



# Prenosové médiá 06

doc. Ing. Ľuboš Ovseník, PhD.

([lubos.ovsenik@tuke.sk](mailto:lubos.ovsenik@tuke.sk); tel. 421 55 602 4336)

[https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM\\_PS\\_Prenosove\\_media/](https://data.kemt.fei.tuke.sk/PM_PS_Prenosove_media/)

# PEVNÉ OPTICKÉ PRENOSOVÉ MÉDIÁ 3

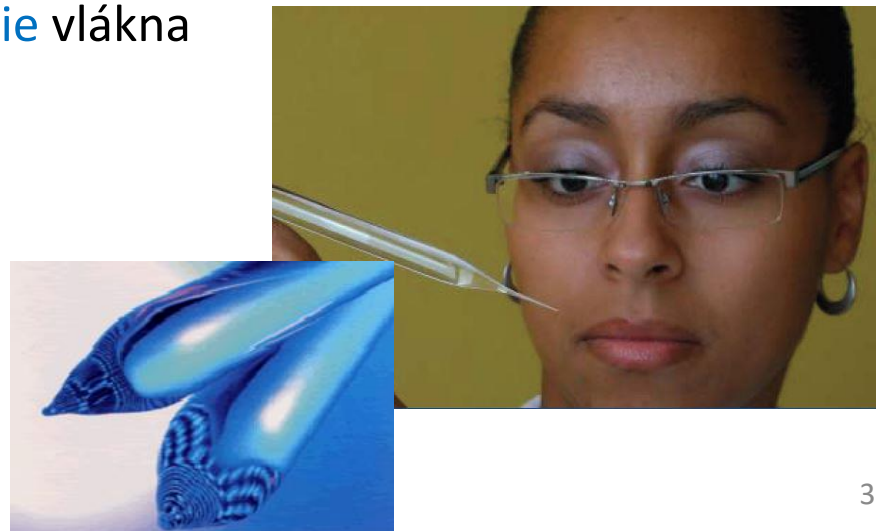
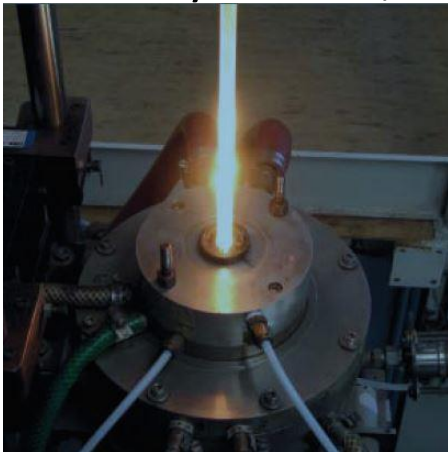
## (OPTICKÉ KÁBLE)

- Výroba optických vlákien
  - Výroba preformy
  - Výroba OV ťahaním
  - Výroba OV pomocou dvojitého kelímka
- Optické káble
  - Vlastnosti
  - Rozdelenie
    - Simplex
    - Duplex
    - Viacvláknové optické káble
    - Optický kábel s kruhovou geometriou
    - Optický kábel s pásikovou geometriou
    - Najbežnejšie typy používaných optických káblov
  - Inštalácia optických káblov
    - Do káblovej chráničky
    - Osadením (zakopaním) priamo do zeme
    - Závesnou metódou
    - Mikrotrubičkovaním
    - Osadením do káblových kanálov a líšt

# Výroba optických vláken (káblů)

**Výroba OV**, je velkou technologickou úlohou, pričom jej zvládnutie trvalo ľudstvu od prvých Colladonových pokusov (Daniel Colladon, profesor na Univerzite v Ženeve, demonštroval na svojich prednáškach (1841) vedenie slnečného svetla prúdom vody (index lomu 1,33) vytekajúcim von z nádrže (do vzduchu, index lomu  $\sim 1$ ) viac ako jedno storočie

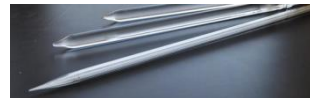
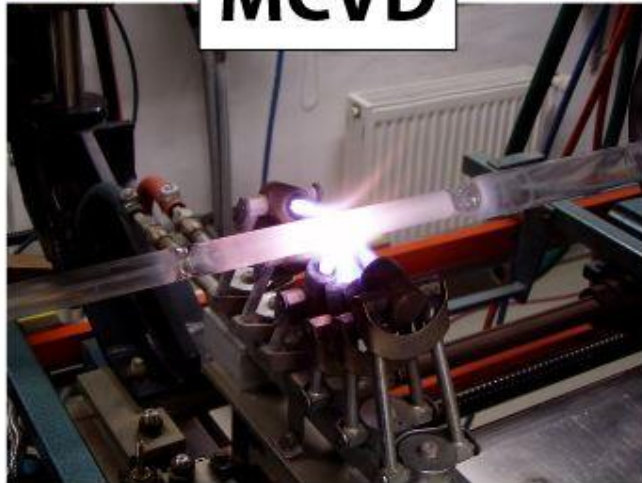
- odohráva sa v **dvoch krokoch**
  - príprava tzv. **preformy** (polotovaru pre výrobu optických vláken)
  - vlastná výroba OV, napr. **ťahanie** vlákna



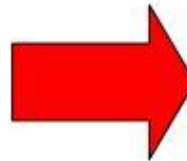
# Obr. Cyklus výroby (přípravy) OV



**MCVD**



**preforma**



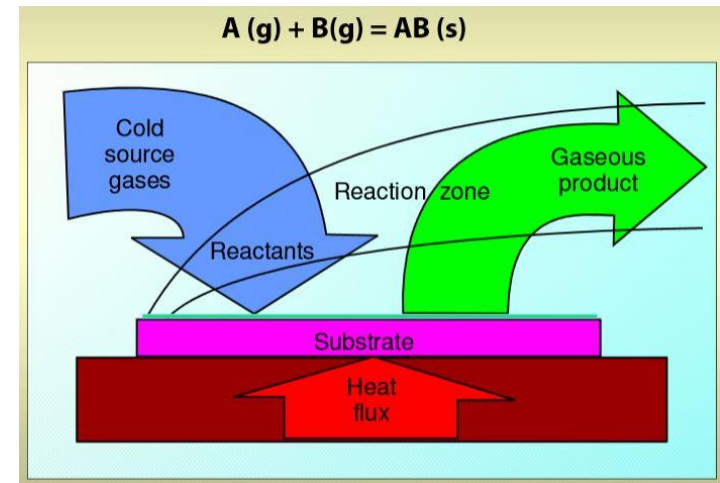
**Tažení**



# Výroba „preformy“

Preforma je sklenená tyčka o priemere cca. 1 až 5mm a dĺžke 40cm až niekoľko metrov (dá sa vyrobiť OV až niekoľko stoviek km dlhé bez prerušenia)

- z dôvodu požadovaného **malého útlmu** musí byť vyrobená z **veľmi čistého materiálu**
- z dôvodu **požiadaviek na disperziu** musí mať **presnú štruktúru**
  - ani jedna z týchto požiadaviek sa nedá splniť klasickými sklárskymi technológiami
  - preto sa používajú rôzne postupy, napr. **CVD** (Chemical Vapor Deposition) technológia – **depozícia z plynnej fázy**



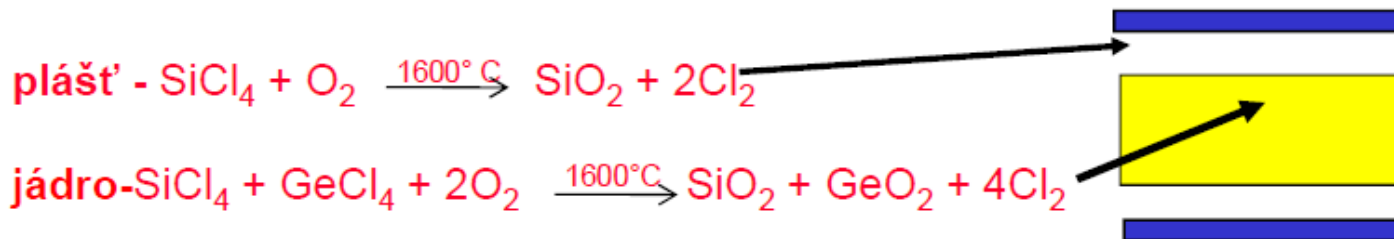
- znamená to vlastne prípravu skla **spaľovaním pár** východiskových látok ( $\text{SiCl}_4$ )
  - tieto látky sa dajú totiž veľmi dobre čistiť destiláciou a dosiahnuť tak požadovanú čistotu
  - sklo sa pripravuje po jednotlivých tenkých vrstvách, čím sa dá získať požadovaná štruktúra v podobe jemných profilov indexu lomu
- **preforma** už obsahuje dva materiály s rozdielnym indexom lomu
  - **jadro** OV je z materiálu  $\text{SiO}_2$  ( $n_1$ )
  - **plášťa** OV je tiež z materiálu  $\text{SiO}_2$ , ale obsahuje prímеси, napr. Ge ( $n_2$ )
- sú používané **dva spôsoby** (ale viac technológií):
  - **usadzovanie** preformy z chloridov Si a Ge **na kovovú tyč** (veľmi presné, pre zložité indexy lomu, avšak pomalé)
  - **nanášanie** materiálu jadra **na vnútornú stranu sklenenej trubice** (použíwanejší, rýchlejší spôsob)



# KLASICKÁ TECHNOLOGIA VÝROBY PREFORMY

niekedy tiež nazývaná „tyčka v rúrke“

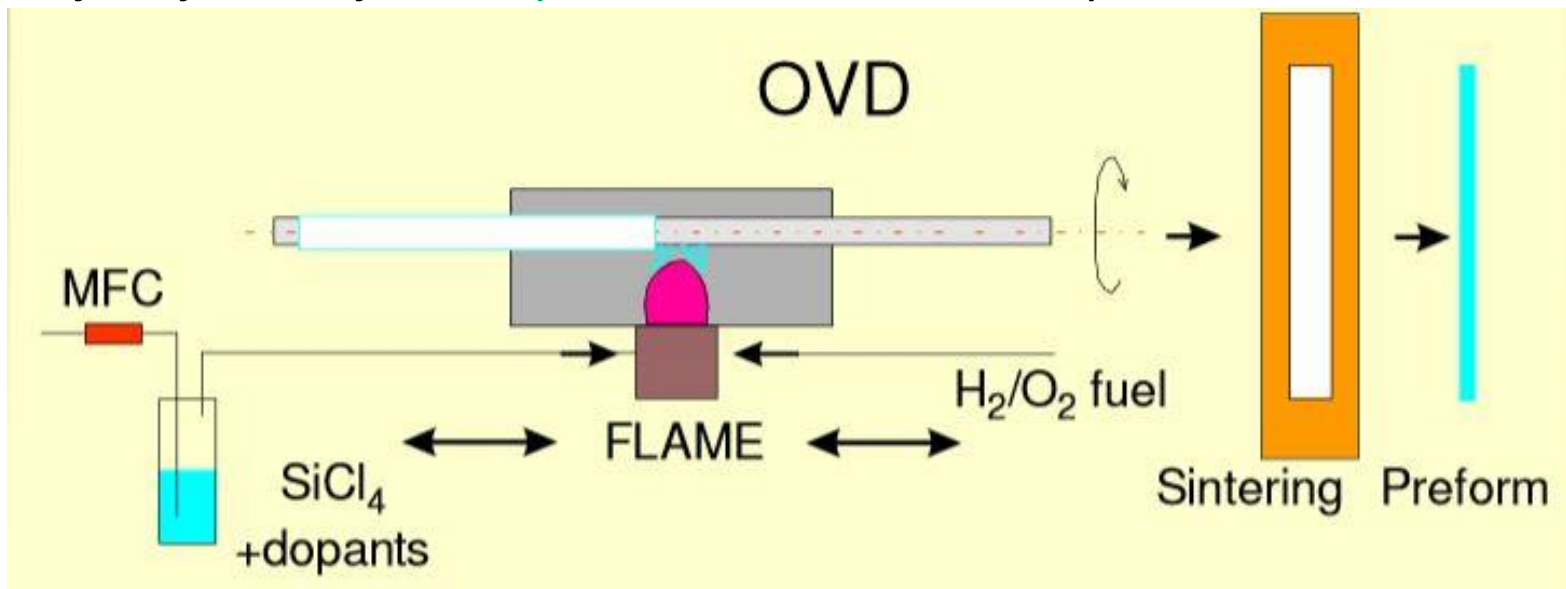
- jednoduchá technológia, ktorá umožňuje vyrábať len vlákna so skokovým indexom profilu lomu (SI)
- **preforma** je zložená z dvoch častí:
  - vnútornú časť tvorí valec s indexom lomu jadra OV ( $n_1$ )
  - vonkajšiu časť tvorí dutá tyč s indexu lomu plášťa OV ( $n_2$ )
- valec sa umiestni do dutej tyče a ako celok sa preforma nechá zapiecť
- jedná sa o pomerne **lacnú technológiu**, ktorou sa nedajú dosiahnuť **malé útlmy**, pretože tu nie je riadené rozhranie medzi jadrom a plášťom



