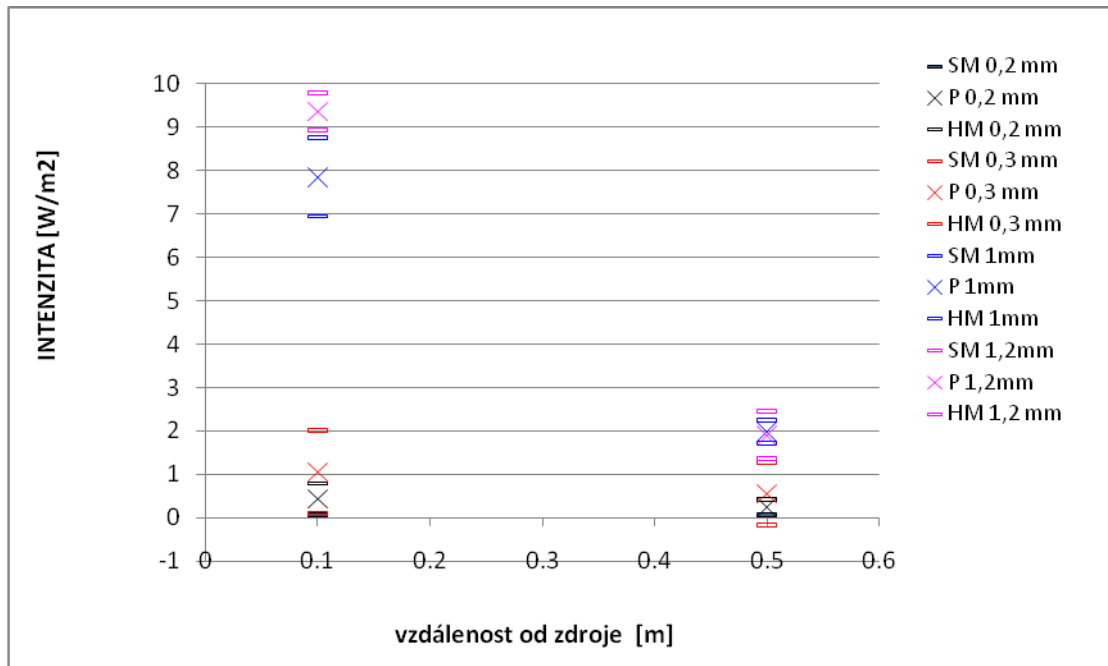


Obr. 2.7.1 Světelná intenzita naměřená na povrchu vláken od firmy Hypoff

Z obr.2.7.1 je patrné, že mezi hodnotami intenzity u vláken různých průměrů je rozdíl. Je vidět, že největší intenzita je u zdroje světla, což potvrzuje obr. 1.10.1. v

## Textilní struktury z optických vláken

rešeršní části. S rostoucím průměrem vlákna roste intenzita osvitu. U menších průměrů jsou rozdíly mezi hodnotami statisticky nevýznamné a u větších průměrů jsou naměřené hodnoty statisticky významné. Dále je patrné, že čím má vlákno větší průměr, tím více od zdroje světla ztrácí světelnou intenzitu.



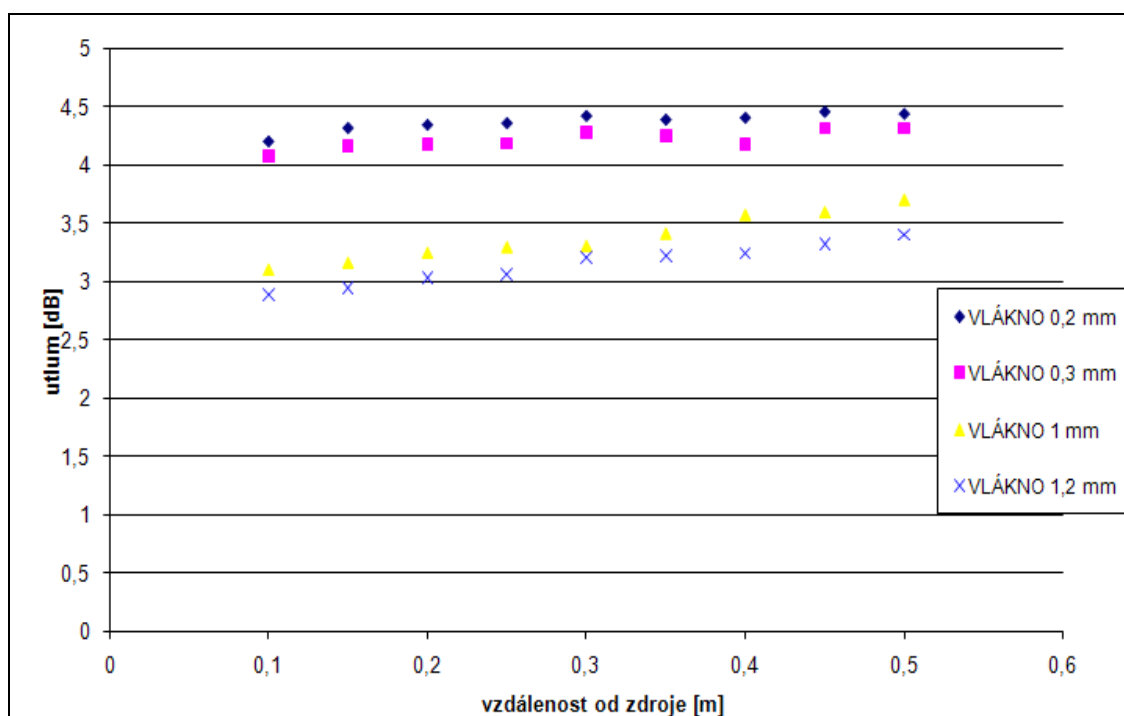
Obr. 2.7.2 Světelná intenzita naměřená v řezu vláken od firmy Hypoff

Z naměřené světelné intenzity v řezu je zřejmé, že intenzita je několikanásobně vyšší v řezu než na povrchu vlákna. Vlákná s vyšším průměrem mají větší světelnou ztrátu a naměřené hodnoty jsou statisticky významné. Vlákná s nižším průměrem nemají tak výraznou ztrátu a naměřené hodnoty nejsou statisticky významné.

