

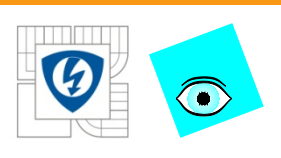


Optovláknové senzory

rozdělení - principy – možnosti

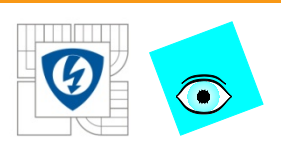
Ing. Michal Mazanec
michal@safibra.cz
604 212 525

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



Obsah prezentace

- ❖ *Rozdělení optovláknových senzorů*
- ❖ *Optovláknové spektrometry*
- ❖ *Bodové měření teploty*
- ❖ *FBG senzory*
- ❖ *SOFO senzory*
- ❖ *Rozprostřené senzory (DTS, DTSS, SWI, DAS)*
- ❖ *Další senzory (kyslíku, proudu, mikrofony atd)*



Jak rozdělit optovláknové senzory

Podle oblasti aplikace

- ❖ ***Energetika***
- ❖ ***Přenos médií – produktovody***
- ❖ ***Stavebnictví a geo-aplikace***
- ❖ ***Monitorování procesů***
- ❖ ***Doprava***

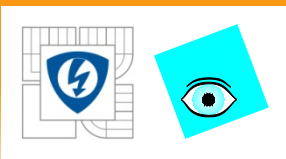
Podle použité technologie

- ❖ ***FBG senzory***
- ❖ ***Raman OTDR***
- ❖ ***Brillouin OTDR***
- ❖ ***Interferometrické senzory***
- ❖ ***Další principy***

Podle prostorového uspořádání

- ❖ ***Bodové senzory***
- ❖ ***Rozprostřené – distribuované senzory***
- ❖ ***Semi-distributované senzory***

Podle toho, co potřebujeme měřit



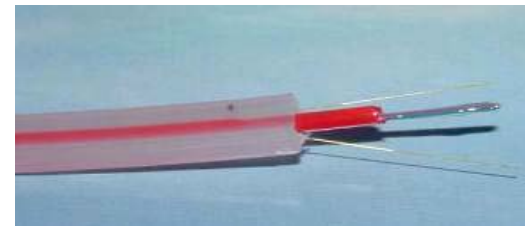
Co lze optovláknny měřit ?

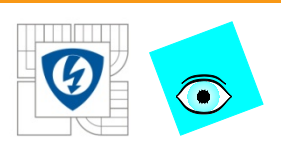
Senzory fyzikálních veličin

- ❖ Teplota
- ❖ Mechanické napětí – staticky / dynamicky
- ❖ Deformace – přetvoření
- ❖ Tlak
- ❖ Posuv
- ❖ Vibrace
- ❖ Proud (elektrický)

Chemické a biochemické senzory

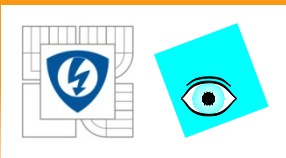
- ❖ Parciální tlak kyslíku
- ❖ pH



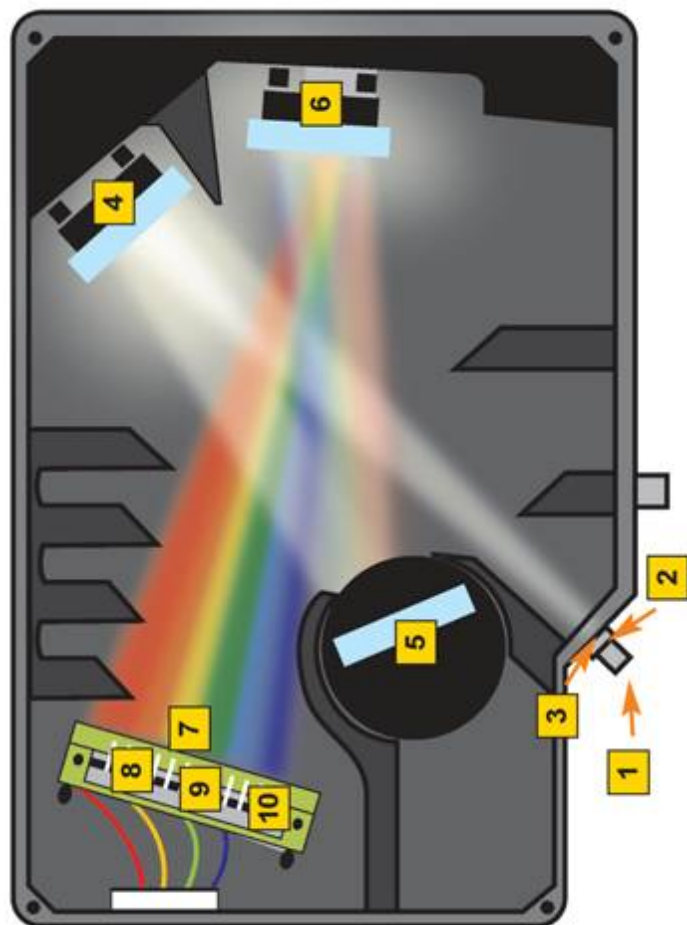


Celá řada optovláknových senzorů je v podstatě založena na měření spektrálních vlastností

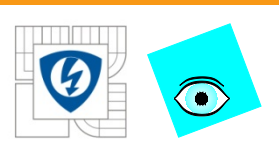
- ❖ *bodové teplotní senzory GaAs a fosforu*
- ❖ *SOFO senzory mechanického napětí*
- ❖ *chemické senzory – O₂*
- ❖ *FBG senzory mechanického napětí a teploty*
- ❖ *DTS systémy analyzují Ramanovské složky spektra*
- ❖ *DTSS systémy analyzují Brillouinovské složky spektra*



Optovláknový spektrometr – schéma



1. konektor SMA 905
2. vstupní štěrba
3. vstupní filtr
4. kolimační zrcátko
5. mřížka
6. fokusační zrcátko
7. čočka
8. detektor
9. filtr pro potlačení jevů vyšších řádů
10. UV okno na detektoru



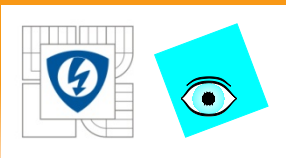
Optovláknový spektrometr – provedení



29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Optovláknový spektrometr – měření

PC se softwarem

USB kabel

spektrometr

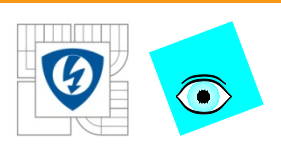
doplňky

optické vlákno



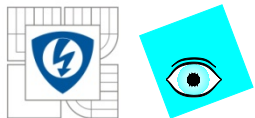
29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

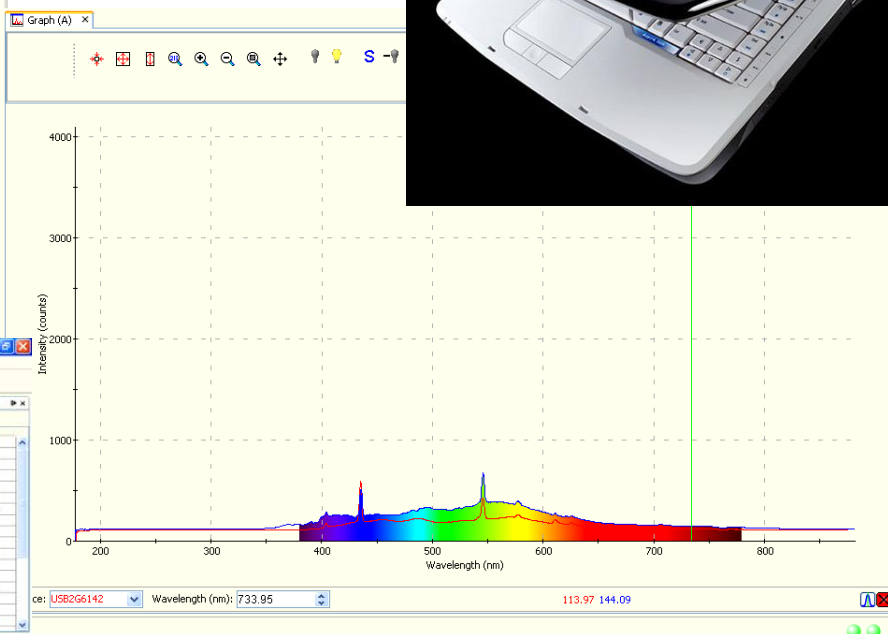
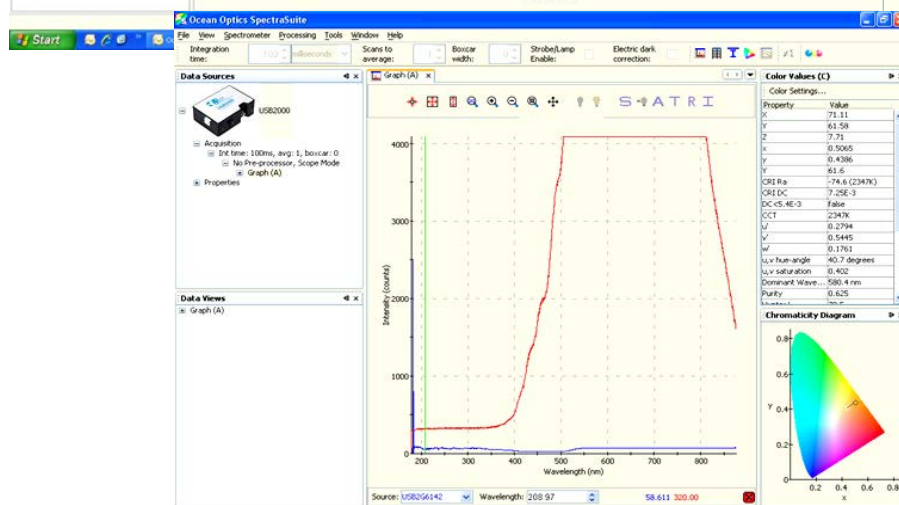
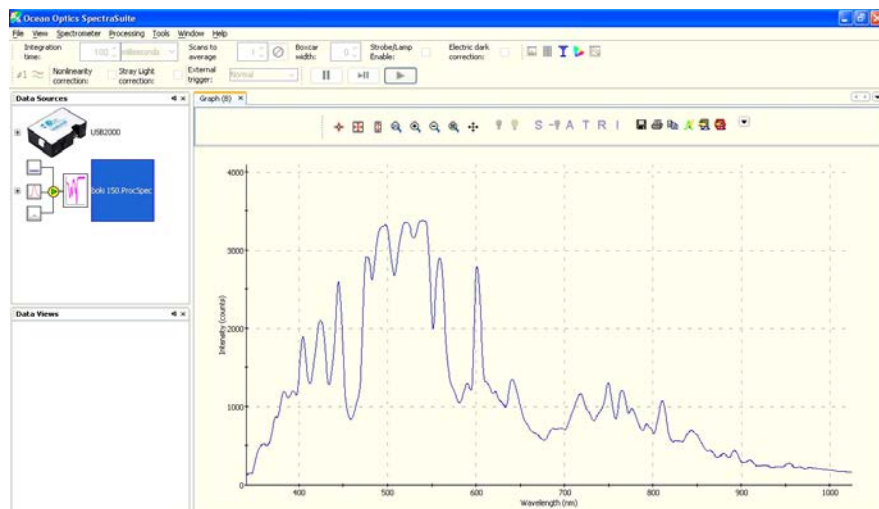