# TECHNOLÓGIA VÝROBY PREFORMY

## OVD (Outside Vapour Deposition)

- princíp spočíva v horizontálnom **nanášaní vykurovacieho plynu** (najčastejšie sa jedná o vodík alebo metán) obohateného o  $\text{SiCl}_4$  a  $\text{GeCl}_4$  **na nosný prvok**, ktorý sa **otáča okolo svojej osi**
  - po ukončení depozície je preforma umiestnená do pecky, kde je **vysušovací plyn**, ktorý na seba viaže  $\text{OH}^-$  ióny
- **nevýhodou** technológie je **výroba nosného člena**, ktorý musí byť veľmi tenký a pevný
- OVD je najvhodnejšie na **výrobu GI MM vlákien** dĺžky **do 100 km**

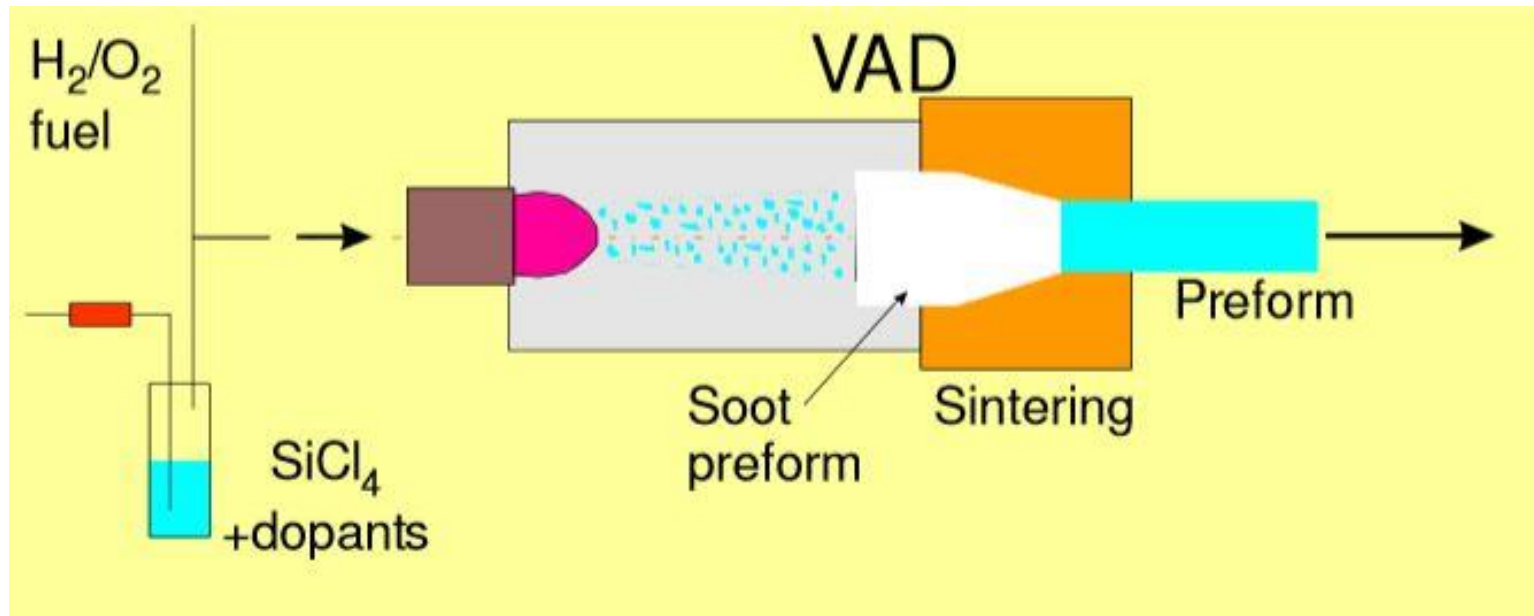




# TECHNOLÓGIA VÝROBY PREFORMY

## VAD (Vapour Axial Deposition)

- technológia umožňujúca vytváranie takmer **sklo akéhokoľvek profilu indexu lomu**
  - preforma sa vytvára **nanášaním dopovanej skloviny na koniec zárodku**
  - potom putuje do komory napustenej **vysušovacím plynom**, ktorý na seba viaže ióny  $\text{OH}^-$
  - v poslednej fáze sa preforma umiestni do **piecky**, kde sa jednotlivé vrstvy spoja



# TECHNOLÓGIA VÝROBY PREFORMY

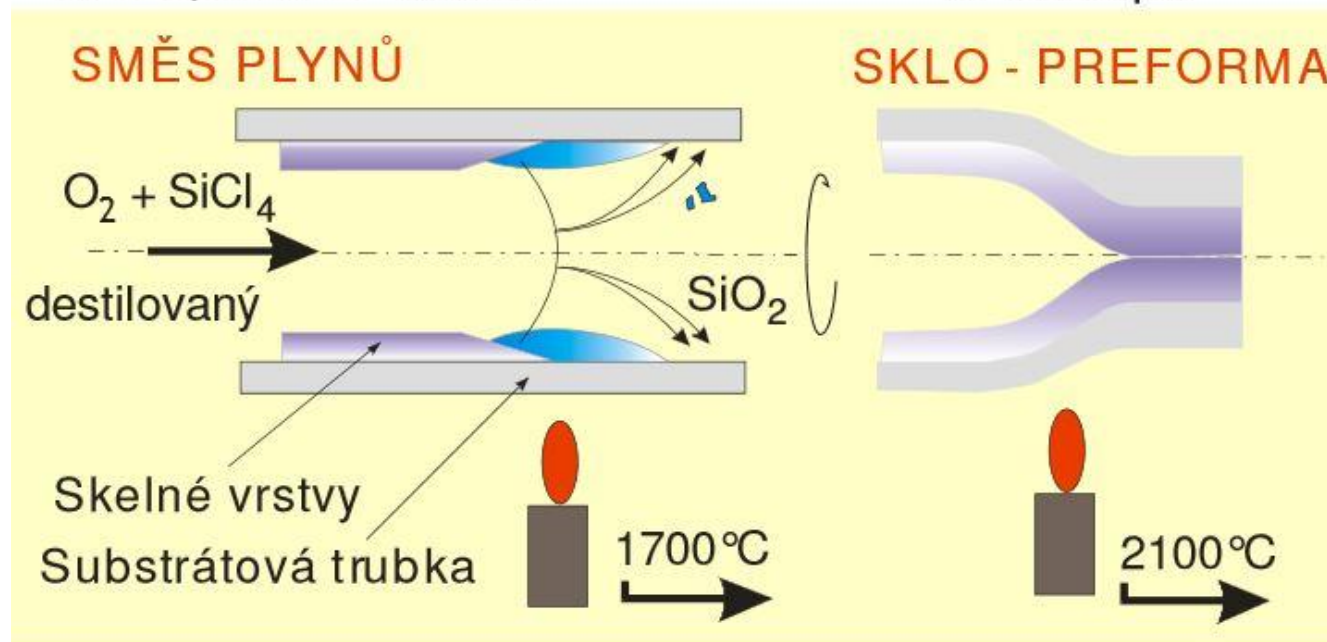
## MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)

jedná sa o modernú technológiu výroby optických vlákien

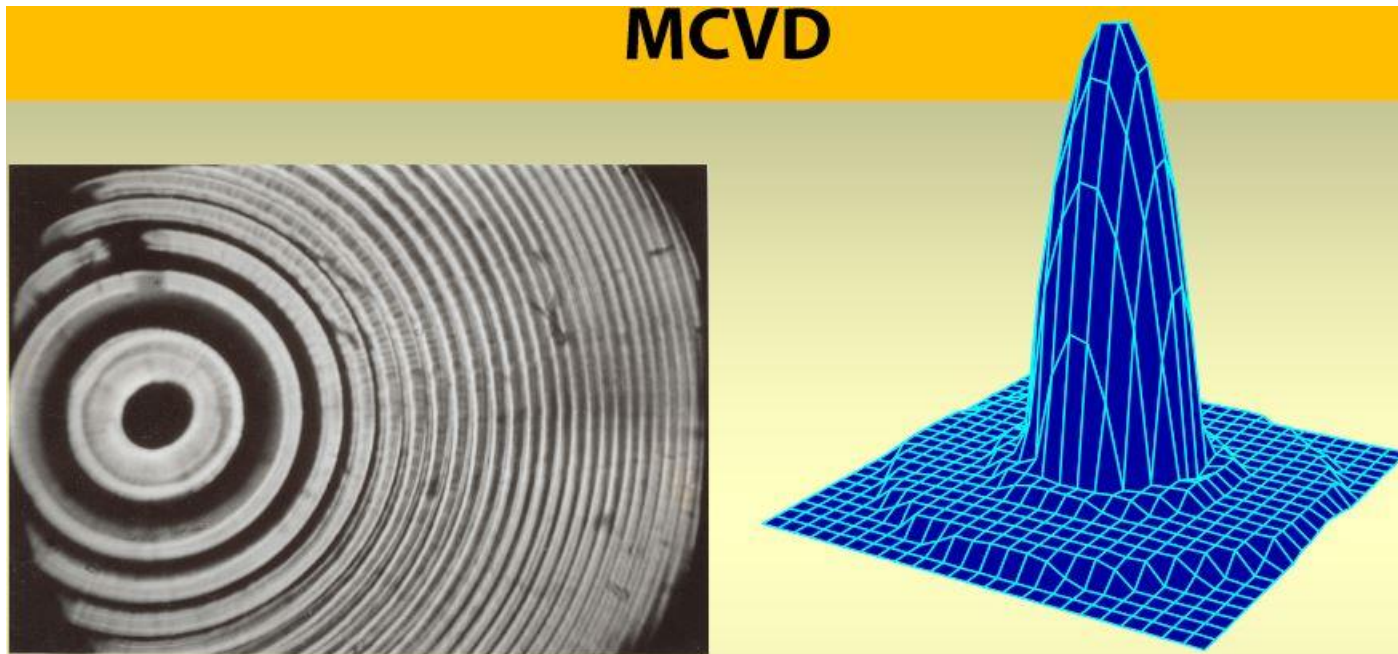
- do rotujúcej sklenenej tyče je pustený chemický plyn, ktorý sa usadzuje na rozžeravenej sklenenej vrstve
- plyn sa postupne usadzuje a vytvára požadovaný index lomu
  - proces trvá niekoľko hodín a po dokončení usadzovania je dutá tyč (rúrka) uložená do pecky, kde je zmrštená

1. Depozície vrstev

2. Kolaps



- postupná depozícia tenkých sklených vrstiev (hrúbka 1-10  $\mu\text{m}$ ) na vnútornú stranu trubice => preforma (tyčka)
- vysoká čistota ( $\sim 10^1$  ppb nečistôt), vysoká presnosť (>1 %)