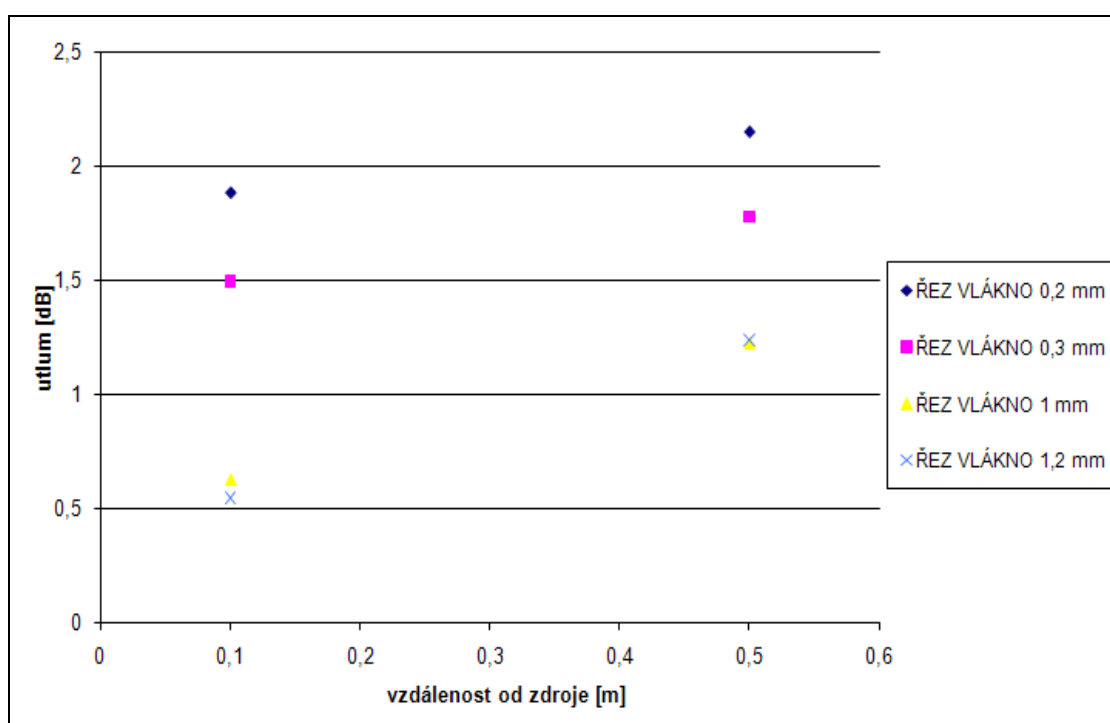
Z naměřených hodnot světelné intenzity se vypočítal světelný útlum vláken na povrchu i v řezu, což je znázorněno na obr. 2.7.3 a 2.7.4.

Na obr. 2.7.3 a 2.7.4 je zřejmé, že čím víc je vlákno vzdáleno od zdroje světla, tím má větší světelný útlum. Z obrázků je zřejmé, že čím má vlákno menší průměr, tím má větší světelný útlum.

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 2.7.3 Světelný útlum na povrchu vláken od firmy Hypoff



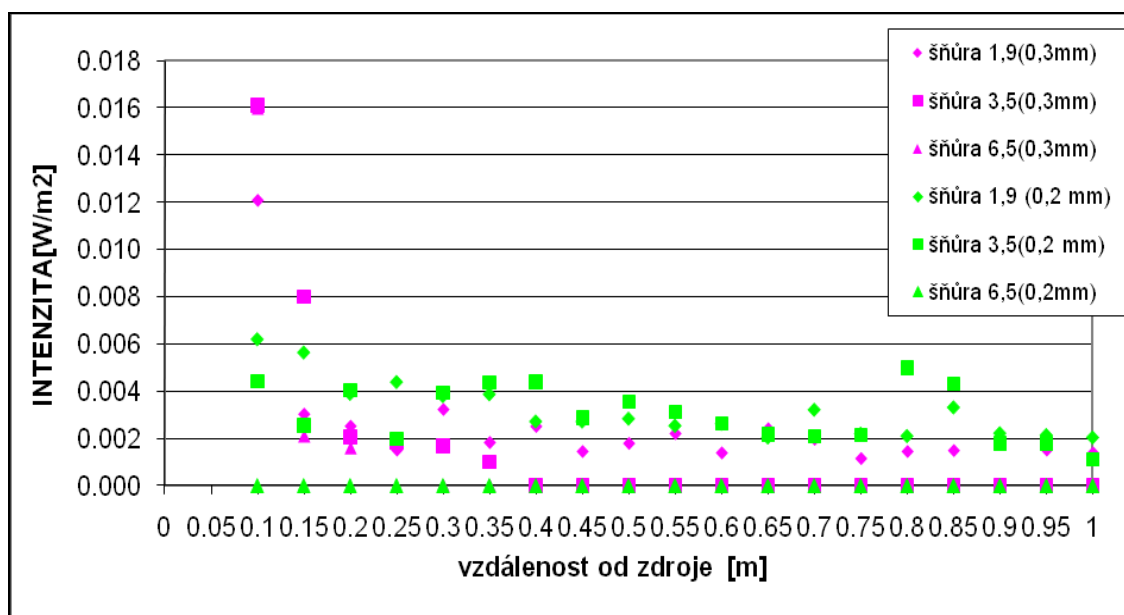
Obr. 2.7.4 Světelný útlum v řezu vláken od firmy Hypoff

### 2.7.2 Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu šňůr ze stranově vyzařujících optických vláken

Na obr. 2.7.5 a 2.7.6 jsou uvedeny graficky zpracované údaje světelné intenzity šňůr, kde je uveden vliv použitých vláknenných průměrů při spletení a hustoty spletů na ztrátu světelné intenzity.

Z obrázků je potvrzený obr. 1.10.1, který říká, čím je šňůra více vzdálená od zdroje světla, tím má menší světelnou intenzitu.

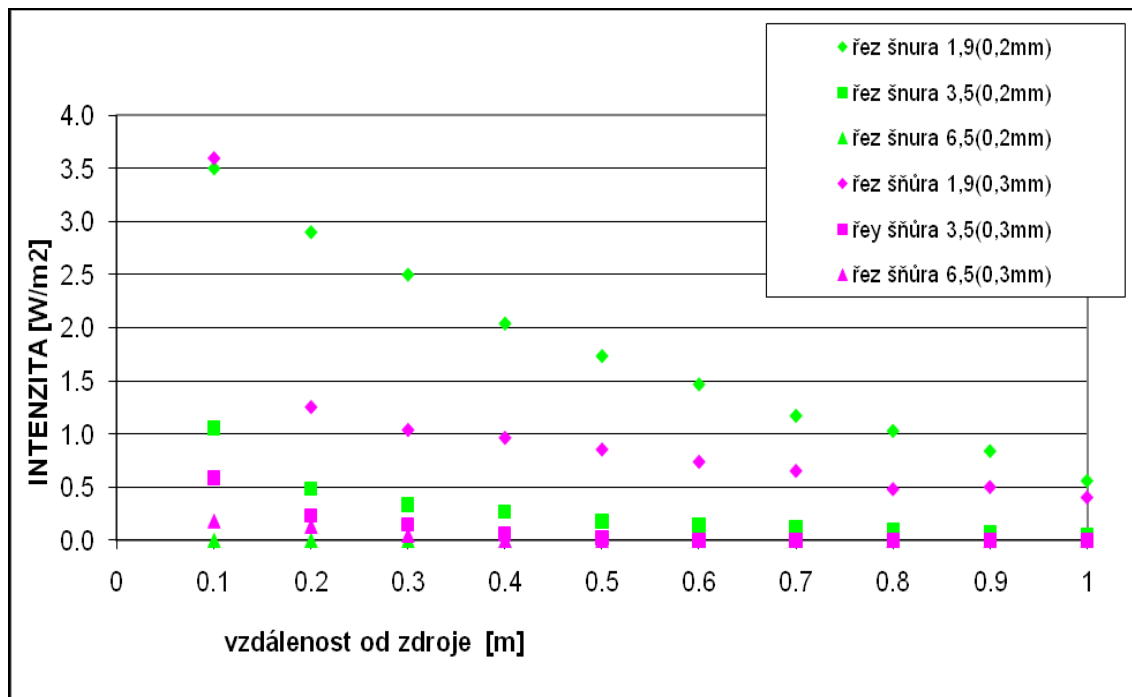
Graf obr. 2.7.5 nám říká, že na světelnou intenzitu nemá výrazný vliv použitý průměr, ale velikost spletů, do kterých jsou vlákna zapletány. Zvolená velikost spletů má i zřejmý vliv na funkčnost vláken a to tak, že čím jsou vlákna hustěji propletena, tím jejich svítivost klesá nebo je dokonce rovna nule.