Možnosti spektrálních měření

- ❖ *měření absorbance*
- ❖ *měření propustnosti (transmission)*
- ❖ *měření odrazivosti (reflection)*
- ❖ *měření relativní intenzity záření*
- ❖ *měření absolutní intenzity záření*
- ❖ *měření synchronizované fluorescence*
- ❖ *měření koncentrace (Lambert-Beerův zákon)*
- ❖ *měření barev*
- ❖ *měření časové závislosti intenzity (pro vybranou vlnovou délku) pro měření kinetiky dějů*



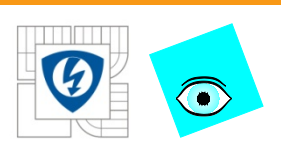
Příklady výstupů spektrálních měření



29. 6. 2012

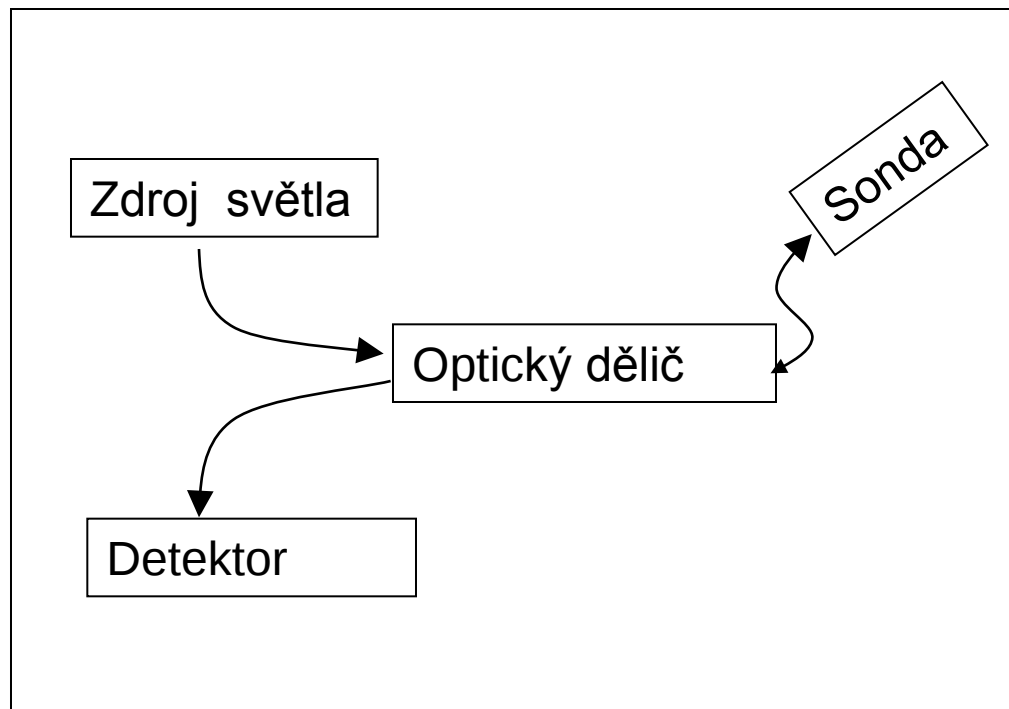
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Měření teploty - bodové senzory

Schéma systému (fosfor, GaAs)

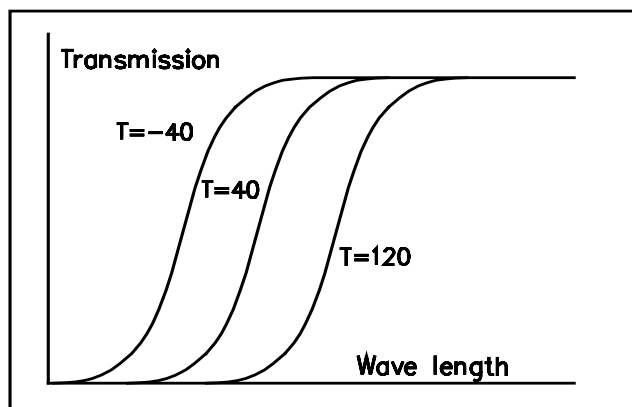
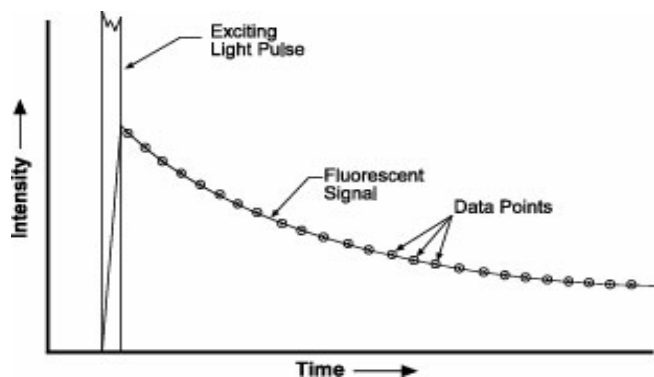


- ❖ Systém má velmi jednoduché uspořádání a skládá se ze **zdroje světla**, **optického děliče**, **sondy** a **detektoru**.
- ❖ **Vícekanálové modely** používají **stejný design**, ale počet součástí a dílů je větší.



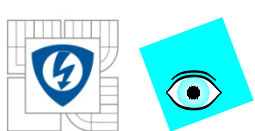
Měření teploty - bodové senzory

Princip činnosti (fosfor x GaAs)