Mikrofoto rezu preformy

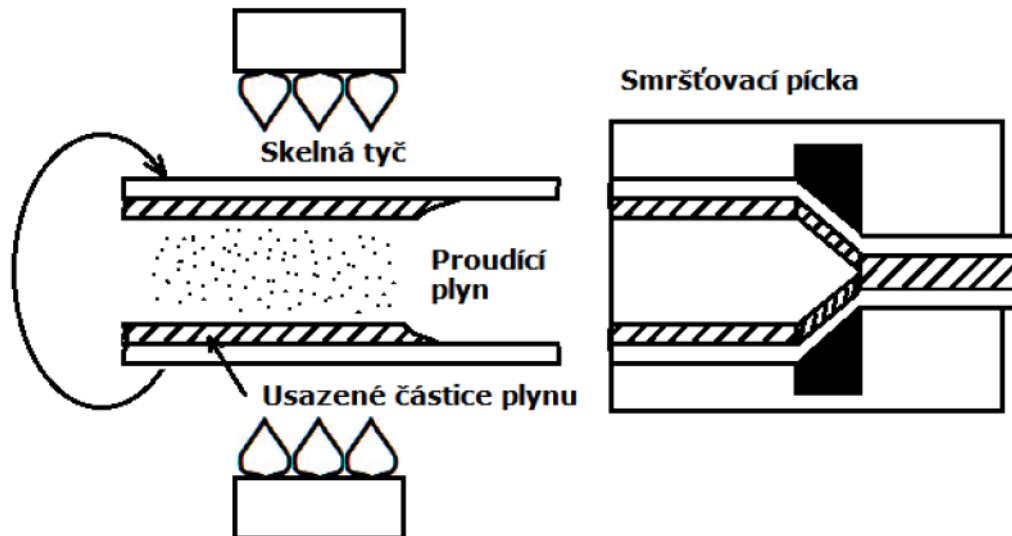
Tomografia profilu indexu lomu preformy

# TECHNOLÓGIA VÝROBY PREFORMY

## PCVD (Plasma-activated Chemical Vapour Deposition)

v dnešnej dobe sa jedná o najakostnejšiu technológiu výroby optických vlákien

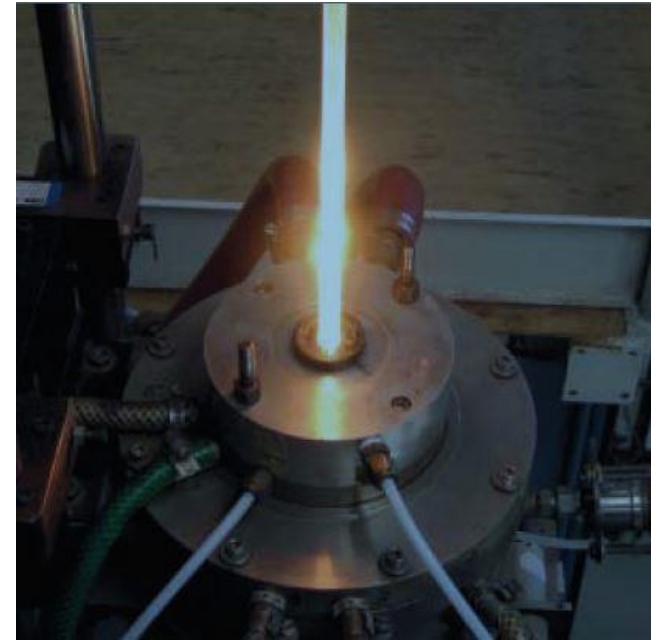
- do sklenenej tyče je pustený dopovaný plyn, ktorý sa ukladá len na miestach so zvýšenou teplotou
- PCVD je veľmi presná technológia, ktorá umožňuje vytvárať vrstvy široké  $0,1 \mu\text{m}$
- metóda sa používa len zriedkavo, pretože je nákladná a pomalá



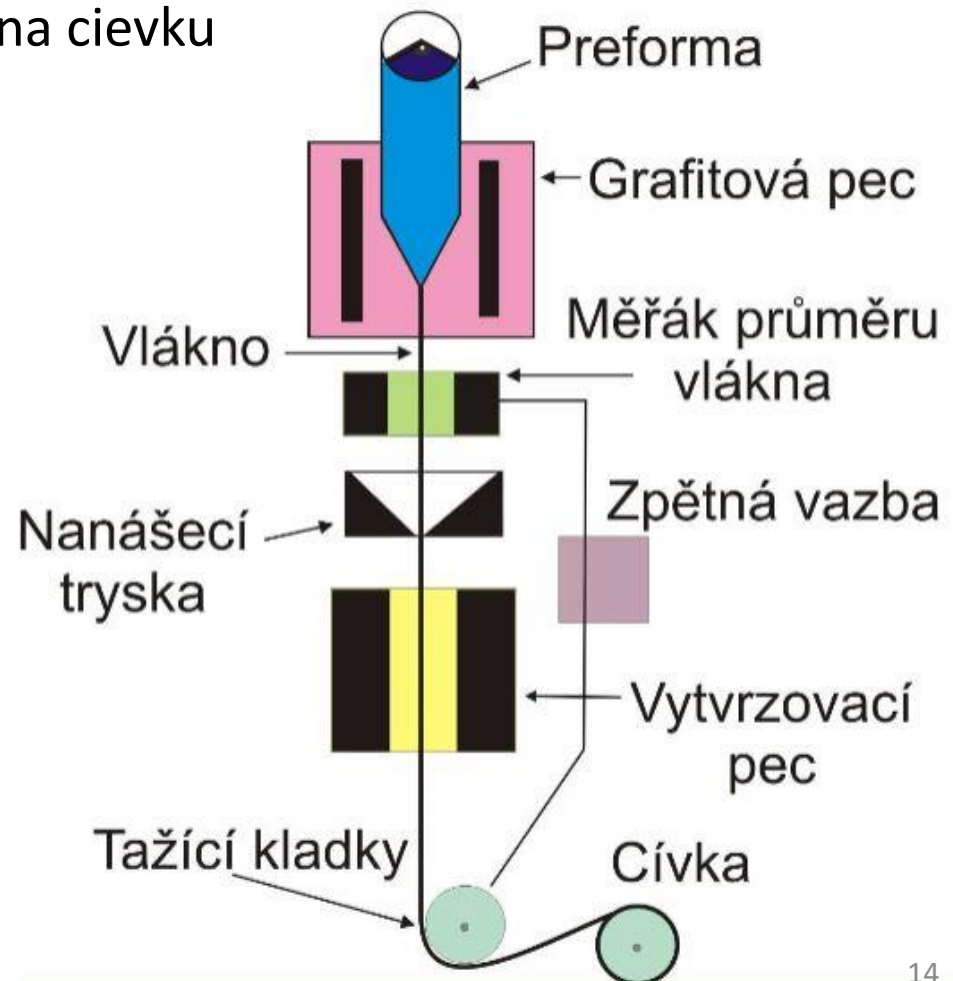
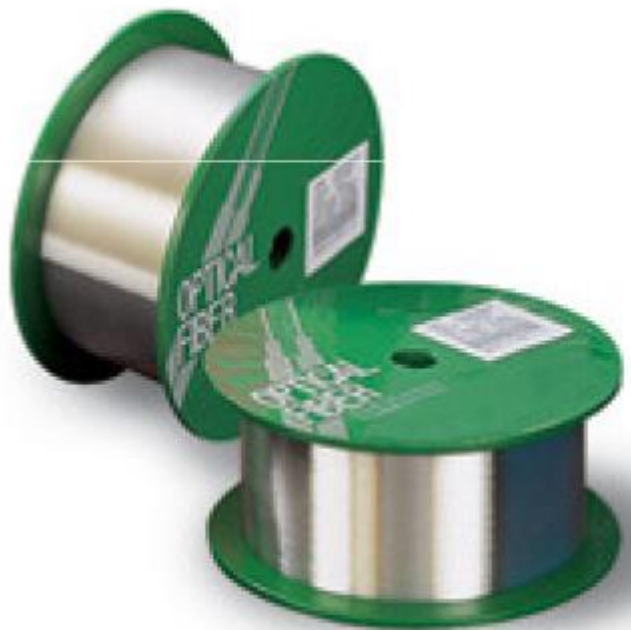
# Výroba OV ťahaním

Hotová preforma sa v druhom kroku zavesí **do pece ťahačky optických vlákien**, v ktorej sa využíva zemská gravitácia (zemská príťažlivosť)

- **preforma** je uchytená v zvislom smere a spodný koniec je zohriaty laserom na teplotu 2 000 °C
- po **rozohriatí na 2 000 °C z neho odkvapne kvapka**, ktorá za sebou ťahá tenké vlákno
- to je uchopené do **navíjacieho zariadenia**, ktoré musí byť v rýchlej spätnej väzbe s bezkontaktným **meraním** jeho priemeru
  - pokiaľ prístroj zaznamená menšiu hodnotu ako 125 μm, zvýši sa teplota ohrevu a naopak
  - priemer vlákna sa meria s presnosťou na 1 μm a kontrola presnosti prebieha 750x za sekundu
  - tým je zaistená stabilita priemeru vlákna, ktorá je dôležitá pre ďalšie spracovanie a použitie

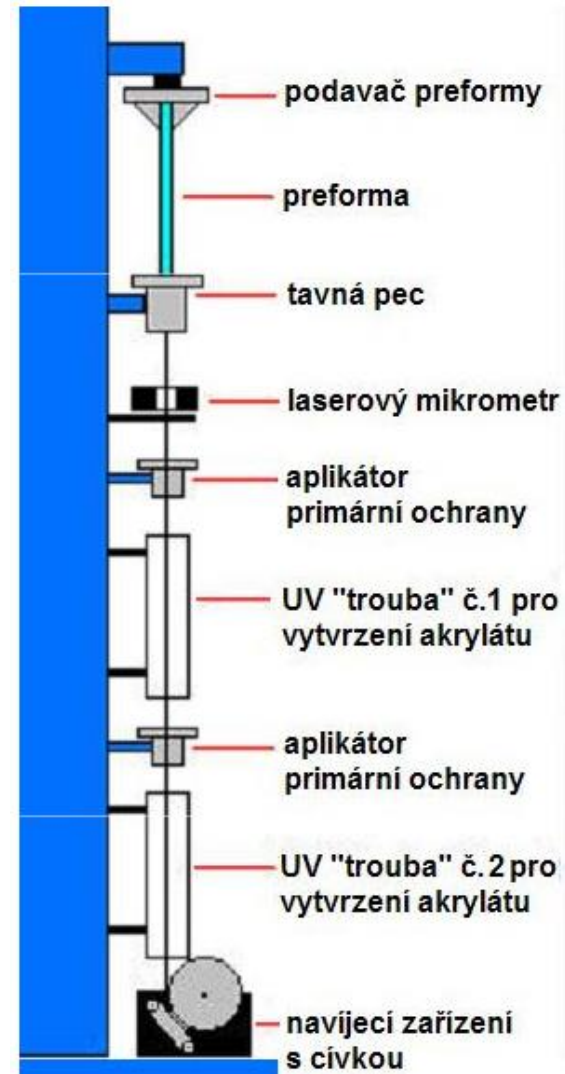


- rýchlosť ťahania vlákna sa pohybuje okolo 300m/min.
- aby sa **zabránilo krehnutiu vlákna a zaistila sa jeho ohybnosť**, musí byť na sklenený povrch kontinuálne **nanášaná vrstva polyméru**, ktorá chráni sklenenú časť vlákna pred vlhkosťou a vonkajšími mechanickými vplyvmi
- nakoniec je vlákno navinuté na cievku



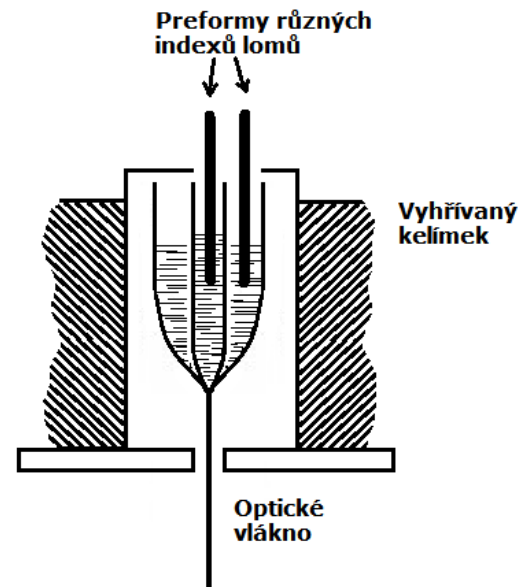


## Obr. Výroba (ťahanie) OV



# Výroba OV pomocou dvojitého kelímka

- princíp tejto metódy spočíva v **dvoch „téglikoch“**
- každý z nich je naplnený **materiálom s rôznym** indexom lomu
- na vyústenie predhriateho kelímka **smeruje laser**, ktorý **reguluje teplotu**, a tým aj **rýchlosť ťahania** OV
- pomocou tejto metódy môžeme vyrobiť **veľmi dlhé vlákna**, a to dokonca **aj s gradientným** profilom indexu lomu
- **nevýhoda technológie** je v tom, že sa do vlákna dostávajú čiastočky kelímkov, ktoré zvyšujú straty