Obr. 2.7.5 Porovnání světelné intenzity povrchu šňůr

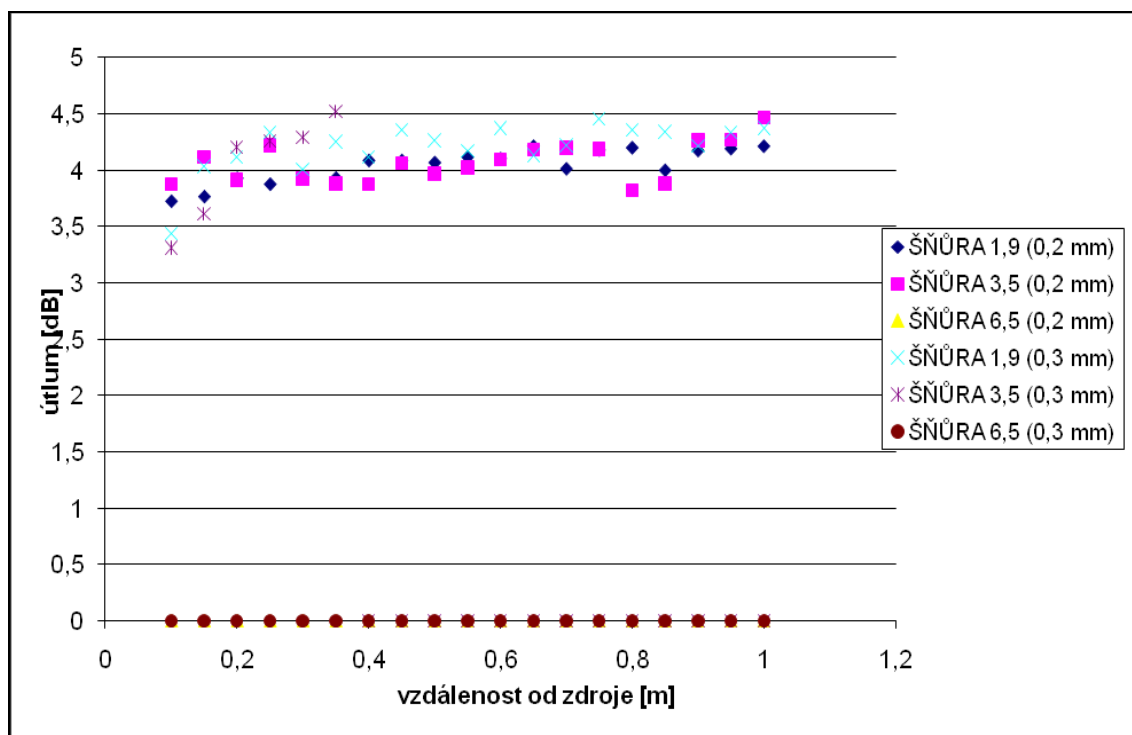
Z obr. 2.7.6 je dáno, že čím volněji jsou vlákna spletena, tím více jsou schopna vést světelný svazek. Průměr vlákna nemá vliv na to, jak intenzivně je světelný svazek veden. Čím je průměr větší, tím má oplet větší světelnou intenzitu.

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 2.7.6 Porovnání světelné intenzity řezu šňůr

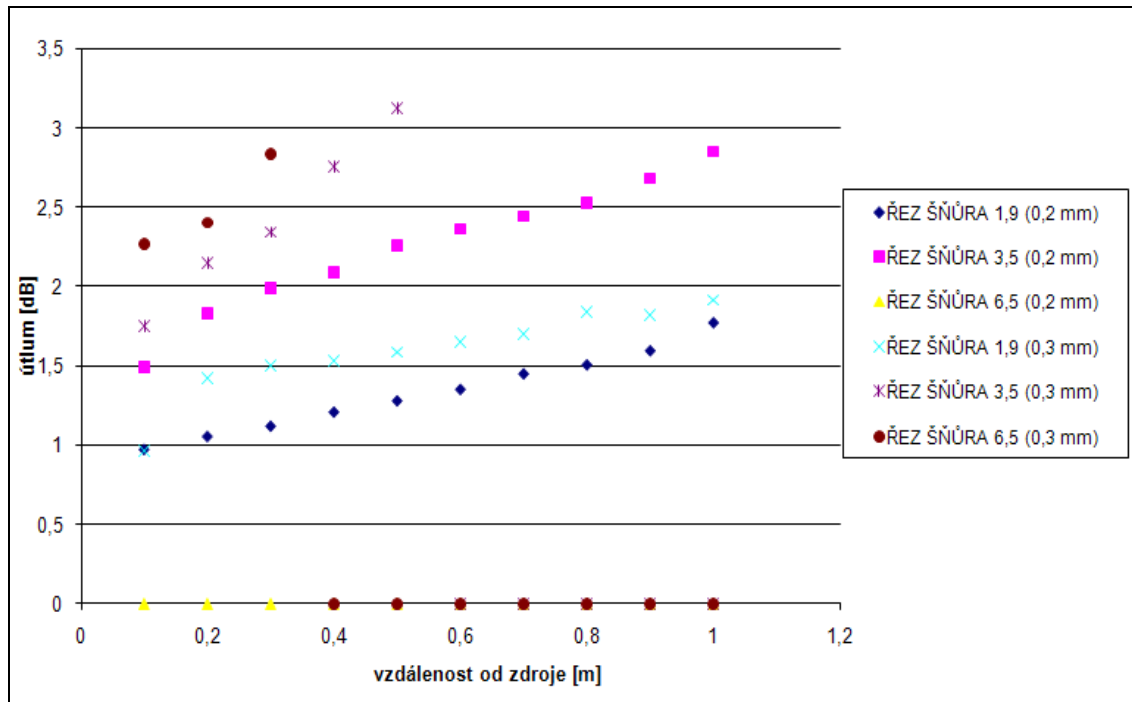
Na obr. 2.7.7 je vidět že průměr vláken nemá výrazný vliv na povrchový světelný útlum.



Obr. 2.7.7 Porovnání světelného útlumu na povrchu šňůr

## Textilní struktury z optických vláken

Na obr 2.7.8 je vidět, že na světelný útlum má vliv průměr vlákna. Čím má použité vlákno menší průměr, tím má menší světelný útlum ve vztahu ke vzdálenosti od zdroje světla. Vliv na světelný útlum má i hustota spletu. Čím je splet hustší, tím větší má světelný útlum.