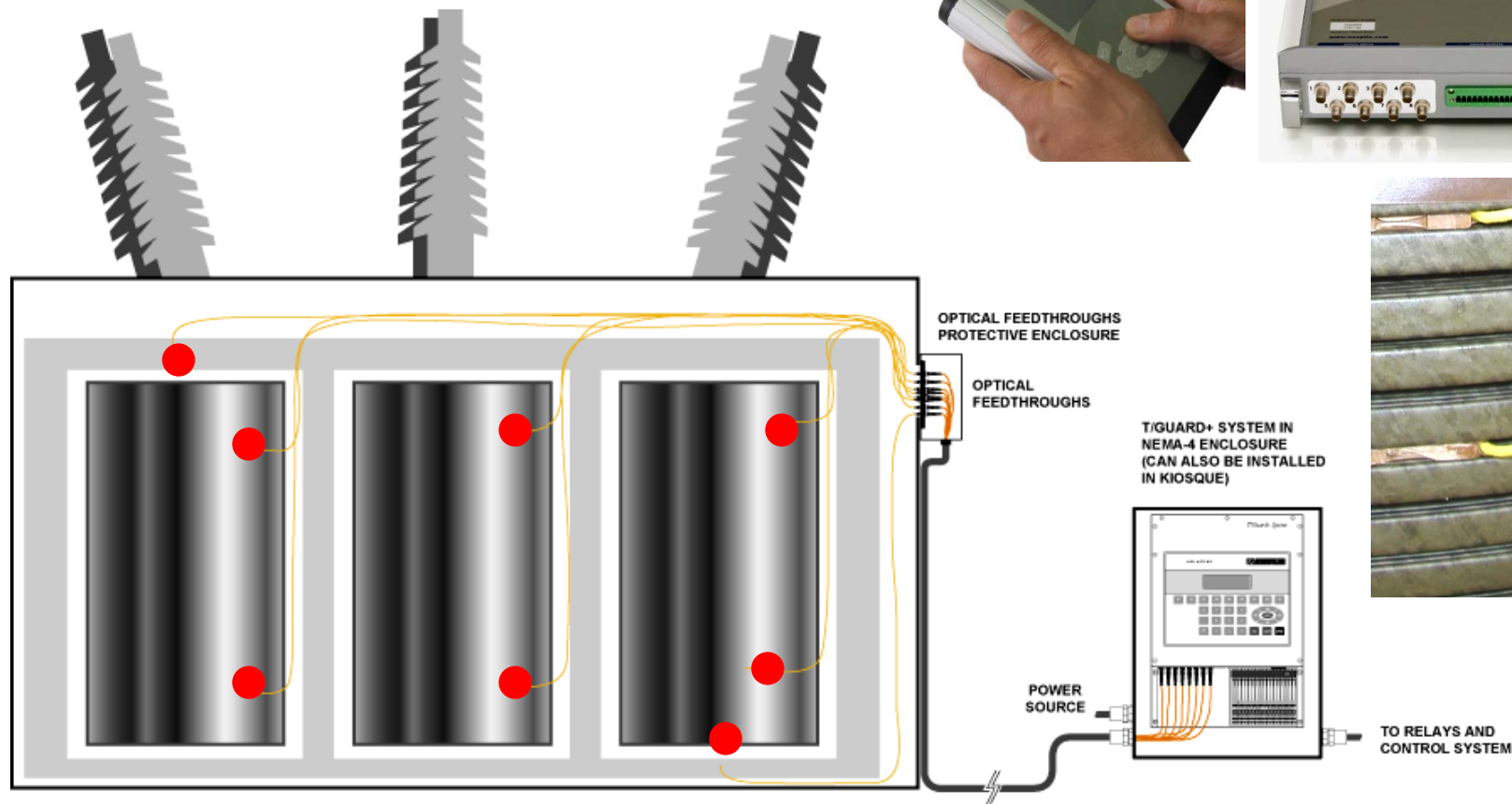
- ❖ Fosfor nanesený na konci vlákna je **vybuzen** světelným pulsem , která vede **k fluorescence fosforu**
- ❖ **Rychlost poklesu fluorescence je funkcí teploty.** Měříme kinetický děj – závislost intenzity na jediné vlnové délce na čase
- ❖ Založeno na **změně v absorpčním spektru polovodiče GaAs** v závislosti **na teplotě**

Přímé kontaktní čidlo teploty



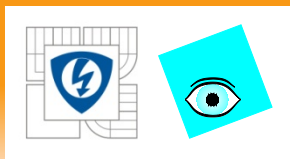
Měření teploty - bodové senzory

Základní aplikace



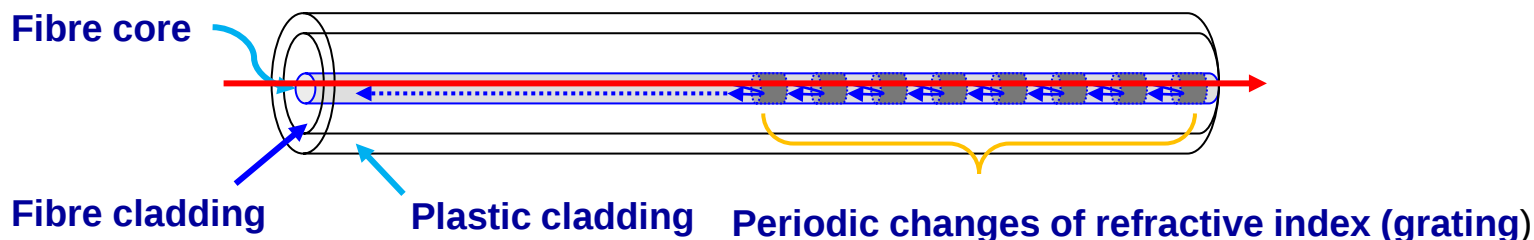
29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

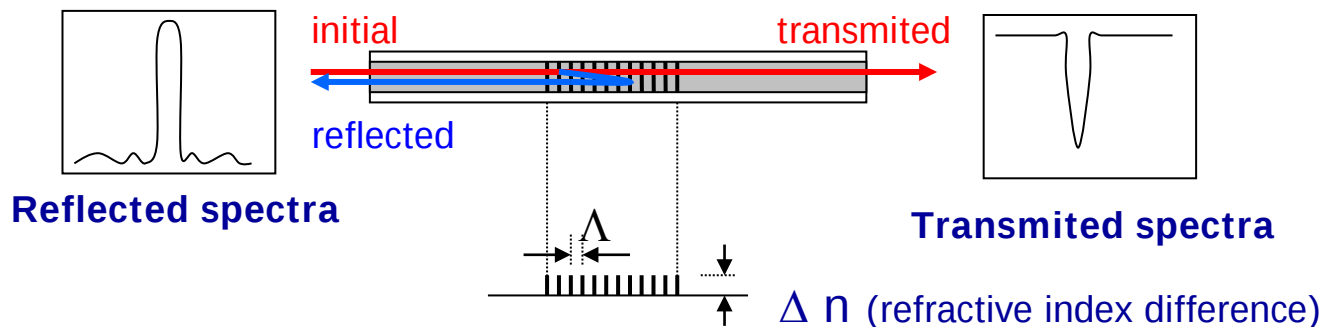


Jak pracuje FBG senzor ?

Vláknová mřížka je tvořena periodickými změnami indexu lomu v jádře vlákna



Je-li perioda mřížky rovna podmínce: $\lambda_r = 2n_{\text{eff}} \Lambda$ (Braggova podmínka), pak je světlo této vlnové délky odraženo a světlo jiných vlnových délek prochází dál.



Protože se perioda mřížky mění s teplotou, mechanickým namáháním, tlakem atd., můžeme spektrální analýzou odraženého světla měřit tyto parametry

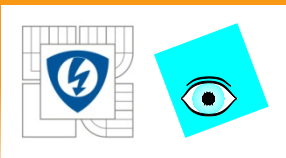


Schéma FBG systému ?