# Optické káble

- OV sú veľmi citlivé na mechanické namáhanie a ohyby, a preto ich ochranu musí zabezpečovať svojim konštrukčným riešením **optický kábel**, ktorý okrem jedného alebo viacerých OV obvykle obsahuje aj vhodnú výplň (ochranné vrstvy), zaisťujúce potrebnú mechanickú odolnosť

## VLASTNOSTI OPTICKÝCH KÁBLOV

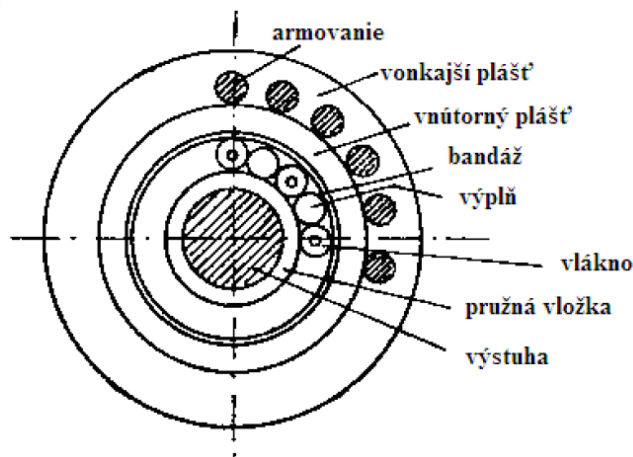
- **ochrana** OV proti oderu a iným druhom mechanického poškodenia
- **ochrana** OV proti vlhkosti
- **stabilizácia** prenosových charakteristík OV
  - ochrana OV pred makroohybmi
- **ťahová** sila kábla
- **identifikácia** a hromadné **spojenie** OV

# ROZDELENIE OPTICKÝCH KÁBLOV

- optické káble sú vyrábané v neprebernom množstve kombinácií vlákien a ochrán
- je veľmi dôležité vybrať kábel vhodný práve do daného prostredia a pre danú aplikáciu
- podľa **konštrukčného usporiadania** môžeme káble rozdeliť na:
  - káble jedno- a viacvláknové
  - káble s voľnou a pevnou ochranou vlákna
  - káble so stredným alebo vonkajším silovým prvkom
  - káble s kruhovou alebo pásikovou geometriou
- podľa **prostredia použitia** môžeme káble rozdeliť na:
  - vnútorné (Indoor)
    - žľaby, rošty, „husí“ krk, stúpačky, zdvojené podlahy
  - vonkajšie (Outdoor)
    - chráničky, žľaby, rošty zemné vedenia, závesné vedenia



# Konštrukcia optického kábla



- ako súčasť výrobného procesu je na vlákno nanosená **primárna ochrana**
- okrem primárnej ochrany môžu byť optické vlákna chránené aj sekundárnou ochranou (buffer coating)
  - má zamedziť vzniku makroohybov

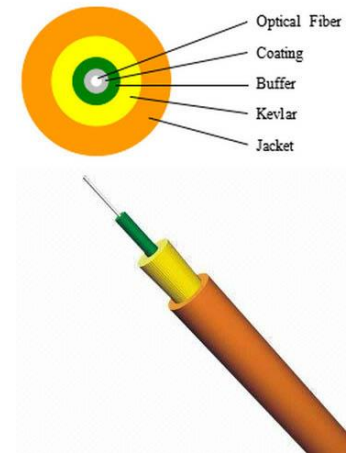
**Sekundárna ochrana** je vytvorená

- pokrytím ochrannou vrstvou – **tesná sekundárna ochrana**
  - poskytuje ochranu proti stratám makroohybmi (priemer cca 0,25mm až 1mm)
- vlákno voľne uložené do ochrannej trubky – **voľné uloženie** v pevnej bužírke (voľná sekundárna ochrana)
  - je vytvorená dutina, do ktorej je uložené OV a je malá pravdepodobnosť vzniku makroohybov (priemer cca 1mm až 2mm)
- variantom **voľného uloženia** je uloženie v dutine ochrannej rúrky (trubičky) **naplnenej špeciálnou zmesou** olejov, silikónovou zmesou alebo inou vláčnou hmotou (vyplnená sekundárna ochrana)
  - variant voľnej sekundárnej ochrany, t.j. hneď po vložení OV do dutiny je táto naplnená špeciálnou zmesou odolnou voči vlhkosti,...



# Jednovláknové optické káble (Simplex)

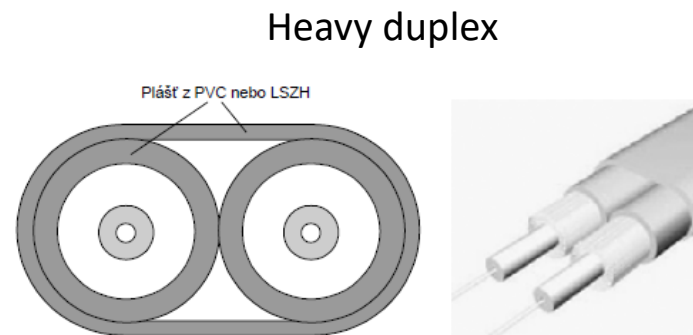
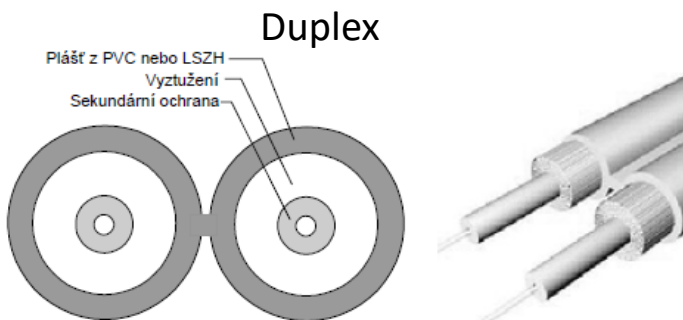
Jednovláknové optické káble – typické usporiadanie



- okolo OV (jadro, plášť, ochrana) je vytvorený obal zo spevňovacích vlákien
- obal (plášť kábla) môže byť vyrobený z rôznych materiálov, ako napr. z PVC, tefzelu kombinovaného s kevlarom, môže byť jednoduchý alebo dvojité, chránený kovovým povlakom, atd.
- jednovláknové káble sú nazývané tiež káble **simplex**
  - sú vyrábané z rôznych typov OV a rôznych dĺžok v závislosti na aplikácii a požiadavkách zákazníka
  - používané sú väčšinou na špeciálne účely alebo pre **prenos na krátke vzdialenosti**, kedy môže byť kábel pre zvýšenie prenosovej kapacity ľahko vymenený

# Dvojvláknové optické káble (Duplex)

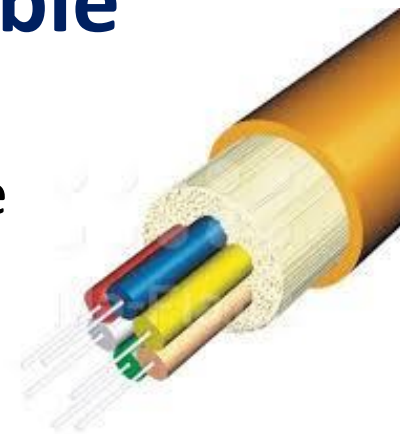
Dvojvláknové optické káble – typické usporiadanie



- umožňuje realizáciu **obojsmerného spojenia**
- je vyrábaný ako s **SM** tak aj s **MM** vláknami (62.5 aj 50/125  $\mu\text{m}$ )
- pre náročnejšie prostredie je určený **zosilnený kábel duplex** označovaný ako „**heavy duplex**“
  - tento typ kábla má navyše jeden plášť z PVC alebo LSZH
  - tým je zaistená väčšia odolnosť kábla proti vplyvom prostredia

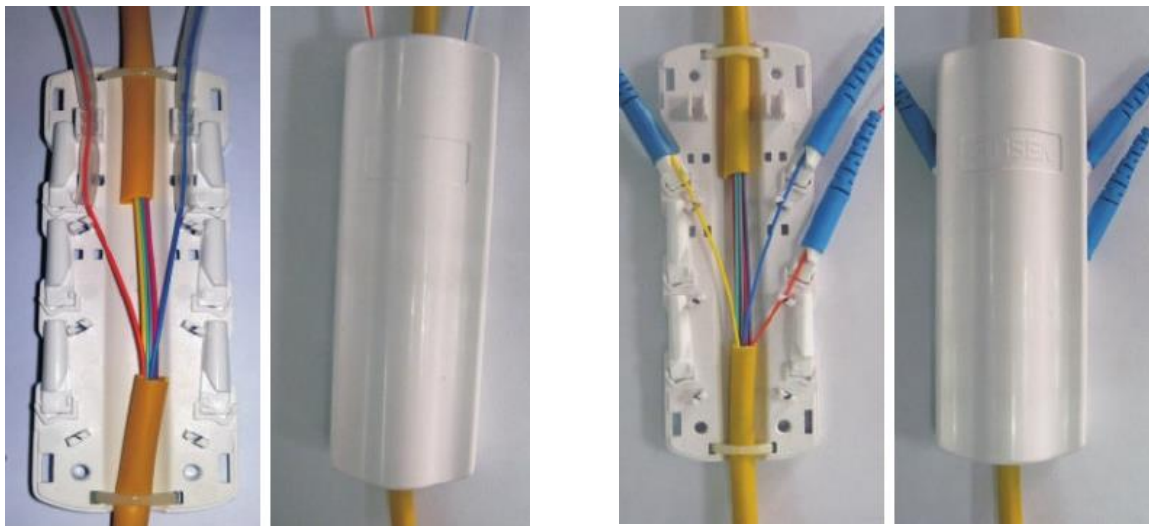
# Viacvláknové optické káble

Viacvláknové optické káble – typické usporiadanie



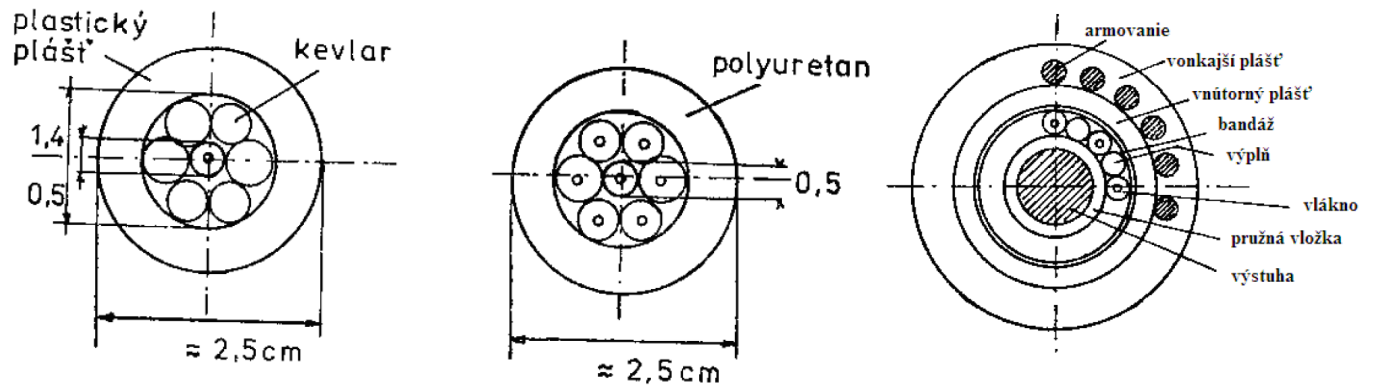
- okolo optických vlákien je vytvorený **obal zo spevňovacích vlákien**
- plášť môže byť vyrobený z rôznych materiálov
- viacvláknové káble sú spravidla používané pre **diaľkové transfery**
- sortiment vyrábaných káblov z hľadiska spôsobu a účelu použitia je veľmi široký
- aby bola využitá pomerne dlhá životnosť optických káblov, je výhodné budovať novú optickú trasu s ohľadom na možné budúce zmeny a možnosti rozšírenia