Obr. 2.7.8 Porovnání světelného útlumu v řezu šňůr

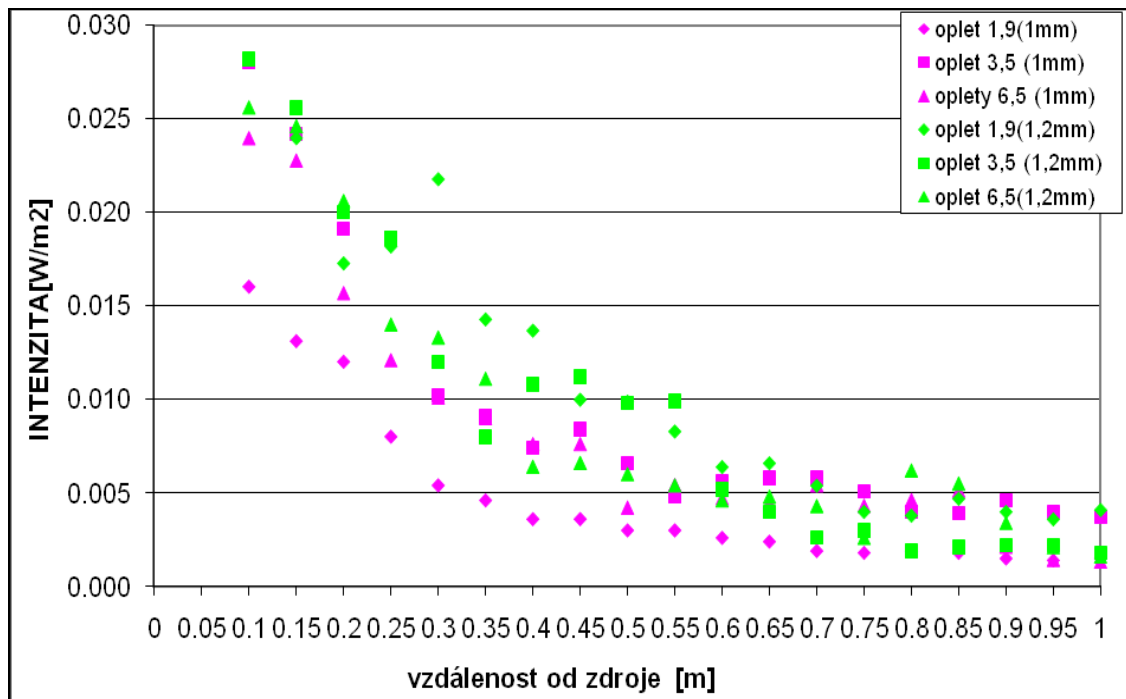
### 2.7.3 Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu opletů ze stranově vyzařujících optických vláken

Na obr. 2.7.9 a 2.7.10 jsou uvedeny graficky zpracované údaje světelné intenzity opletů, kde je uveden vliv použitých vlákenných průměrů a hustoty opletů na ztrátu světelné intenzity.

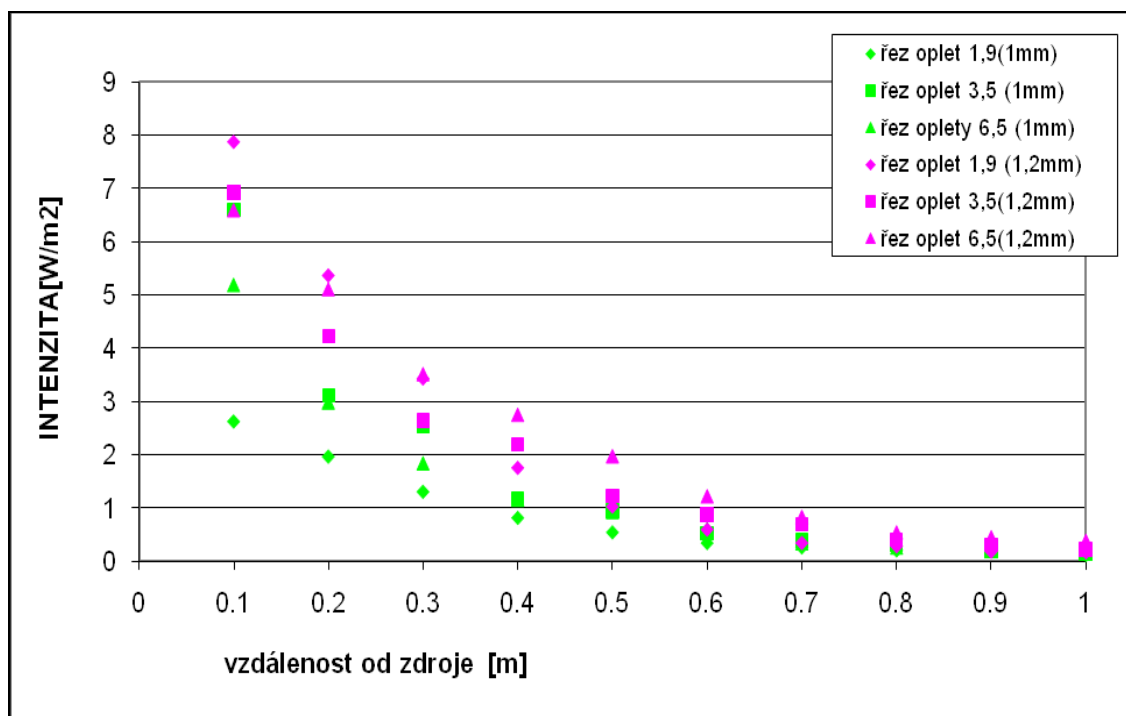
Z obrázků je vidět, že intenzita světla s rostoucí vzdáleností klesá. Intenzita vlákna po opletení se výrazně neztratila. V obrázcích je vidět, že intenzita opletů rovnoměrně klesá u obou průměrů stejně. Vliv má pouze použitý průměr vlákna.



## Textilní struktury z optických vláken



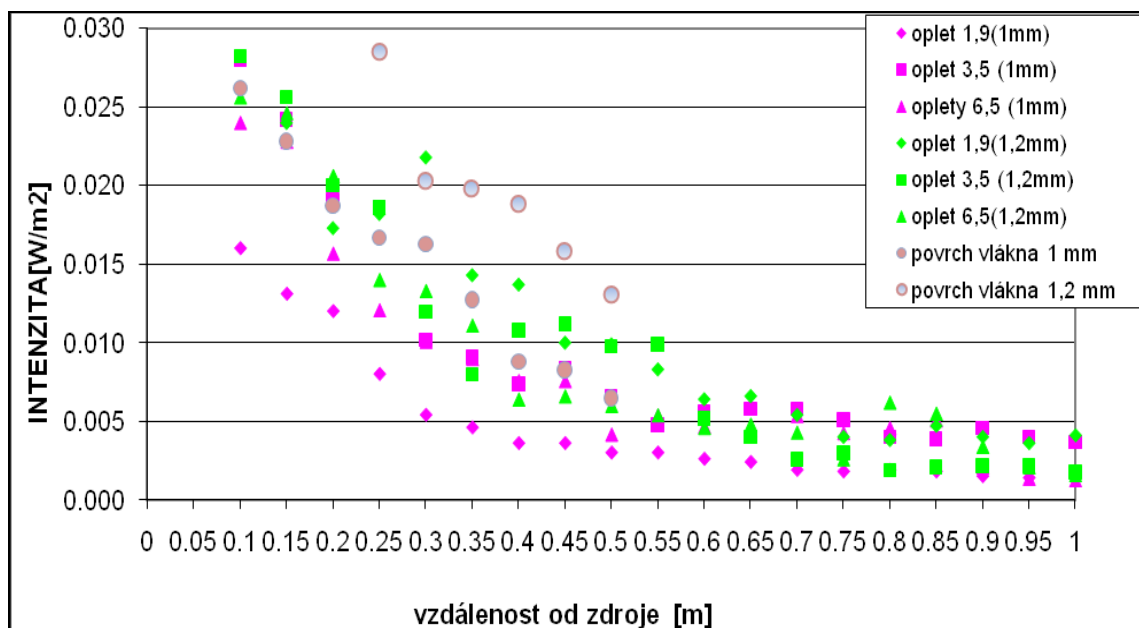
Obr. 2.7.9 Porovnání světelné intenzity povrchu opletů