Schéma systému



Bodové senzory zapojené do série s možností měřit desítky bodů na jednom kanále



Pasivní SM vlákno



FBG teplotní senzory



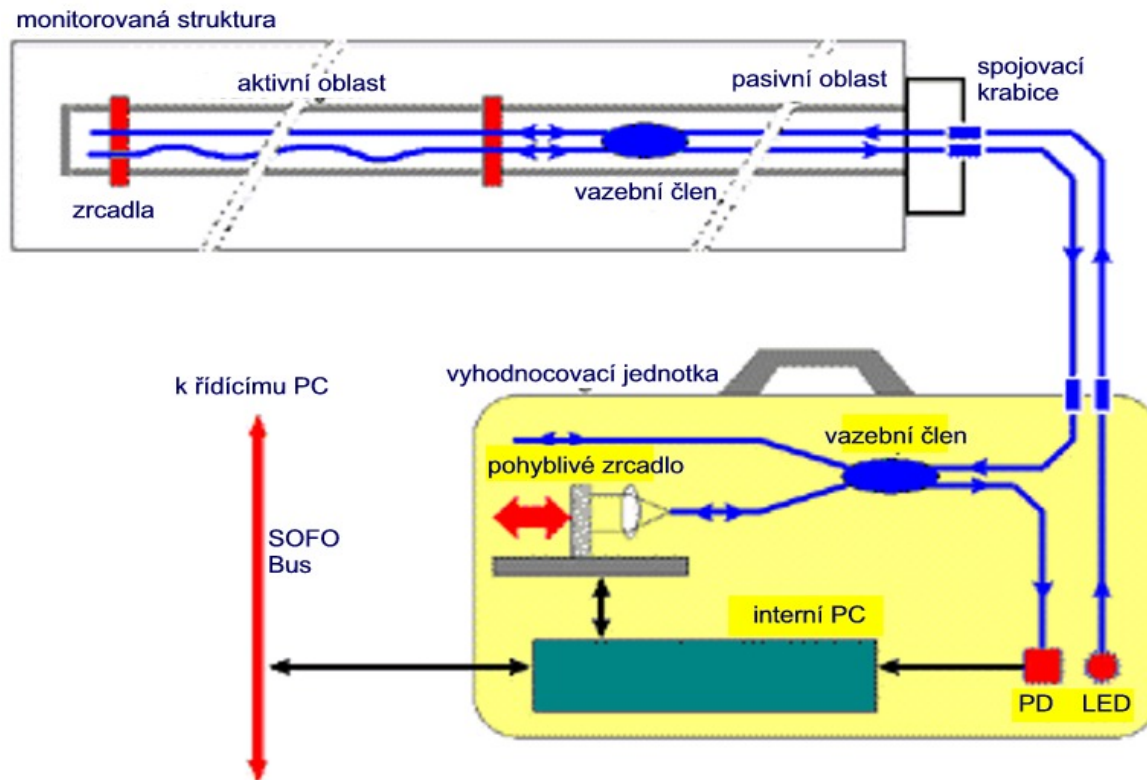
Pasivní SM vlákno



FBG strain senzory

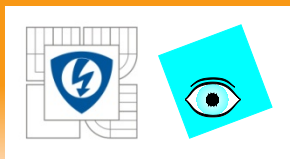


SOFO - senzor na bázi interferometru

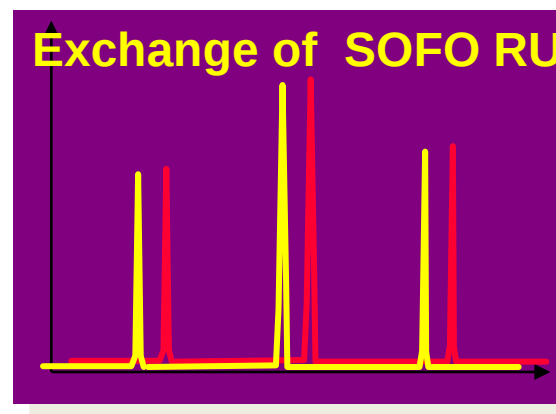
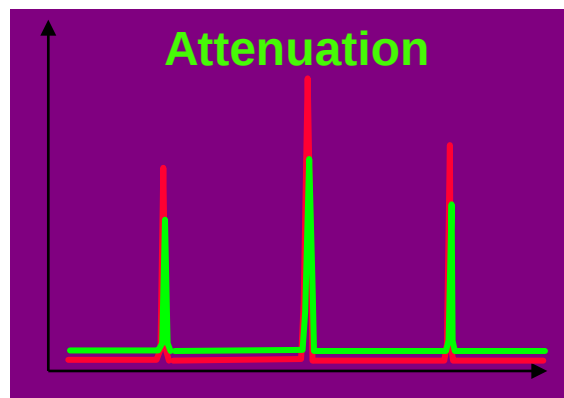
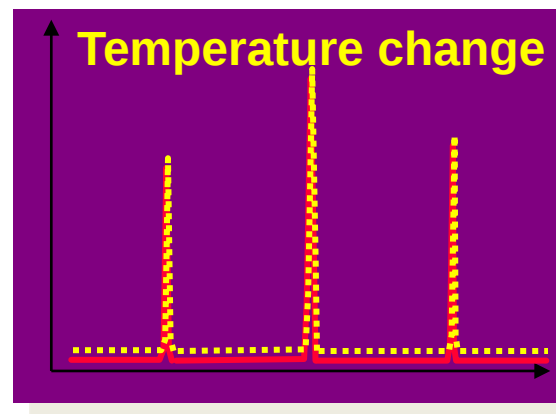
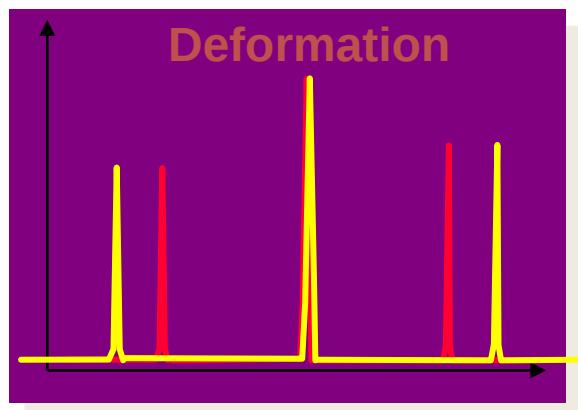


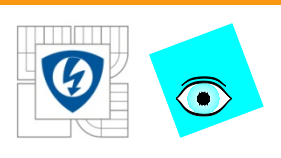
29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



SOFO - senzor na bázi interferometru





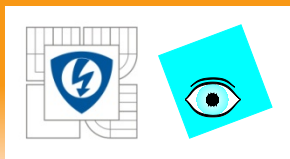
SOFO - senzor na bázi interferometru

SOFO měří tzv. average strain mezi dvěma fixními body

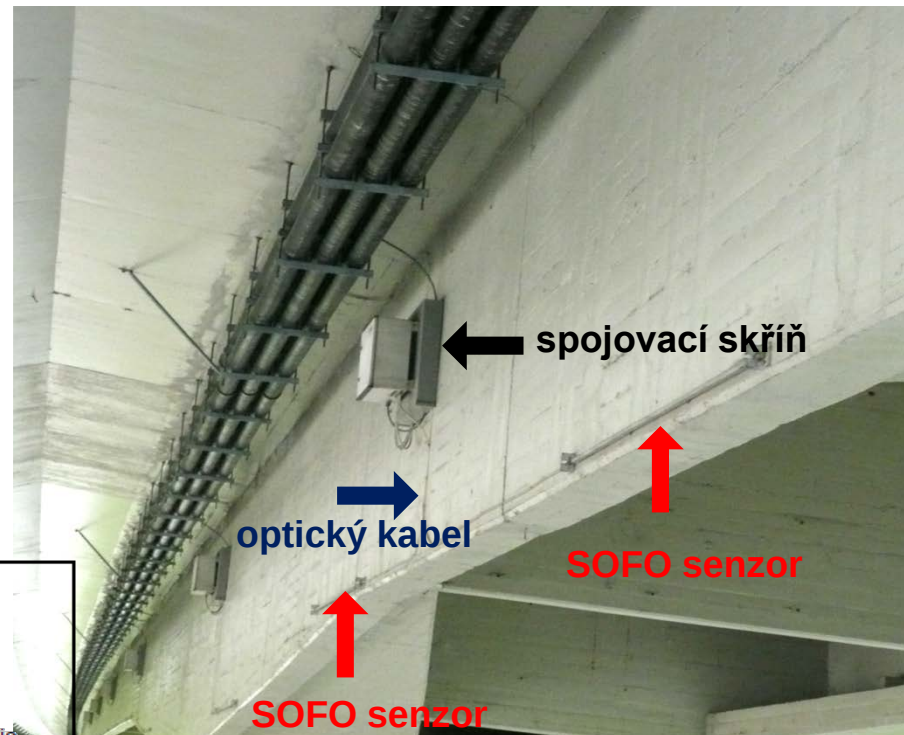
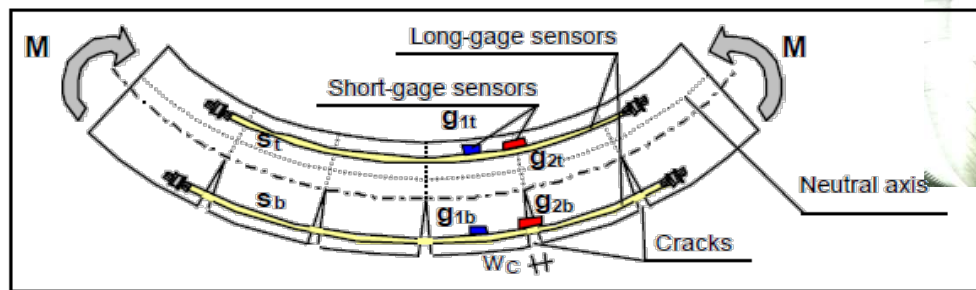
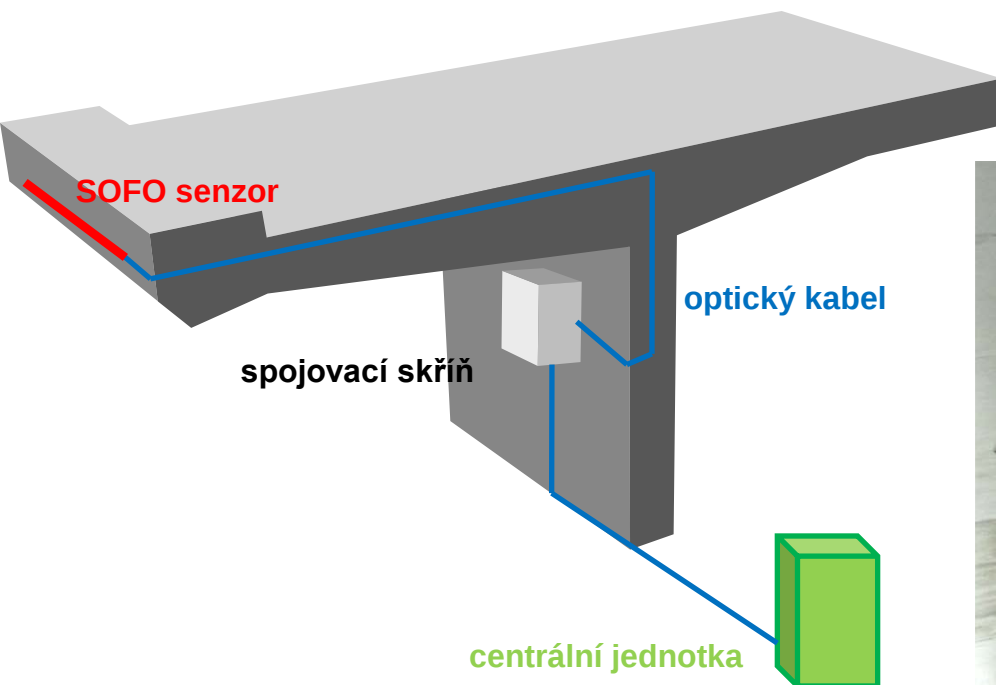