- **hlavné vlastnosti** viacvláknových optických káblov pre komunikácie:
  - najčastejšie počty vlákien sú: 6, 8, 12, 16, 24, 36, 48, 64, 96, 120, 144
  - nutná **ochrana proti vlhkosti** – gély
  - ochrana proti mechanickému poškodeniu - tuhá ochrana, pokládka do ochranných trubičiek (rúrok), ochrana kevlarom - proti chrobákovi (kevlar je obchodný názov umelej hmoty, ktorá má veľkú mechanickú odolnosť, používa sa napr. tiež na výrobu nepriestrelných viest)
  - **výrobné dĺžky** najčastejšie 2, 4 alebo 6 km
  - spájanie optických káblov v **káblových spojkách** - nutná ochrana proti vlhkosti a ďalším vplyvom
    - v každej káblovej spojke je nutné spojiť všetky OV – najčastejšie pomocou zvaračky optických vlákien
    - ďalšou možnosťou je spájanie pomocou konektorov



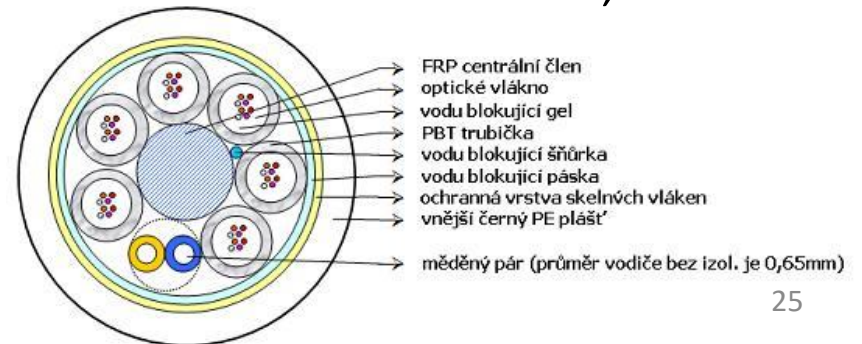
# Optický kábel s kruhovou geometriou

- z hľadiska celkovej konštrukcie kábla je vhodné v prípade **jednovláknového kábla** umiestniť toto vlákno do osi kábla a ostatné zložky umiestniť okolo neho s prípadnými odpružovacími vrstvami medzi nimi



- pri **mnohovláknovom kábli** sa vlákna zvinú do dlhého závitú okolo nosného stredného člena

- vlákna musia byť zaistené v polohách ďalšími vrstvami vlákien, bandážami a pod.



## konštrukcia optického kábla

- kábel obsahuje určitý počet jednoduchých káblov (simplex)
- **stred kábla** je tvorený výstuhou – pevnostným členom (napr. oceľovým drôtom potiahnutým izolačným materiálom, plastické vlákna, viacnásobné textilné vlákna, sklenené vlákna alebo karbónové vlákna)
  - pevnostný člen slúži k ochrane kábla pri jeho napínaní
- kábel ďalej obsahuje **rúrky**, v každej z nich je maximálne 12 vlákien
- medzi vonkajším obalom (plášťom kábla) a vnútrajškom kábla je **výstuha** pomocou kevlaru (karbónové vlákna)
- **vonkajší plášť** môže byť podľa toho, či je kábel určený pre vnútorné alebo vonkajšie použitie, vyrábaný z
  - PVC
    - polyvinylchlorid je používaný pre vnútorné inštalácie
    - jeho nevýhodou je toxicita, pri horení vytvára jedovaté plyny
  - PE
    - polyetylén (termoplast) je používaný pre vnútorné inštalácie
    - v ideálnom prípade PE zhorí na oxid uhličitý a vodu, čím nepredstavuje taký veľký ekologický problém (napr. pri spaľovaní PVC vzniká aj chlorovodík)



- materiály typu LSZH (Low Smoke Zero Halogen)
  - jedná o kábel pre vonkajšie aj vnútorné použitie
  - je odolný voči požiaru a vonkajšiemu žiareniu,
  - pri požiarí netvorí jedovaté plyny
  - prednostne sú káble s takýmto typom obalu používané do uzavretých priestorov, ako sú tunely, nemocnice, miestnosti s výpočtovou technikou, atď.
  - nahrádzajú PVC
- prípadne HDPE (High Density Polyethylene)
  - polyetylén vysokej hustoty je používaný v rôznych technických disciplínach vrátane automobilového priemyslu
  - má veľmi dobré mechanické vlastnosti

### Srovnání parametrů

	LSZH	PE
Pevnost v tahu	+++	++++
Flexibilita	+++	++
Odolnost proti vlhkosti	+	++++
UV stabilita	+++	++++
Odolnost proti oděru	++	++++

### Standardy

	LSZH	ULSZH
Hořlavost	IEC 60332-1	IEC 60332-1
Kouřivost	IEC 60332-3	IEC 60332-3
Tvorba plynů na bázi Cl	IEC1034	IEC 1034
Toxicita	IEC 60754-1	IEC 60754-1
	NES 713	NES 713

jeden kabel  
svazek kabelů

### Další používané materiály:

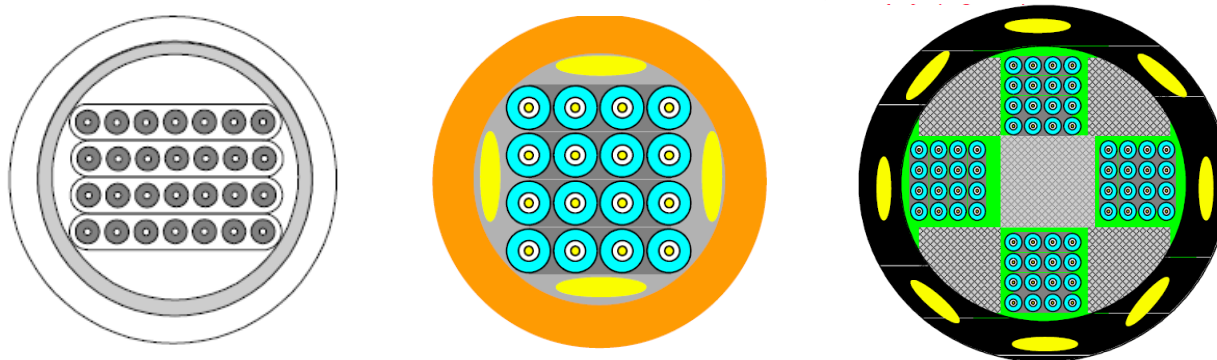
plášť - NYLON, PU

tahové prvky – FRP, kevlar/aramid

armování – ocel, skelná vlákna, keramika

# Optický kábel s páskovou geometriou

- u páskového usporiadania optického kábla je **ľahké určiť** vybrané vlákno
  - z toho dôvodu je **ľahšie spájanie** OV (káblov)
  - je taktiež možné využiť **spojovaciú techniku**, ktorá pracuje s celou vrstvou páskového kábla namiesto spájania jednotlivých vlákien



Porovnanie niektorých vlastností páskového a kruhového usporiadania

Typ kábelu	kruhový	páskový
Využití prostoru	nízke	vysoké
Pravděpodobnost vzniku mikrohybu při výrobě	malá	velká
Snadnost manipulace a identifikace vláken	složitá	snadná
Snadnost oprav spojení	špatná	dobrá
Obtížnost výroby	malá	velká

# Najbežnejšie typy používaných optických káblov

Simplexné (jednovláknové) káble



- využívajú sa najmä na výrobu **optických prepojovacích patchcordov**, vo výnimočných prípadoch na prepojenia bod – bod
- jedná sa o vnútorné káble s LSZH plášťom, pod ktorým je vlákno v tesnej alebo polotesnej sekundárnej ochrane



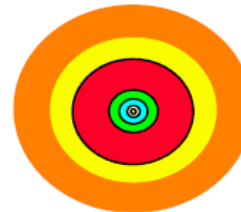
Optické jadro

Obal

Primárni  
ochrana

**Silový prvek**  
(Aramidová príže)

**Vnější plášť** (PVC, LSOH)



**Tight Tube**

Průměr 1,8 nebo 2,8mm



# Duplexné (dvojvláknové) káble



- sú určené na výrobu **optických prepojavacích patchcordov** a na jednoduché prepojenia **bod – bod v budovách**
- sú to vnútorné káble s LSZH plášťom, kevlarom a vláknami v tesnej alebo polotesnej sekundárnej ochrane



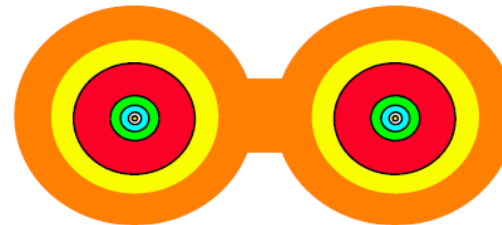
Optické jadro

Obal

Primárni ochrana

**Silový prvok**  
(Aramidová príže)

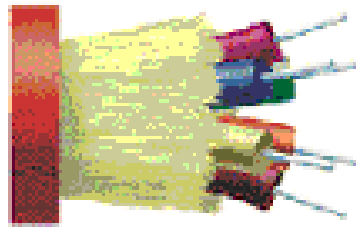
Vnější plášť (PVC, LSOH)



**2x Tight Tube**  
Průměr 2x1,8 nebo 2x2,8mm



# UNI (univerzálne) káble



- s vláknami v tesnej sekundárnej ochrane, sú vhodné na **vnútorné aj vonkajšie použitie**
- **bezgélová konštrukcia** a samozhášací LSZH plášť vylučuje šírenie plameňa v prípade požiaru
- sú to miniatúrne káble, takže do káblovej chráničky sa môžu zaťahovať, nie zafukovať
- najčastejšie sa dodávajú s 4, 8 alebo 12 vláknami



Optické jadro

Obal

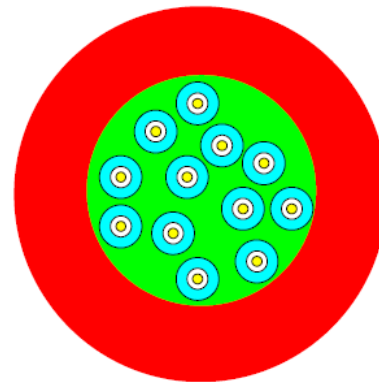
Primárni ochrana

Gel

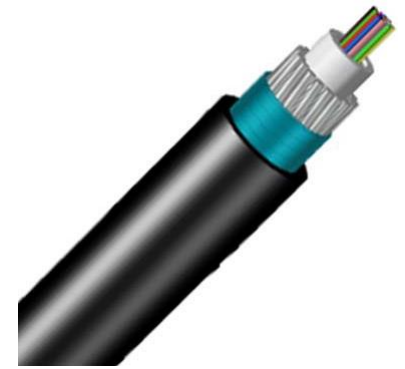
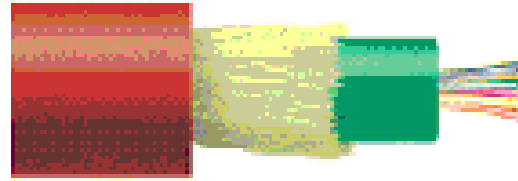
(zabraňuje prúniku vody)

**Loose tube trubička**

**(PE, PA)**



# UNI Tube (univerzálne) káble



- majú vlákno v primárnej ochrane v **centrálnej trubičke plnenej gélom**
- sú to miniatúrne káble, kvôli svojej konštrukcii vhodnejšie na **vonkajšie použitie**
- tieto káble bývajú spravidla max. 12 vláknové, s LSZH alebo PE plášťom