Obr. 2.7.10 Porovnání světelné intenzity řezu opletů

## Textilní struktury z optických vláken

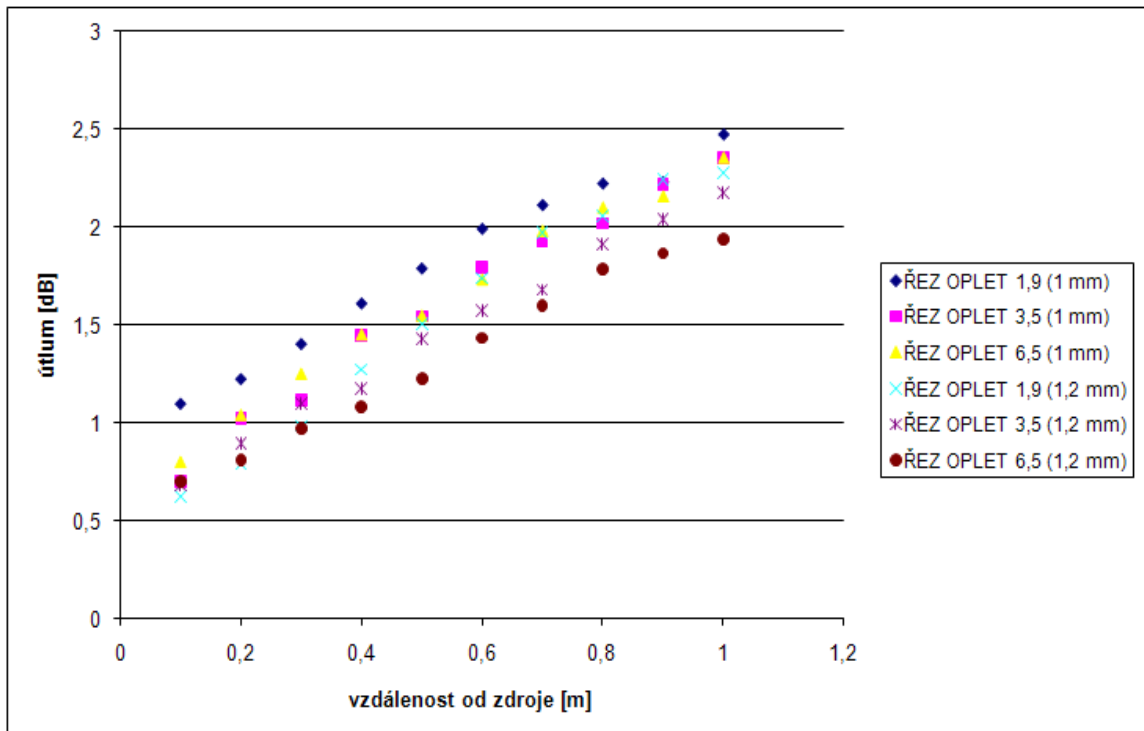
Proto je zde uveden obr. 2.7.11, který nám ukazuje intenzitu opletu v porovnání s intenzitou jednotlivých vláken. Je zde vidět, že ani opletované optické vlákno vhodným materiálem neztrácí světelnou intenzitu výrazným způsobem.



Obr. 2.7.11 Porovnání světelné intenzity povrchu opletů a povrchu vláken

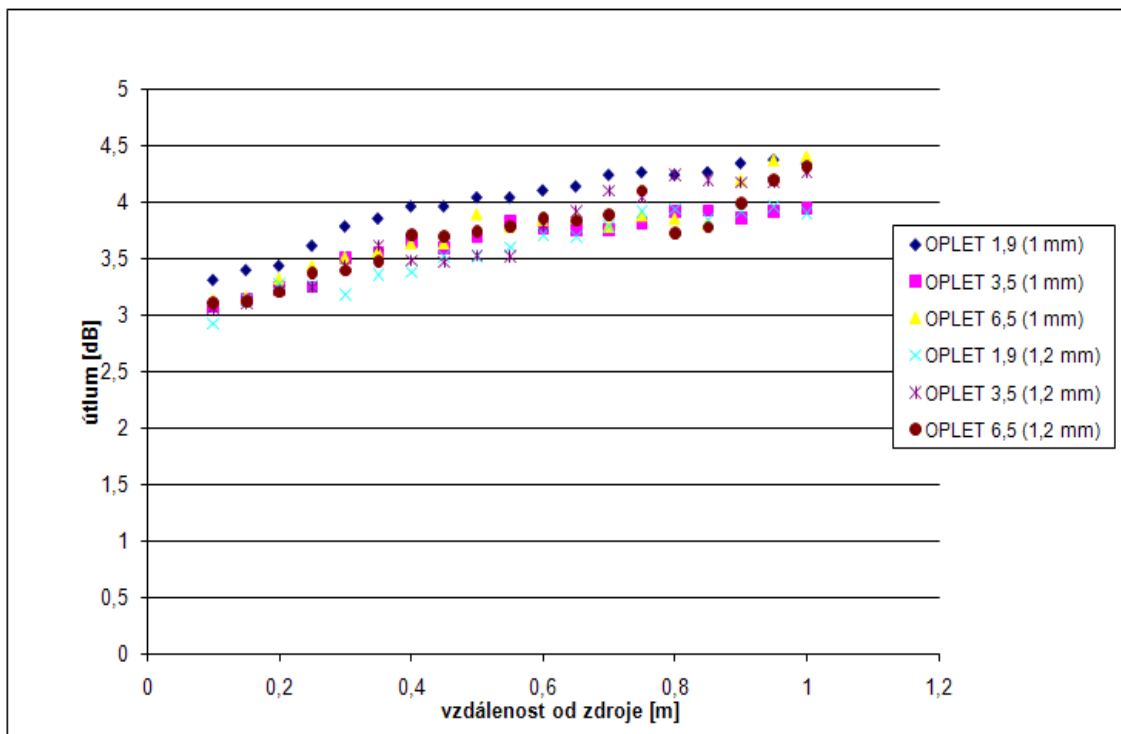
Světelný útlum je na obr 2.7.12 a 2.7.13. Průměr vlákna má na světelný útlum vliv. Čím má vlákno menší průměr, tím je jeho útlum vyšší. Velikost opletu má také vliv. Čím je oplet hustší, tím má oplet menší útlum.

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 2.7.12 Porovnání světelného útlumu na povrchu opletů

Na obr 2.7.13 je útlum v řezu opletu. Zde nemá vliv použitá hustota opletu z toho důvodu, že optické vlákno je vedeno jádrem opletu a nedochází k jeho ohýbání. Průměr optického vlákna nemá výrazný vliv na zvýšení světelného útlumu.