29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

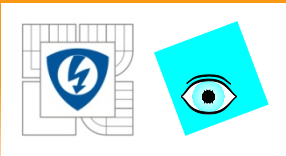


SOFO - reálná instalace



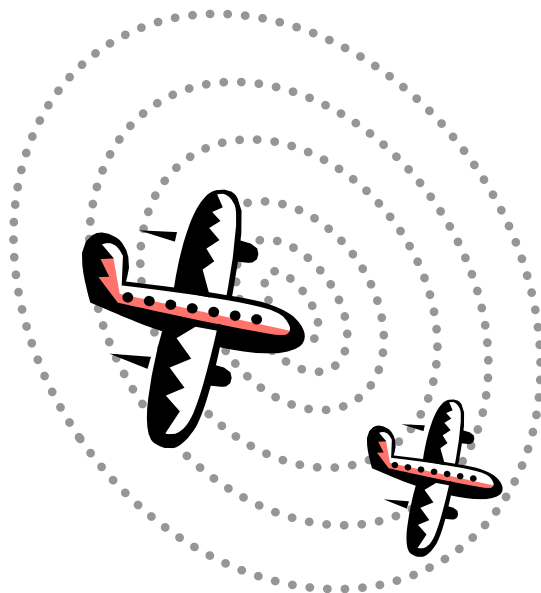
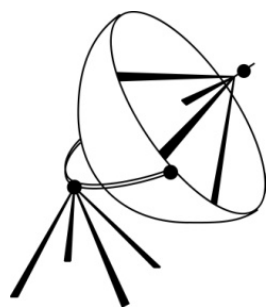
29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



DTS – Raman OTDR

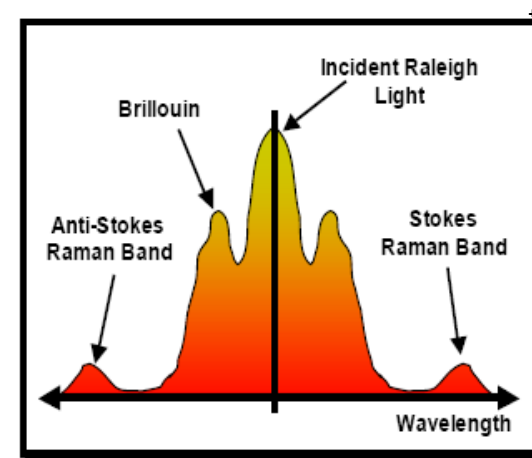
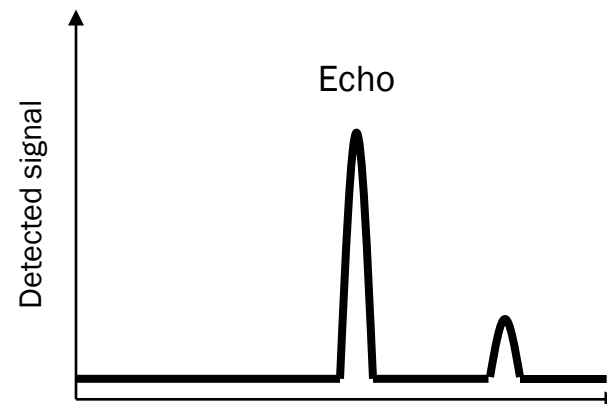
Princip podobný principu radaru

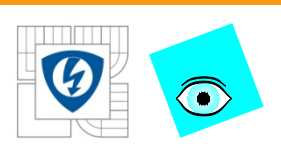


*světelný puls
délky 1 m*



*světlo rozptýlené
do všech směrů*





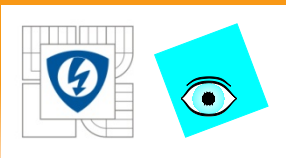
Měření ovlivňují čtyři základní faktory, které jdou proti sobě:

- ❖ **délka trasy**
- ❖ **prostorové rozlišení**
- ❖ **rozlišení teploty**
- ❖ **čas potřebný pro měření (průměrování naměřených hodnot)**



např. prostorové rozlišení 1 m na vzdálenost 10 km znamená 10.000 měřících bodů a je zřejmé že pro rozlišení teploty $\pm 1^{\circ}\text{C}$ je zapotřebí delší čas průměrování naměřených výsledků než pro rozlišení $\pm 2^{\circ}\text{C}$

Velkou výhodou je možnost použití standardních komunikačních vláken, především mnohovidových, v případě dlouhých vzdáleností i jednovidových