Optické jadro

Obal

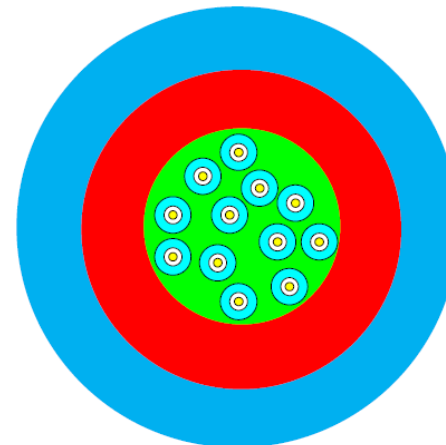
Primárni  
ochrana

Gel

(zabraňuje prúniku vody)

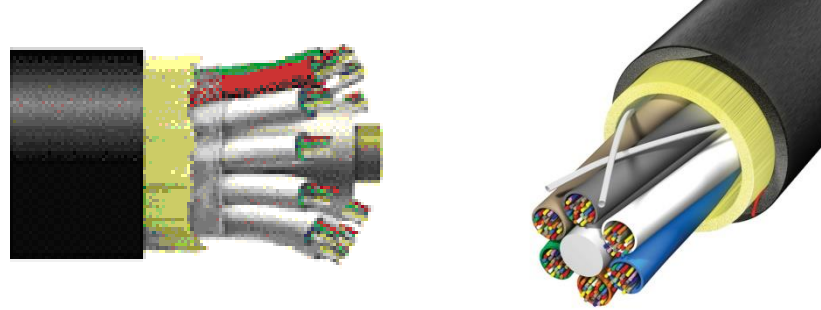
**Loose tube trubička**  
(PE, PA)

**Vnější kabel. plášť**  
(PE, PA, LSOH)





# Loose Tube (vonkajšie) káble



- majú **dielektrický centrálny prvok**, okolo ktorého sú gélom plnené trubičky s vláknami v primárnej ochrane, vodublokujúca páska, kevlar a PE plášť
- sú vhodné na zafukovanie aj zaťahovanie do káblových chráničiek, väčšinou sa používajú na **dial'kové singlemódové trasy** (chrbticové)
- max. **120 OV** v kábli



Optické jadro

Obal

Primárni ochrana

Gel

(zabraňuje prúniku vody)

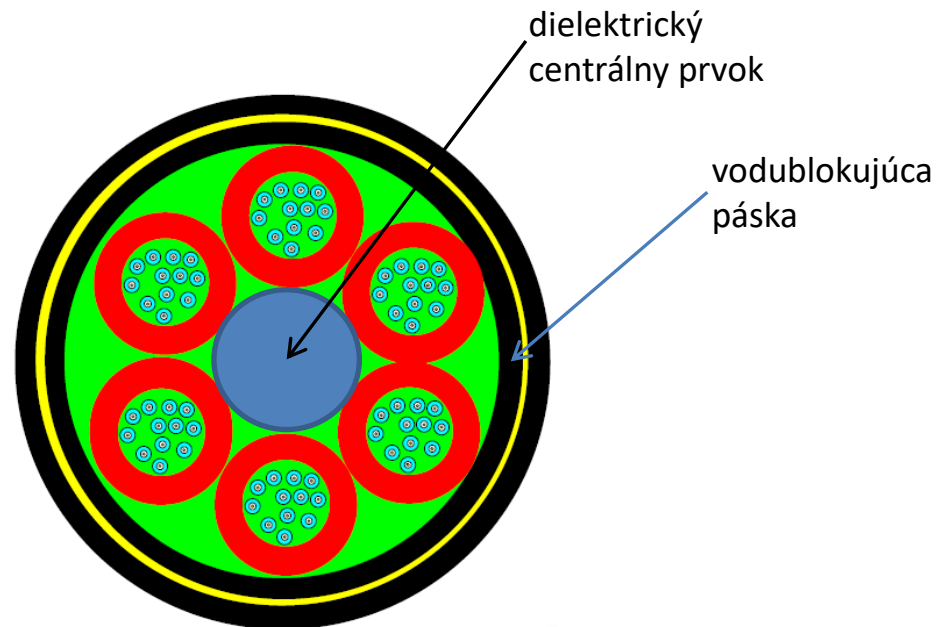
Silový prvok

(Aramidová príže)

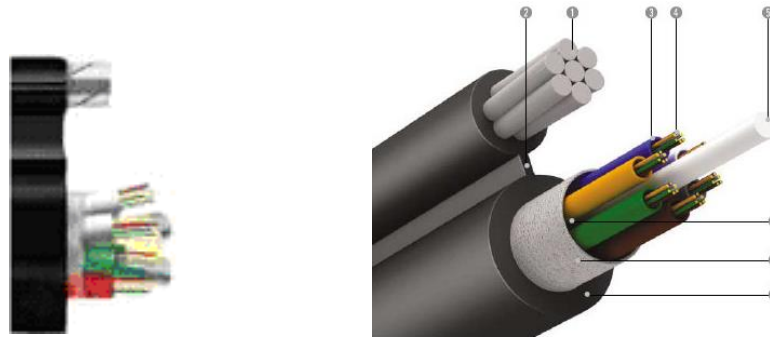
Loose Tube prvky

Vnější plášť (PE)

(ohnivzdorné, UV odolné)



## Samonosné káble



- sú rovnakej konštrukcie ako káble Loose Tube, ale v plášti majú integrované oceľové nosné lano
- okrem takýchto káblov tvaru číslice 8 existujú aj samonosné káble ADSS, ktoré majú dielektrický nosný prvok vo vnútri kábla (v centrále)

## Multivláknové káble (vnútorné) s pásikovým usporiadaním

- sú podobnej konštrukcie ako káble Duplex
- využívajú sa hlavne pre **horizontálne rozvody**



Optické jadro

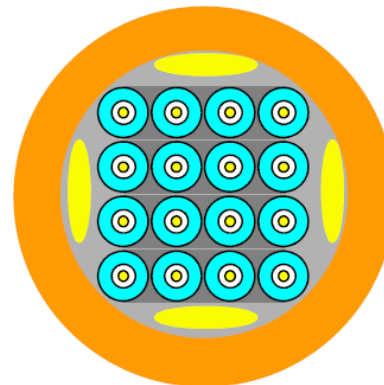
Obal

Primární ochrana

**Silový prvok**  
(Aramidová pŕíže)

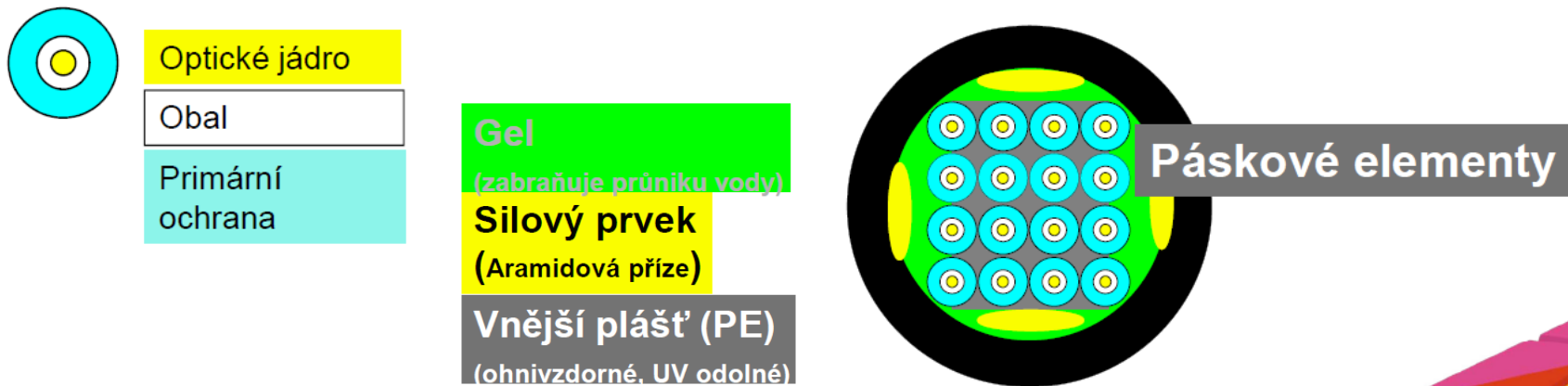
Páskové elementy

Vnější plášť (PVC, LSOH)



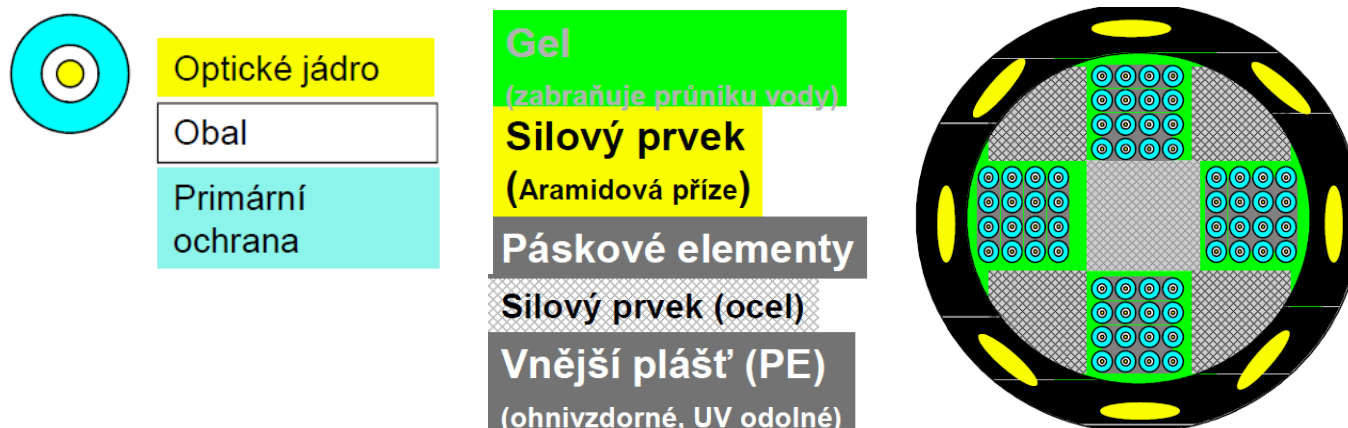
## Multivláknové káble (**vonkajšie**) s pásikovým usporiadaním

- sú podobnej konštrukcie ako káble Loose Tube
- využívajú sa hlavne pre **chrbticové siete (s gélom)**



## Multivláknové káble (**vonkajšie**) s pásikovým usporiadaním

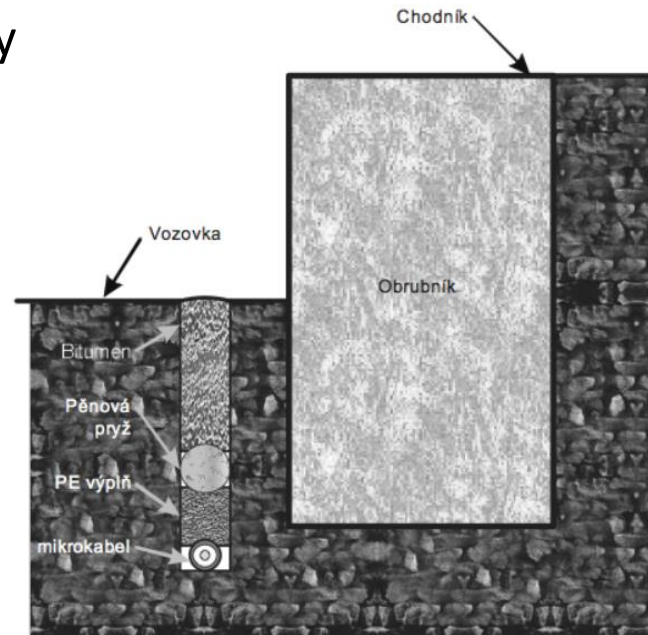
- sú podobnej konštrukcie ako káble Samonosné
- využívajú sa hlavne pre **chrbticové siete (s gélom) do max. 180 vlákien**



# BUDOVANIE OPTICKEJ LINKY (TRASY)

## (Inštalácia optických káblov)

- Inštalácia optických káblov do káblovej chráničky
  - Metóda zafúknutia kábla do chráničky
  - Metóda zatahnutia kábla pomocou lanka
  - Kombináciou metód zatahnutia a zafúknutia
  - Trasa sa delí na menšie úseky - káblové komory
- Osadením (zakopaním) priamo do zeme
- Závesnou metódou
- Mikrotrubičkovaním
- Osadením do káblových kanálov a líšt