Obr. 2.7.13 Porovnání světelného útlumu v řezech opletů

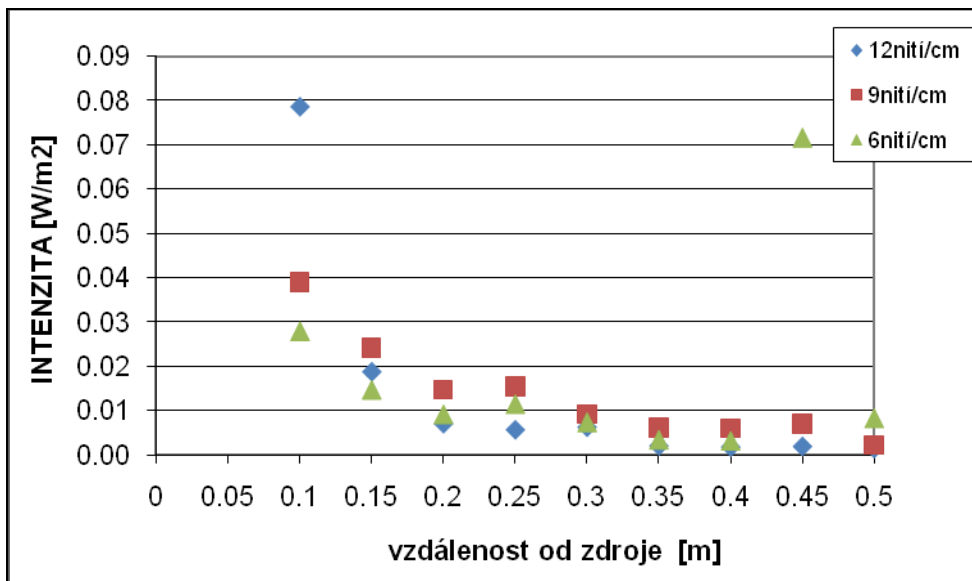
## Textilní struktury z optických vláken

### 2.7.4 Výsledky naměřené světelné intenzity a útlumu tkanin ze stranově vyzařujících optických vláken

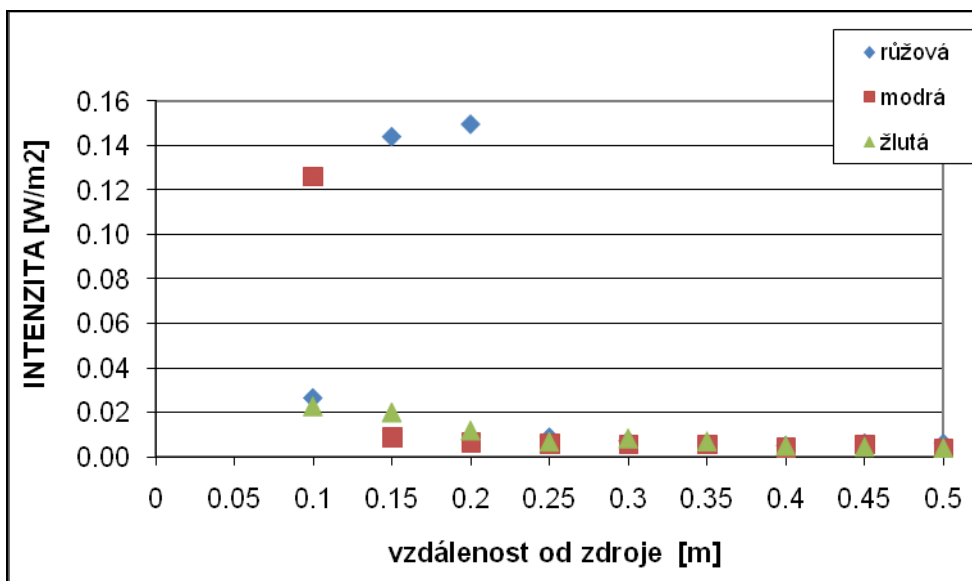
Na obr. 2.7.14 a 2.7.15 jsou uvedeny graficky zpracované údaje světelné intenzity tkanin, kde je uveden vliv barvy a velikosti dostavy na ztrátu světelné intenzity.

Výrazné výchyly, které jsou v grafech uvedeny, byly způsobeny vadami ve vláknech, které vznikly při výrobě tkanin.

Na pokles světelné intenzity nemají použité barvy a dostavy výrazný vliv.



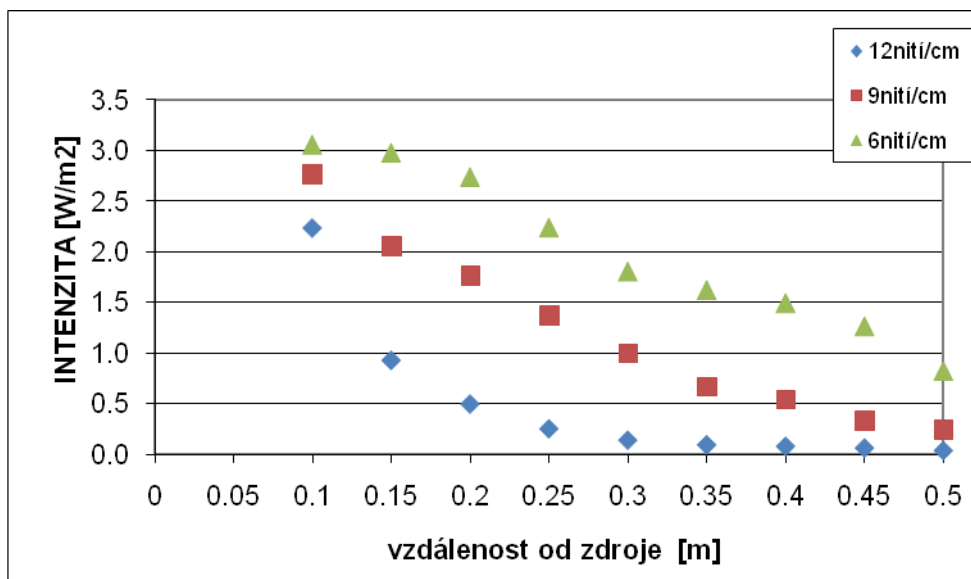
Obr. 2.7.14 Porovnání světelné intenzity povrchu tkanin s různými dostavami



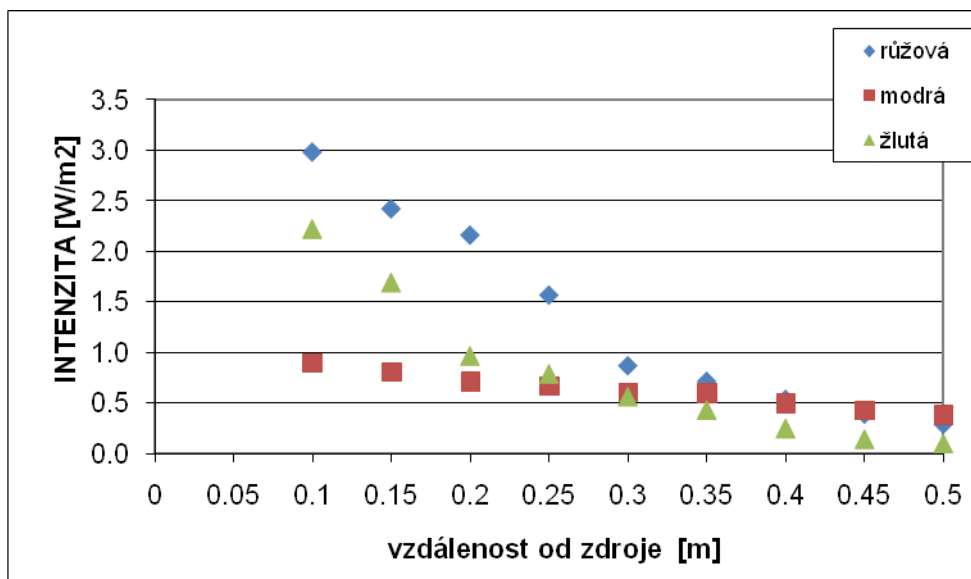
Obr. 2.7.15 Porovnání světelné intenzity povrchu tkanin s různými barvami

## Textilní struktury z optických vláken

Na obr. 2.7.16 a 2.7.17 nejsou světelné ztráty způsobeny ani barvou a ani velikostí dostavy. Vliv na přenos světelného signálu je způsoben navedením ke zdroji.