DTS – monitoring kabelů VVN

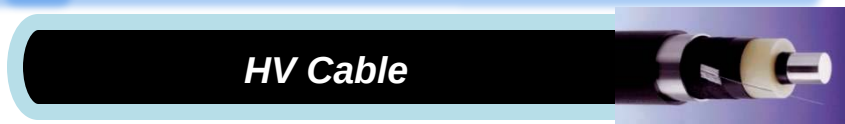
Single end installation



Pasivní vlákno



Vlákno- aktivní senzor



HV Cable

Double end (loop) installation



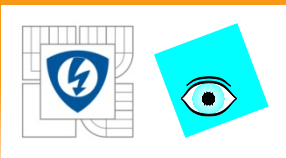
Pasivní vlákno



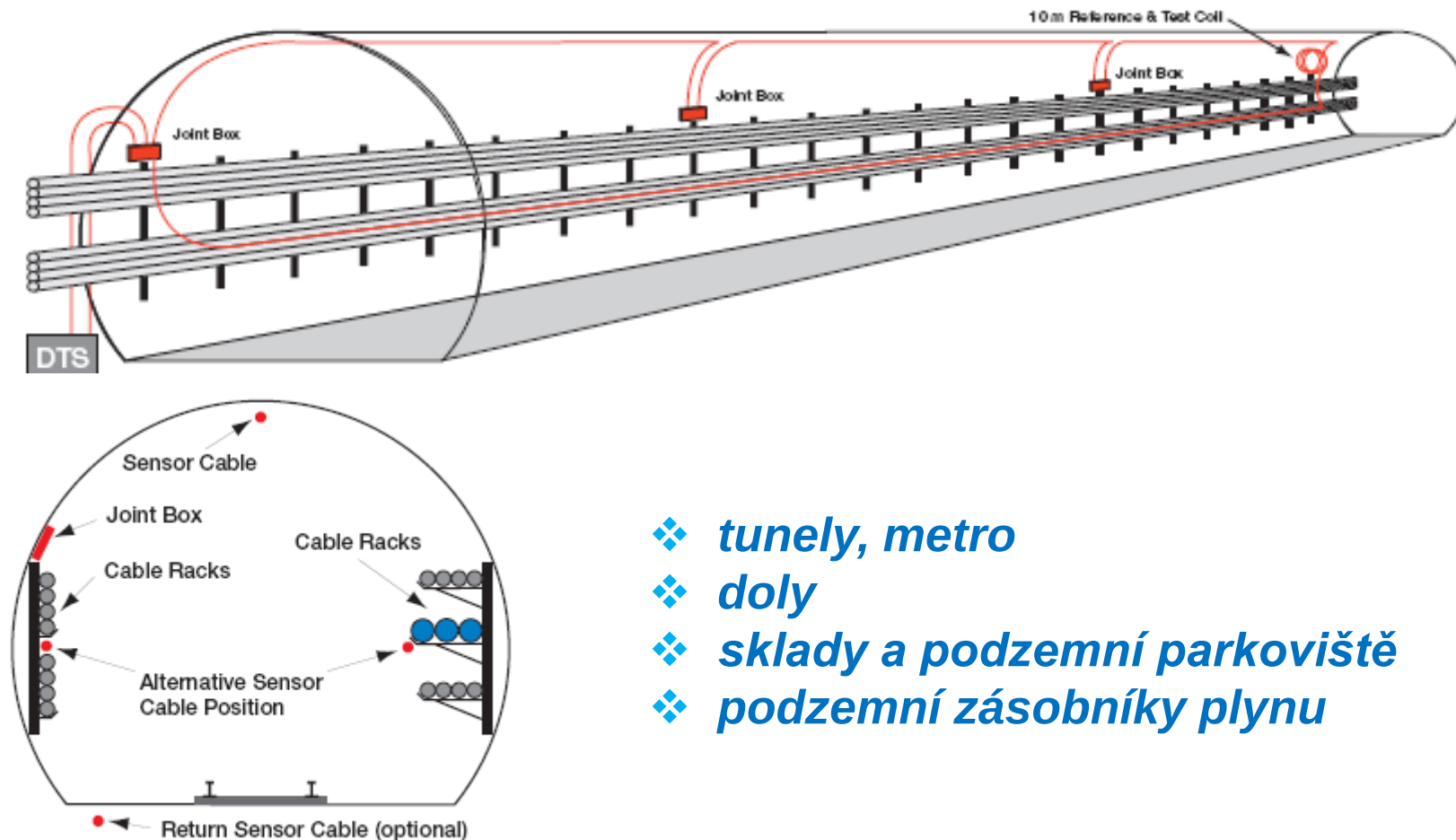
Vlákno- aktivní senzor



HV Cable



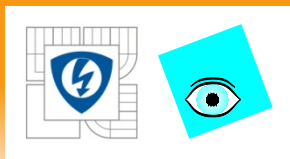
DTS – lineární požární systém



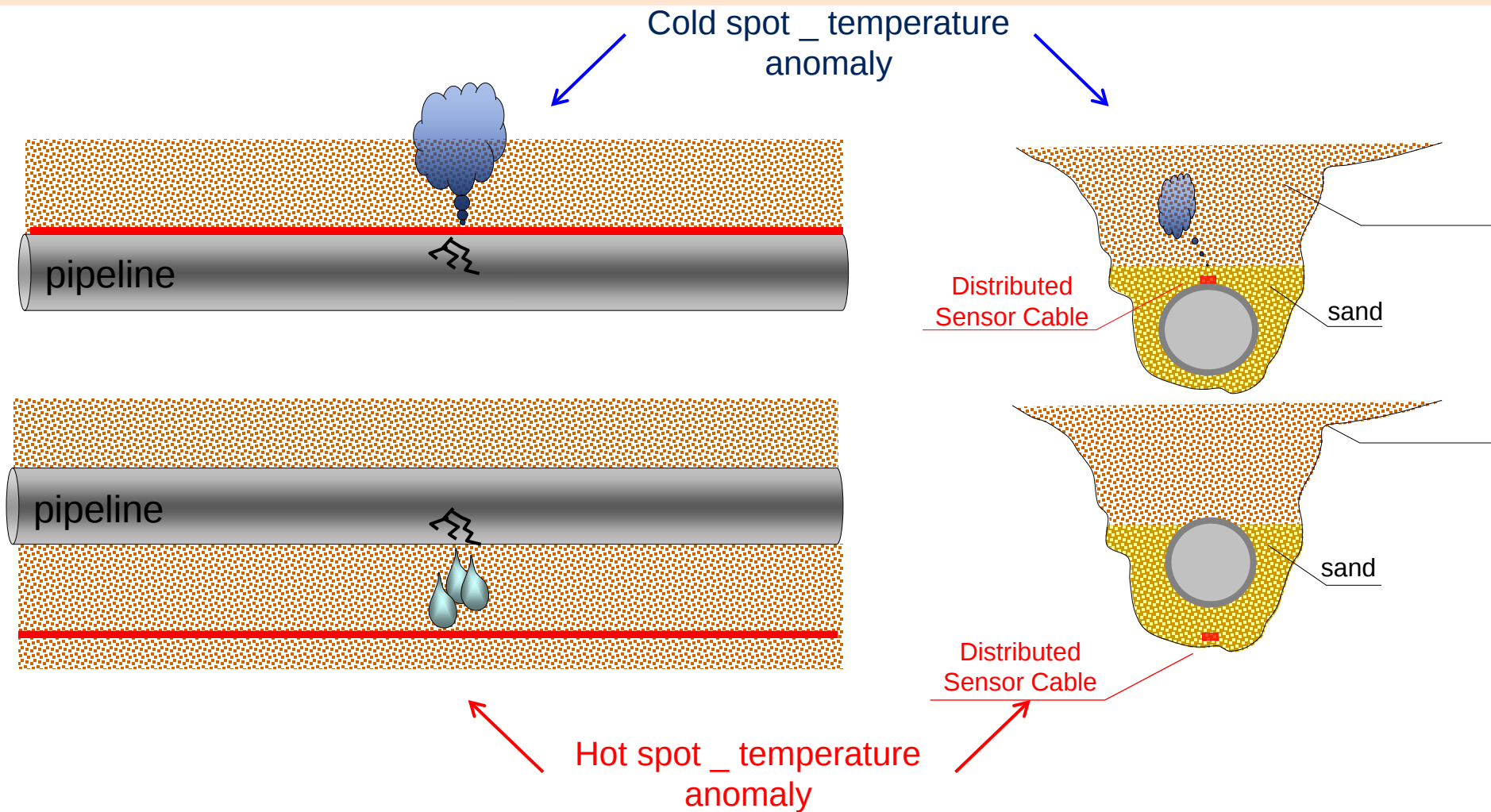
- ❖ *tunely, metro*
- ❖ *doly*
- ❖ *sklady a podzemní parkoviště*
- ❖ *podzemní zásobníky plynu*

29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

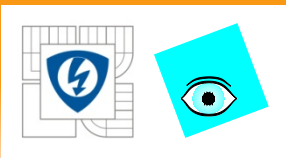


DTS – monitoring produktovodů

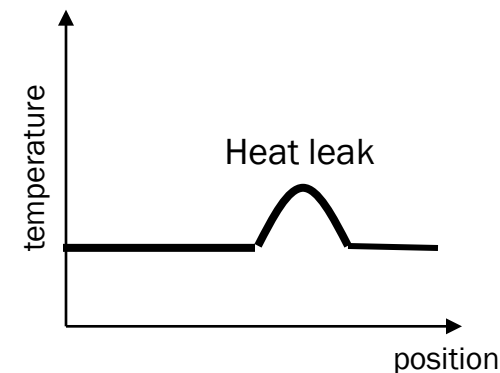


29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



DTS – monitoring produktovodů



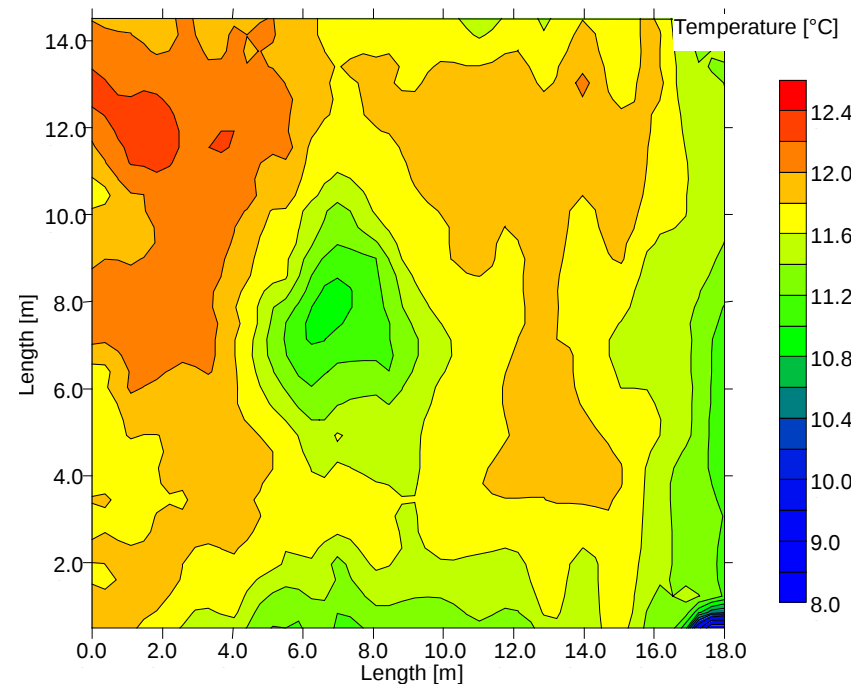
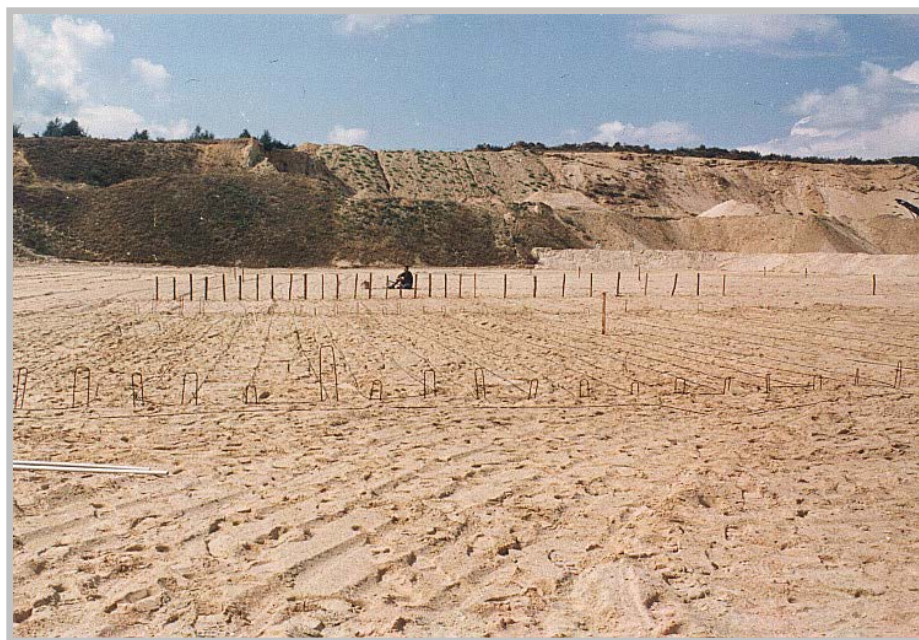
29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