## INŠTALÁCIA DO KÁBLOVEJ CHRÁNIČKY

- **Metódy**
  - metóda zafúknutia kábla do chráničky
  - metóda zatahnutia kábla pomocou lanka
  - kombináciou metód zatahnutia a zafúknutia
  - trasa sa delí na menšie úseky - káblové komory

## ■ Výhody

- ochrana kábla proti mechanickému poškodeniu
- ochrana optických vlákien proti hlodavcom
- ochrana kábla proti styku s vodou
- možnosť rozšírenia siete v budúcnosti bez ďalších výkopových prác (dofúknuť kábel či mikrotrubičky)





# INŠTALÁCIA PRIAMO DO ZEME

## ■ výhody

- nie sú potrebné chráničky, inštalácia v jednom kroku
- dobrá mechanická odolnosť armovaného kábla
- výhodné pre chrbticové spoje s vysokými počtami vlákien (OV)

## ■ nevýhody

- nutnosť použitia armovaných káblov - drahšia káblová konštrukcia





# INŠTALÁCIA ZÁVESNOU METÓDOU

## ■ výhody

- inštalácia bez výkopových prác
- celkovo lacné riešenie
- niekedy jediné riešenie

## ■ metódy

- podvesením pod nosné lanko
- samonosným káblom (kábel so samonosným lankom)
- ADSS kábel s ťažnými prvkami pod plášťom kábla



Obr. Kalkulácia ťahového napätia a previsu

Mosné lanko: Metalické lanko		7 x 1.32mm					
		doporučené napätí v tahu		7500N			
rozteč	počáteční průvės	stav	teplota	rychlos t větru	povolený průvės	napětí v tahu	
(m)	(%)		(°C)	(m/s)	(m)	(N)	
100	0,5	instalace	20	40	5,18	5 282	
		A	-40		5,11	5 357	
		B	70		5,24	5 222	
	1,0	instalace	20	40	7,16	3 834	
		A	-40		7,06	3 886	
		B	70		7,24	3 791	
	1,5	instalace	20	40	7,97	3 454	
		A	-40		7,87	3 496	
		B	70		8,06	3 416	
150	0,5	instalace	20	40	8,15	7 554	
		A	-40		8,07	7 630	
		B	70		8,23	7 448	
	1,0	instalace	20	40	11,83	5 230	
		A	-40		11,71	5 284	
		B	70		11,93	5 185	
	1,5	instalace	20	40	13,39	4 632	
		A	-40		13,25	4 678	
		B	70		13,50	4 593	

# Obr. Inštalácia optických káblov závesnou metódou

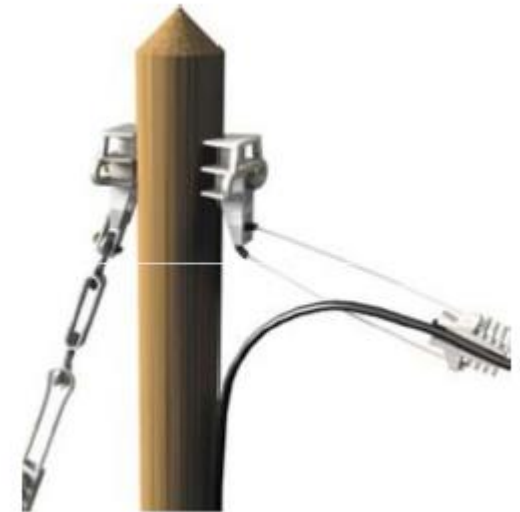
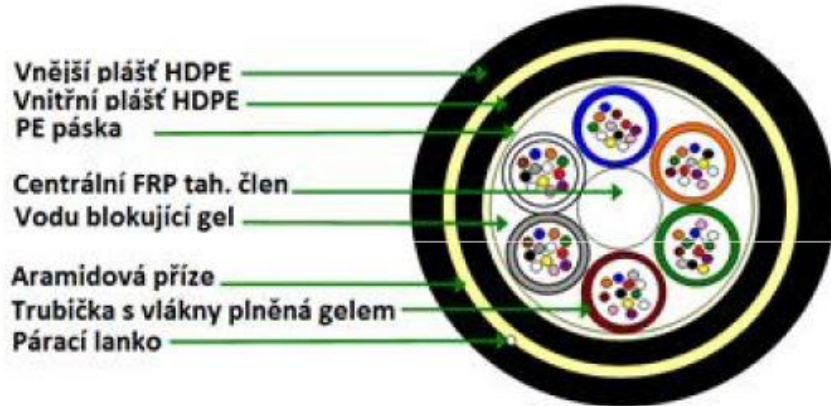


**SAMSUNG DROP 3mm**



# Obr. Inštalácia optických káblov závesnou metódou pomocou ADSS káblov a príslušenstva

- napr. 48 vlákien SI SM
- pre previsy do 100m

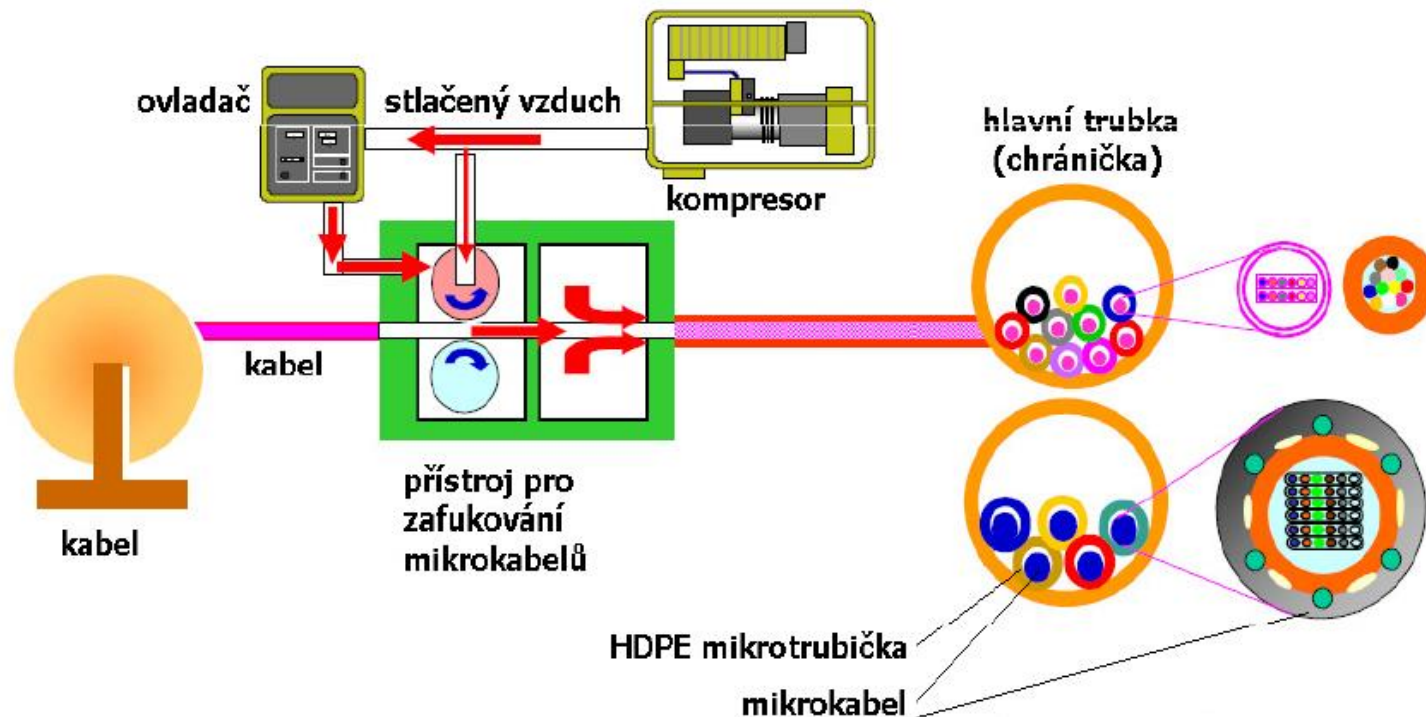




# INŠTALÁCIA MIKROTRUBIČKOVANÍM

## ■ výhody

- ľahká inštalácia a odinštalácia podľa potreby
- konfigurovateľnosť – rozložiteľnosť nákladov v čase
- možnosť meniť topológiu za chodu bez nutnosti výkopových prác
- malý priemer a nízka váha – ľahká manipulácia
- ideálne do pamiatkovo chránených objektov



## Obr. Výhody plochých zväzkov mikrotrubičiek



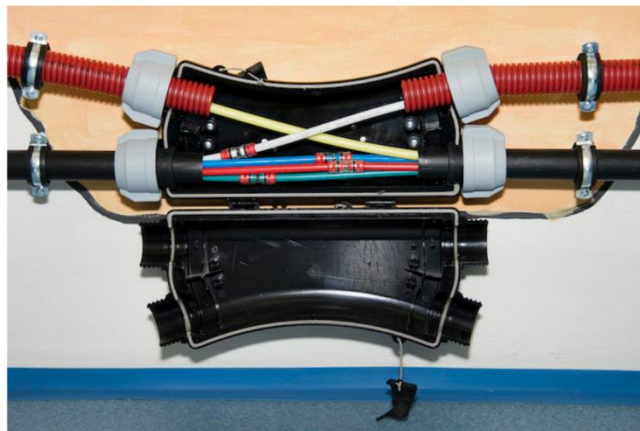
## ■ nevýhody

- potreba špeciálnych prístrojov
- celkovo väčšie zaobstarávacie náklady (drahšie - drahá práca a prenájom zafukovacej sady)





- Zafukovanie optického kábla do mikrotrubičky
- (VIDEO 1)



- **pred-osadené** HDPE rúrky s mikrotrubičkami
  - šetrí inštalačný čas aj peniaze
  - inštalácia v jednom kroku
  - možnosť individuálnych kombinácií/ farieb/ potlače
  - ideálny produkt pre FTTB a FTTH inštalácie



## ■ **zvázok** mikrotrubičiek

- šetrí inštalačný čas aj peniaze
- inštalácia v jednom kroku
- vynikajúce mechanické vlastnosti
  - hlavne pevnosť v lome/ ohybe
- možnosť individuálnych kombinácií/ farieb/ potlače
- ideálny produkt pre FTTB a FTTH inštalácie



# INŠTALÁCIA OSADENÍM DO KÁBLOVÝCH KANÁLOV A LÍŠT

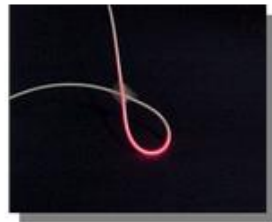
## ■ použite a vlastnosti

- pre inštalácie v budovách
- vhodné pre koncepty FTTx
- možný súbeh (v jednej lište) so silovými rozvodmi
- ľahká inštalácia (vlákna G657A)



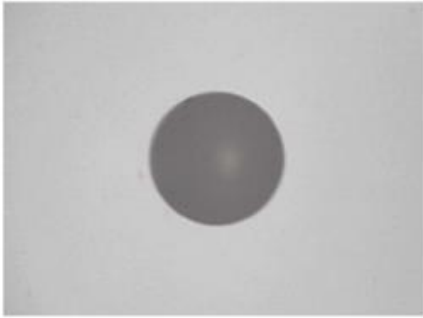
# Kontrola a meranie optických vlákien

- Merania pri budovaní optickej trasy (linky)
  - Meranie kontinuity pomocou vizuálneho merača porúch - červený laser
    - Jednoduché zistenie porúch optického vlákna viditeľným žiarením
    - (VIDEO2)

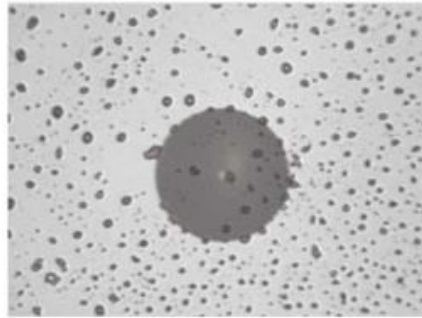


- Kontrola kvality čela optických konektorov (Videomikroskop (Mikroskop))
  - Je zariadenie, ktoré pomocou miniatúrnej kamery a optiky zobrazuje čelo optického konektora na displeji
  - Sonda videomikroskopu umožňuje nie len kontrolu ferule, ale aj kontrolu v konektorových spojkách a v rozvádzačoch
  - Videomikroskop – použitie aj za prevádzky(nemôže dôjsť k poškodeniu zraku)
  - (VIDEO 3)