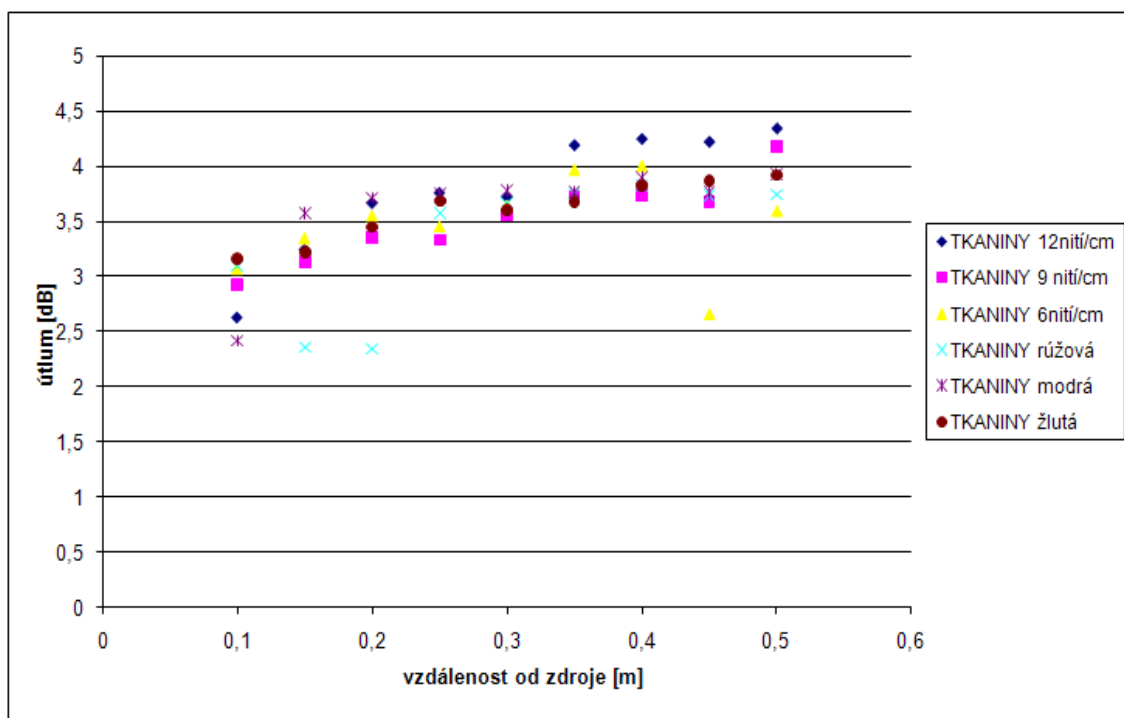
Obr. 2.7.16 Porovnání světelné intenzity řezu tkanin s různými dostavami



Obr. 2.7.17 Porovnání světelné intenzity řez tkanin s různými barvami

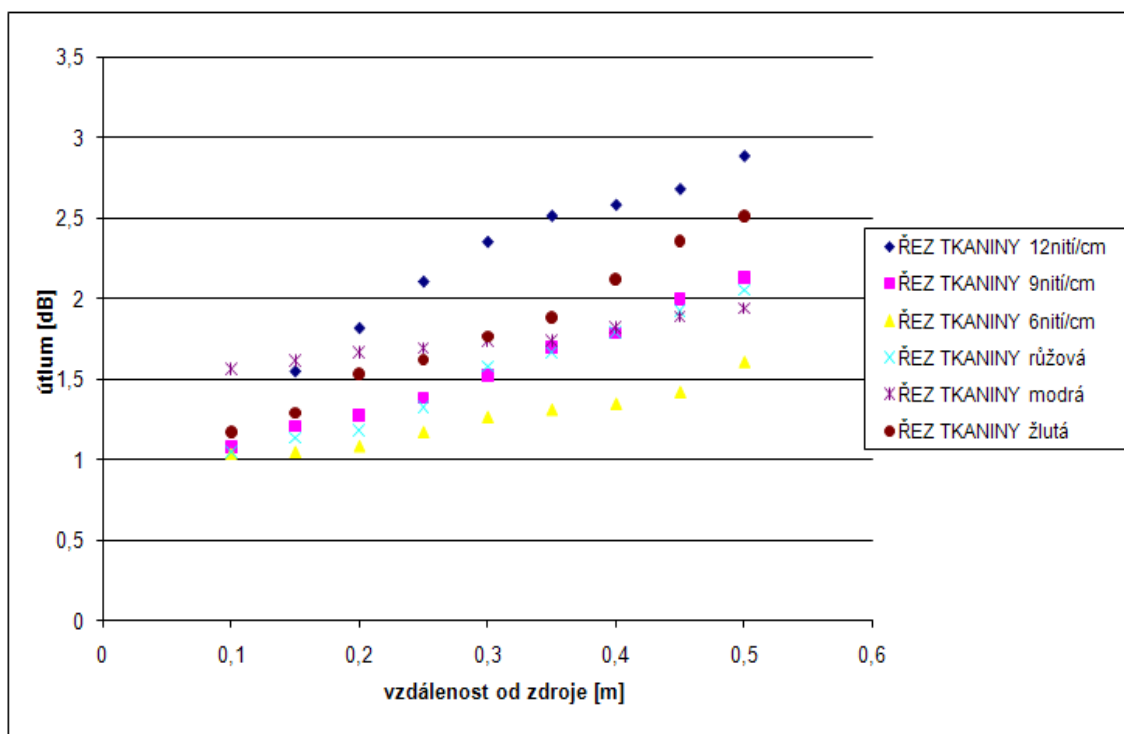
Na obr. 2.7.18 je vidět, že světelný útlum s narůstající vzdáleností od zdroje roste. Výrazný vliv pro nárůst světelného útlumu nebyl ani u jednoho zvoleného způsobu zpracování. Výchytky, které jsou v grafu patrné, jsou způsobeny vadou vláken a jejich aplikací do struktury, nikoli jejich zapracováním do zvolených parametrů.

## Textilní struktury z optických vláken



Obr. 2.7.18 Porovnání světelného útlumu na povrchu tkanin s různými barvami a dostavami.

Na obr. 2.7.19 nejsou vypočtené výsledky ovlivněny zvolenými parametry. Rozdílný nárůst světelného útlumu je dán nedokonalým navedením ke zdroji světla nebo vadami samotných vláken.



Obr. 2.7.19 Porovnání světelného útlumu v řezu tkanin s různými barvami a dostavami.

### Diskuse

Z výsledků měření je zřejmé, že čím je použitá technologie náročnější pro vlákno, tím větší vliv má na světelnou intenzitu a jeho správnou funkci. Nejvhodnější způsob pro zpracování optických vláken je zatkávání do osnovy, kde je s vláknem nejšetrněji zacházeno. Volba materiálu a velikost dostav má vliv proto, že čím bude dostava větší a barva tmavší, tím méně bude vlákno svítit.