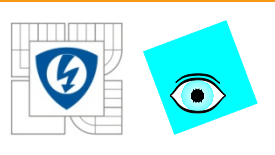


DTS – monitoring skládek

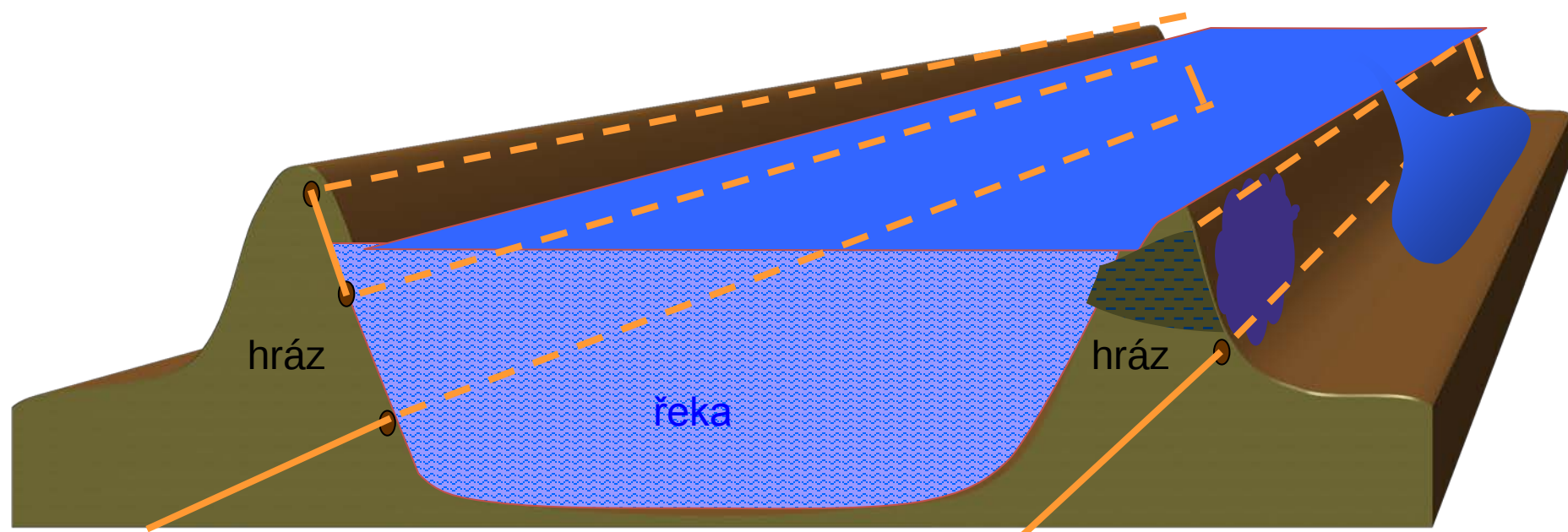
- ❖ Detekce zón uvolňujících teplo
- ❖ Detekce netěsností ve dně skládky
- ❖ Monitorování vyvíjejících se plynů



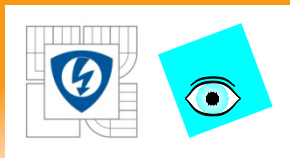
Vizualizace teplotního rozložení



DTS – monitoring průsaku hrází

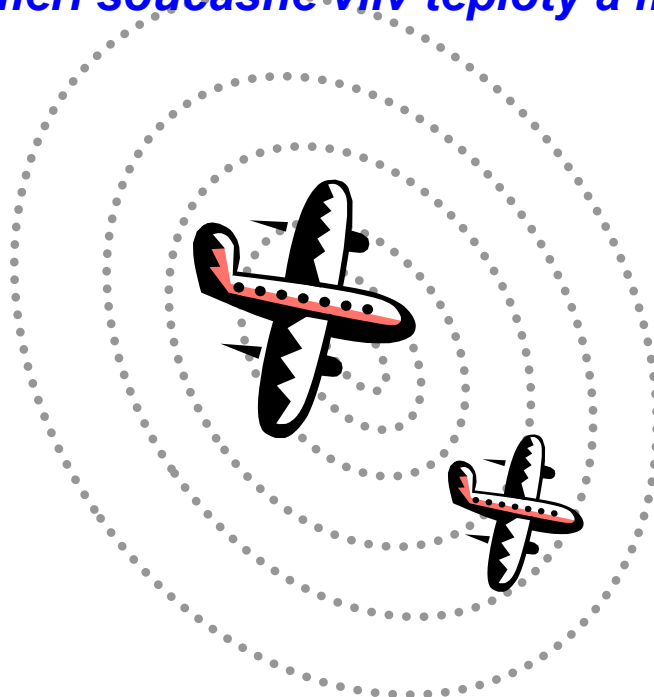
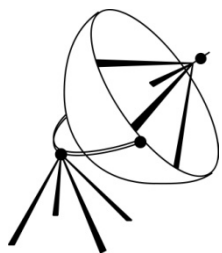


- ❖ *možnost hlídání hladiny na velké vzdálenosti*
- ❖ *možnost zjištění průsaků a netěsností*



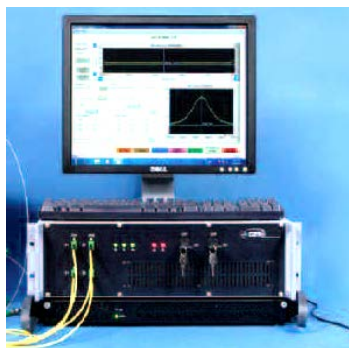
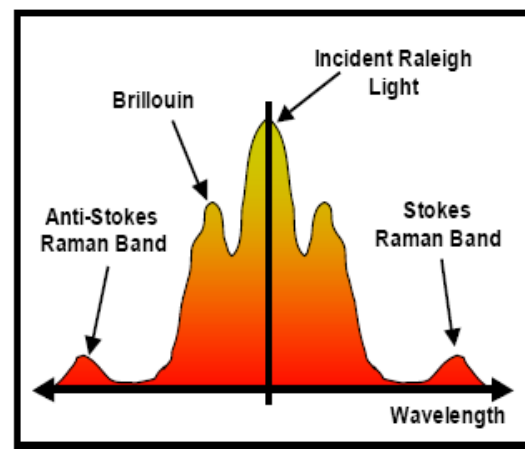
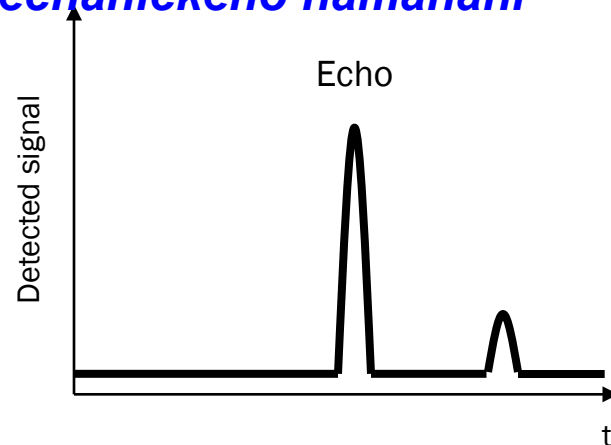
DTSS – Brillouin OTDR