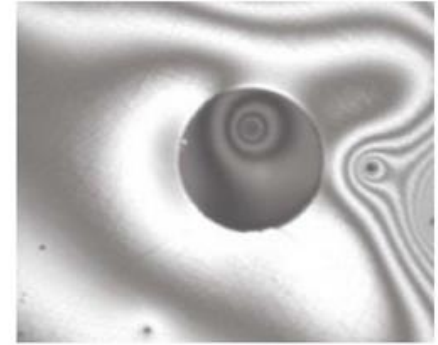




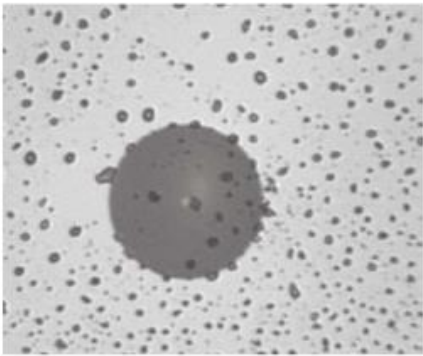
Čistý konektor



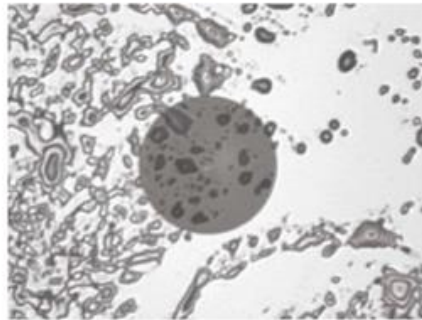
Špinavý konektor



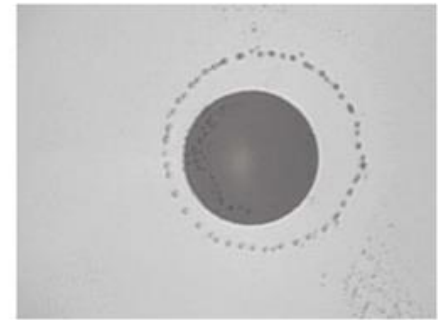
Konektor se zbytky  
isopropylakoholu před odpařením



Po odpaření isopropylakoholu

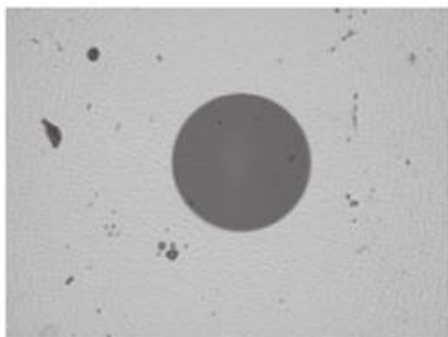


Konektor znečištěný mastnotou

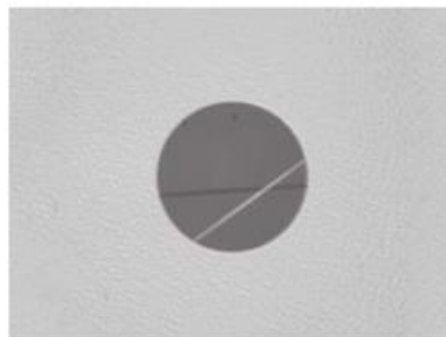


Otisknutá špína po spojení dvou  
konektorů





Poškozený a špinavý konektor



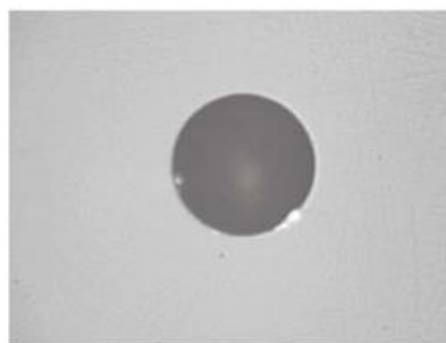
Poškrábaný konektor



Konektor „vyčištěný o košili“



Vylomený okraj vlákna (pláště vlákna) – vylomené sklo na přechodu vlákno-ferule (černé skvrny)



Vytečené lepidlo (epoxydové lepidlo) na přechodu vlákno-ferule (bílé skvrny)

- Meranie útlmu na optickej trase (útlm vlákna, spojok, konektorov, celej trasy)
  - Meranie metódou OTDR z obidvoch strán pre zistenie:
    - Nehomogenity vlákien
    - Útlmu všetkých spojok, konektorov a merného útlmu všetkých vlákien jednotlivých káblových dĺžok v optickej sieti s určením umiestnenia spojok a konektorov
    - Celkového vložného útlmu optickej trasy priamou metódou z obidvoch strán



- Meranie útlmu všetkých spojok, konektorov a merného útlmu všetkých vlákien jednotlivých káblových dĺžok v optickej sieti s určením umiestnenia spojok a konektorov – OTDR
- (VIDEO 4)

- Meranie celkového vložného útlmu optickej trasy priamou metódou z obidvoch strán
- (VIDEO 5)

# Bezpečnosť práce v optických komunikáciách



- Vzhľadom k tomu, že zdroj žiarenia je monochromatický a energia je sústredená do bodu, tzn. malá rozbiehavosť energetického zväzku, môže pôsobiť aj na veľké vzdialenosti
- Pôsobenie laserového žiarenia na ľudský organizmus je predovšetkým pôsobením na oko a na pokožku
  - Pôsobením na oko môže dôjsť k zápalu oka, zakaleniu alebo spáleniu rohovky, šedému zákalu, poškodeniu alebo spáleniu sietnice
  - Na pokožke, ktorá je odolnejšia ako oko, môže dôjsť k opáleniu, ku zvýšeniu pigmentácie, alebo až ku spáleniu
- Klasifikácia laserov
  - Rôzne triedy nebezpečnosti od 1 až po 4
  - Podľa nebezpečnosti sa musia dodržiavať príslušné opatrenia
    - Od zaškolenia až po ochranné prostriedky (okuliare, oblečenie,...)

# Kontrolné otázky

- Koľko je krokov pri výrobe OV?
- Čo je to preforma?
- Aký priemer máva obvykle preforma?
- Akú dĺžku máva obvykle preforma?
- Z akého materiálu musí byť vyrobená preforma aby mala malý útlm?
- Akú vlastnosť musí mať preforma aby mala malú disperziu?
- Koľko spôsobov (nie technológií) je používaných na výrobu preformy?
- Ako sa vytvára preforma pri klasickej technológii výroby?
- Na výroby akých OV je najvhodnejšia technológia OVD?
- Ktorá z technológií CVD je v súčasnosti najkvalitnejšia?
- Na akú teplotu sa zohrieva preforma pri ťahaní OV?
- Aký fyzikálny jav sa využíva pri ťahaní OV z preformy?
- Aké vlastnosti musia spĺňať optické káble?
- Z akých konštrukčných častí sa skladá simplex OV?



- Na výrobu čoho sa používa simplex OV?
- Aký je rozdiel (z konštrukčného hľadiska) medzi vláknami duplex a heavy-duplex?
- Na čo sa (aké spojenie) používajú duplex OV?
- Aká je najväčšia nevýhoda používania PVC ako ochrany (obalu) OV?
- Prečo používame na ochranu (obal) OV materiály LSZH?
- Na aké použitie sú vhodné UNI káble?
- Na aké použitie sú vhodné UNI Tube káble?
- Koľko OV sa najviac používa v UNI a UNI Tube kábloch?
- Na aké použitie sú vhodné Losse Tube káble?
- Na aké dlhé trasy sú vhodné Losse Tube káble?
- Koľko OV sa najviac používa v Losse Tube kábloch?
- Čím sa, z konštrukčného hľadiska, líšia Losse Tube káble a Samonosné optické káble?
- Aká je najväčšia výhoda pásikového usporiadania OV v optickom kábli oproti kruhovej geometrii?
- Na aké použitie sú vhodné Multivláknové káble (vonkajšie) s pásikovým usporiadaním?

- Koľko OV sa najviac používa v Multivláknových kábloch (vonkajšie) s pásikovým usporiadaním?
- Aké sú metódy inštalácie optických káblov do káblovej chráničky?
- Aké sú výhody inštalácie optických káblov do káblovej chráničky?
- Aké sú výhody inštalácie optických káblov priamo do zeme?
- Aké je hlavná nevýhoda inštalácie optických káblov priamo do zeme?
- Aké sú výhody inštalácie optických káblov závesnou metódou?
- Aké sú metódy inštalácie optických káblov závesnou metódou?
- Aké sú výhody inštalácie optických káblov mikrotrubičkami?
- Aké sú nevýhody inštalácie optických káblov mikrotrubičkami?
- Kde sa používa inštalácia optických káblov osadením do káblových kanálov a líšt?
- Aké sú výhody inštalácie optických káblov osadením do káblových kanálov a líšt?

# Zoznam použitých skratiek a symbolov

- $\alpha$  útlm (straty, tlmenie) optického vlákna
- $\alpha_{\text{dB}}$  tlmenia optického vlákna na jednotku dĺžky
- B šírka prenášaného pásma
- c rýchlosť svetla vo vákuu (cca  $3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$ )
- CVD depozícia z plynnej fázy (Chemical Vapor Deposition)
- dB jednotka tlmenia (decibel)
- DWDM hustý vlnový multiplex (Dense WDM)
- EDFA erbiom dopovaný optický zosilňovač (Erbium-doped Optical Fiber Amplifiers)
- FTTx všeobecný pojem pre všetky druhy širokopásmovej sieťovej architektúry (FTTN, FTTC, FTTB, FTTH, a pod.) (Fiber-to-the-x)
- Ge germárium
- GI gradientné OV (Graded Index)
- GI MM mnohovidové OV s plynulou zmenou indexu lomu (graded-index multimode)
- Gbps jednotka prenosovej rýchlosti (Gb/s , Giga bit za sekundu)
- H<sub>2</sub> vodík
- HDPE druh polyetylénu (High Density Polyethylene)

- km jednotka dĺžky (kilometer ,  $10^3$ )
- $\lambda$  vlnová dĺžka
- LAN lokálna počítačová sieť (Local Area Network)
- LSZH (Low Smoke Zero Halogen)
- $\mu\text{m}$  jednotky dĺžky (mikrometer ,  $10^{-6}$ )
- m jednotky dĺžky (meter)
- mm jednotky dĺžky (milimeter ,  $10^{-3}$ )
- MAN mestská (metropolitná) sieť (Metropolitan Area Network)
- Mbps jednotka prenosovej rýchlosti (Mb/s, Mega bit za sekundu)
- MCVD (Modified Chemical Vapour Deposition)
- MHz jednotka frekvencie (MegaHertz,  $10^6$ )
- MM mnohovidové OV (Multi Mode)
- $n_1$  index lomu jadra optického vlákna (core)
- $n_2$  index lomu plášťa optického vlákna
- nm jednotka dĺžky (nanometer,  $10^{-9}$ )
- $\text{O}_2$  kyslík
- OV optické vlákno
- OVD (Outside Vapour Deposition)

- PCVD (Plasma-activated Chemical Vapour Deposition)
- PE polyetylén (termoplast)
- POF plastové OV (Plastic Optical Fiber)
- PVC polyvinylchlorid (materiál na výrobu izolácií)
- SI stupňovité OV (Step Index)
- SI MM mnohovidové OV so skokovou zmenou indexu lomu (step-index multimode)
- SI SM jednovidové OV so skokovou zmenou indexu lomu (step-index singlemode)
- Si kremík
- $\text{SiCl}_4$  chlorid kremičitý
- $\text{SiO}_2$  oxid kremičitý
- SM(SMF) jednovidové OV (Single Mode (Single Mode Fiber))
- THz jednotka frekvencie (TeraHertz,  $10^{12}$ )
- VAD (Vapour Axial Deposition)
- WDM vlnový multiplex (Wavelength-division Multiplexing)



Ďakujem za pozornosť