U opletů je to podobné. Čím bude oplet hustší a barva tmavší, tím bude intenzita svítivosti vláken menší.

Spřádání není pro zpracování optických vláken vhodné. Pokud by bylo zapotřebí tuto technologii použít, pak doporučuji, aby byly použity větší oplety. Tím se zabrání trhání vláken a struktura bude funkční.

### 2.8 UPLATNĚNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN V TEXTILNÍCH STRUKTURÁCH

Díky naměřeným výsledkům se dá určit, že nejvhodnější aplikací u bezpečnostních prvků je oplétání optických vláken nebo jejich zatkávání do osnovy.

Tyto struktury by se daly v textilním průmyslu použít při výrobě osvětlovacích doplňků cyklistů, dětských kočárků, oblečení dětí a při výrobě psích obojků. Bylo by možné je aplikovat do reflexních vest, kde by optická vlákna zintenzivnila viditelnost uživatele. Další možností by bylo jejich zatkání do bund účastníků silničního provozu, jako motorkářů, dělníků na silnicích, atd.

V průmyslových aplikacích by se daly využít jako bezpečnostní ukazatele nouzového východu. Označovat mohou zábradlí, schody nebo lem dveří. Pro bezpečnost silničního provozu je lze používat jako podklad významného dopravního značení.

Za úvahu stojí použití těchto struktur ve státních složkách jako je dopravní policie a hasiči. Tato možnost by vyžadovala další zkoumání vláken, protože u hasičů dochází k vystavování vysokým teplotám a u policistů k velkému mechanickému namáhání.

### ZÁVĚR

Hlavním úkolem byla výroba textilní struktury z optických vláken, návrh a konstrukce vhodného osvětlovacího zařízení a změření světelné intenzity jednotlivých vláken a vyrobených struktur.

Výroba textilních struktur byla provedena na šestnácti cívkovém oplétacím stroje a na jehlovém tkacím stroji CCI SL 7900 s podílem optických vláken od firmy Hypoff a Grace s průměry 0,2 mm 0,25 mm 0,3 mm 1 mm a 1,2 mm. Byly vytipovány tři textilní struktury: šňůry, oplety a tkaniny. Jako nejvhodnější způsob aplikace optického vlákna bylo zatknutí do osnovy tkaniny a zanesení optického vlákna do jádra opletu. Při výrobě šňůr a zatknutí do útku tkaniny byl velký problém s lámavostí vláken. Lámavost způsobovaly velké rázy tkací jehly a ostré úhly při vedení vlákna jezdcem splétacího stroje. Nevhodnost těchto metod byla zřejmá už při výrobě těchto struktur. Tkaninu se zatkaným útkem se vyrobit nezdařilo vůbec. Při výrobě šňůr docházelo k častému praskání jednotlivých vláken, což mělo za následek, že šňůry nesvítily vůbec nebo jen minimálně. Zároveň se u optických vláken objevila degradace v čase. Struktury vyrobené před půl rokem z optických vláken 0,5 mm od firmy Grace zatkané do osnovy začaly praskat i při minimálním ohybu. V budoucnu by bylo dobré se zaměřit v dalším výzkumu na problém stárnutí optických vláken. Další výzkum věnovat i okolnosti, zda průchod světla negativně ovlivňuje funkčnost optických vláken.

Pro nasvícení jednotlivých vláken a vyrobených struktur bylo vytvořeno osvětlovací zařízení externí firmou. Toto zařízení, ale nebylo vhodné. Proto, ve spolupráci s laboratorii LOMM fakulty mechatroniky, informatiky a mezioborových studií byly navrženy a provedeny úpravy tohoto zařízení, které odstranily nalezené vady, tak aby zdroj světla byl dostatečný pro naše účely měření. Před navedením vláken a jednotlivých struktur ke zdroji osvětlení bylo zapotřebí osvětlovací plochy nejprve upravit. Bylo vyzkoušeno několik metod, které jsou uvedeny v experimentální části. Pro připomenutí bylo zvoleno slepování vláken ve strukturách lepidlem Duvilax KA-11 a následné řezání a leštění. Jako vhodný způsob pro řezání osvětlovacích ploch byla zvolena metoda řezání horkým odporovým drátem, který byl zahříván na požadovanou teplotu dle potřeb jednotlivých vláken a struktur. Leštění osvětlovacích ploch proběhlo za pomoci leštících papírků rozdílných jemností a následné doleštění diamantovým práškem. Bylo zapotřebí vymyslet vhodnou polohu vlákna při měření. Byl zvolen způsob položení vlákna na stolek s černou matnou deskou. Na konci bylo vlákno připevněno lepicí páskou, aby nedošlo ke stlačení nebo odření povrchu optických



## Textilní struktury z optických vláken

---

vláken. K upnutí měřeného vzorku do osvětlovacího systému slouží nástavec s různými průměry. Po upevnění nástavce bylo provedeno měření světelné intenzity do vzdálenosti 0,5 m od zdroje osvětlení. Měření bylo provedeno na povrchu měřených vzorků a v jednotlivých příčných řezech v úsecích po 5 nebo 10 cm, a to za pomoci fotodiodového senzoru a přístroje Lab Master Ultima na měření výkonu světelného svazku. Je nutné provádět měření v tmavém prostoru, aby nedocházelo k ovlivňování fotodiodického senzoru. Výstupem měření jsou grafy, znázorňující závislost světelné intenzity a světelný útlum na vzdálenosti od zdroje osvětlení.

Jako nejvhodnější aplikací v textilním průmyslu by bylo zatkávat optická vlákna do osnovy nebo je oplétat různými materiály a barvami. Aby bylo možné tyto textilní struktury aplikovat, je zapotřebí vyvinout dostatečně malé osvětlovací zařízení, které by nijak uživatele neomezovalo. Musí být snadno odnímatelné kvůli čištění textilní struktury.

## Textilní struktury z optických vláken

---

### Použitá literatura

[1] Mahlke/Gossing :Fiber Optic Cables, Siemens Aktiengesellschaft, Berlin and Munchen

1987 ISBN 3-8009-1463-8

[2]Prof. Dr. Fuka J.-Prof. Dr. Havelka B. Dr.Sc.:I. Optika fyzikální kompendium pro vysoké školy díl IV. Praha 1961

[3]Doleček J.-3. díl Optoelektronika optoelektronické prvky a optická vlákna Praha 2005, ISBN 80-7300-184-5

[4]Ing. Lédl V. Ph.D.,Ing. Václavík J.: Zpráva o řešení projektu z programu TIP v Gesci MPO Opticky aktivní bezpečnostní textilie

[5] Lenfeldová, I.:Speciální pletařské výroby, TU v Liberci, 2007

### Použité www

[6] <http://digitalne.stahuj.centrum.cz/vedeme-data-pomoci-svetla/tisk/> aktualizace dne 12.5 2010

[7] [www.wikipedie.cz](http://www.wikipedie.cz) aktualizace dne 12.5 2010

[8]<http://hps.mallat.cz/view.php?cisloclanku=2003090203> aktualizace dne 12.5 2010

[9] <http://www.csgh.info/detail.php?stat=144> aktualizace dne 12.5 2010

[10] <http://www.e-architekt.cz/index.php?KatId=122&Pid=1690> aktualizace dne 12.5 2010

[11] <http://www.theage.com.au/news/fashion/fashioning-technology/2007/12/06/1196812927346.html> aktualizace dne 12.5.2010