DTSS měří současně vliv teploty a mechanického namáhání



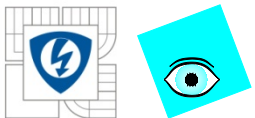
**světelný puls
délky 1 m**

**světlo rozptýlené
do všech směrů**

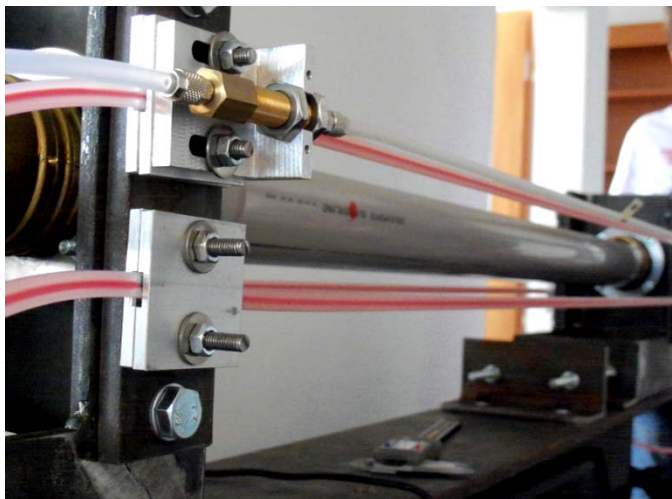


29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



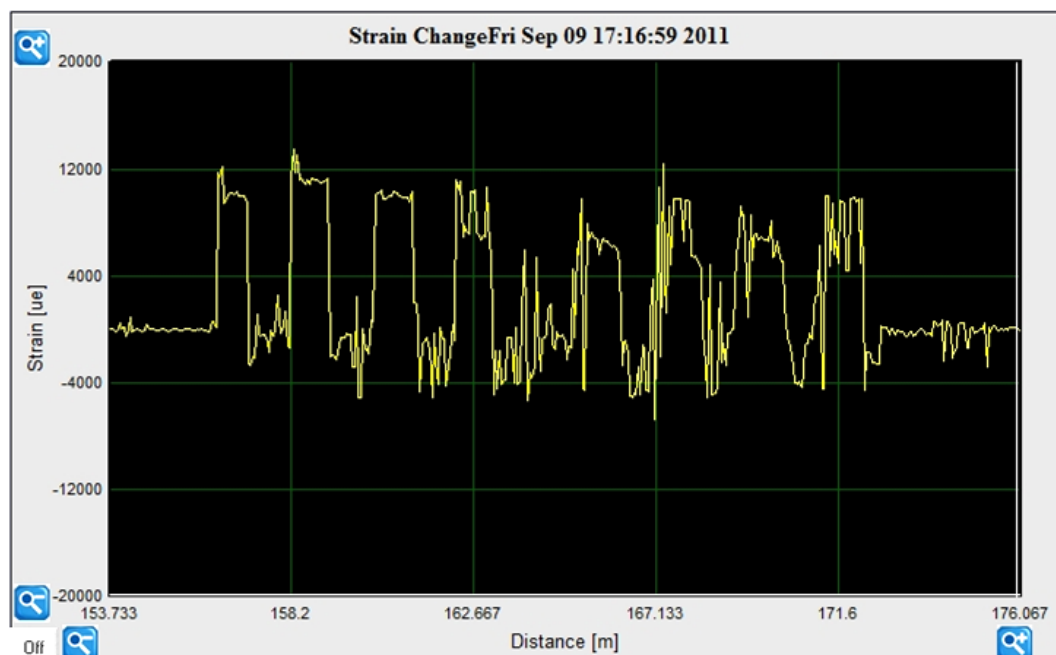
DTSS – Brillouin OTDR



*Prodloužení kabelu 10 mm
= $10/1000 = 0,01$ strain =
= $10.000 \mu\text{strain}$*

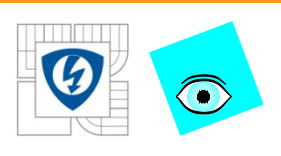
Speciální testovací stůl – 4x1 m detekčního kabelu, 2 vlákna v kabelu

Measurement



29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



SWI – distribuovaný senzor

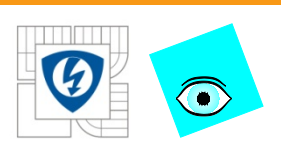
Podobnost s DTSS technologií:

- ❖ *SWI měří současně vliv teploty a mechanického namáhání*

Rozdíl od DTS a DTSS technologie:

- ❖ *délka trasy pouze 10-50 m*
- ❖ *prostorové rozlišení lepší než 1 cm*





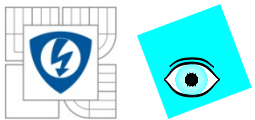
DAS – rozprostřený akustický senzor

- ❖ *Unikátní systém pro detekci zvuku podél vlákna*
- ❖ *Dva základní prvky – optické vlákno a vyhodnocovací jednotka*
- ❖ *Akustický signál je zaznamenáván pro každý metr podél vlákna*
- ❖ *Systém detekuje pozici a událost*
- ❖ *Může rozlišit dvě události vzdálené jen dva metry*



http://www.fotechsolutions.com/index.php?option=com_content&view=article&id=109&Itemid=204





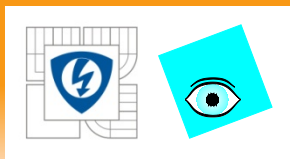
DAS – rozprostřený akustický senzor

- | | |
|---|---------------|
| ❖ <i>maximum fibre length</i> | <i>50 km</i> |
| ❖ <i>maximum spatial resolution (15 km)</i> | <i>1 m</i> |
| ❖ <i>maximum spatial resolution (50 km)</i> | <i>5 m</i> |
| ❖ <i>minimum separation of two events</i> | <i>+/-2 m</i> |
| ❖ <i>maximum signal bandwidth</i> | <i>10 kHz</i> |
| | |
| ❖ <i>detection distance from footsteps</i> | <i>15 m</i> |
| ❖ <i>detection distance from vehicle</i> | <i>40 m</i> |

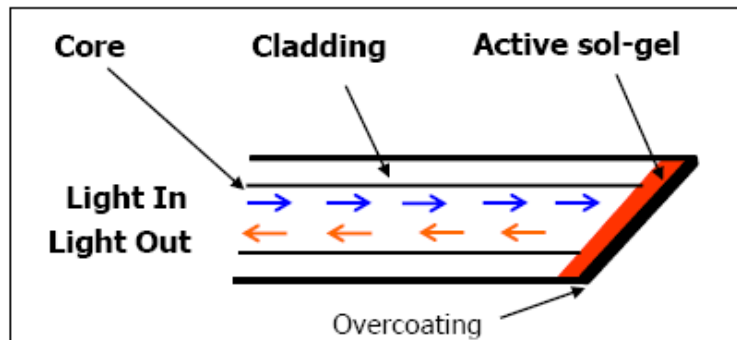
APPLICATION

- ❖ *cable theft*
- ❖ *rock falls*
- ❖ *intrusion detection system*
- ❖ *other security applications*
- ❖ *speed, direction and position of trains*

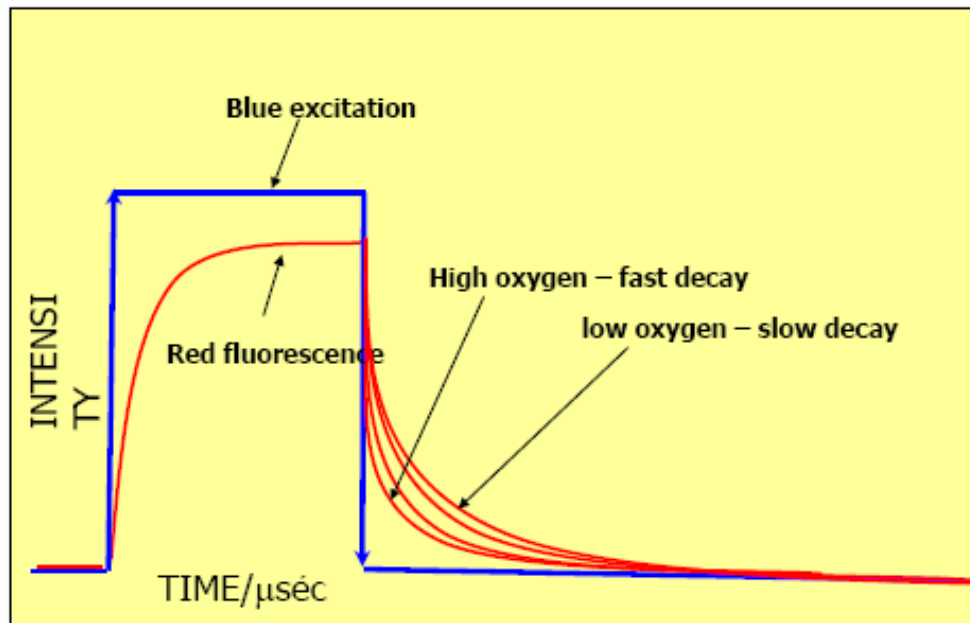
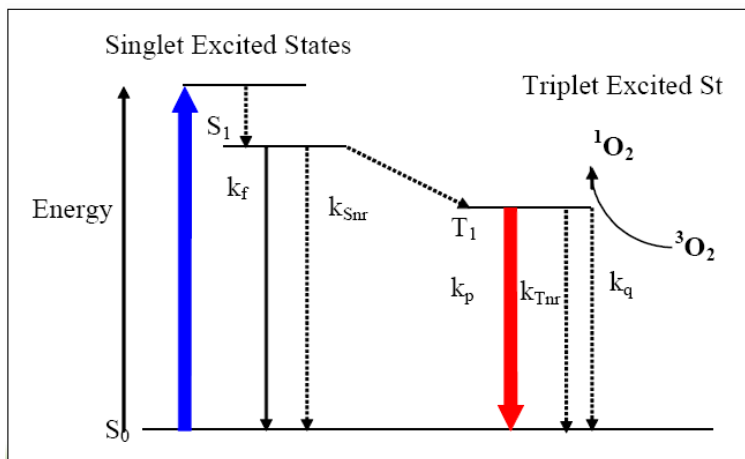




Princip senzoru O₂



Rychlost poklesu fluorescence je funkcí parciálního tlaku O₂. Měříme kinetický děj – závislost poklesu intenzity fluorescence na jediné vlnové délce na čase

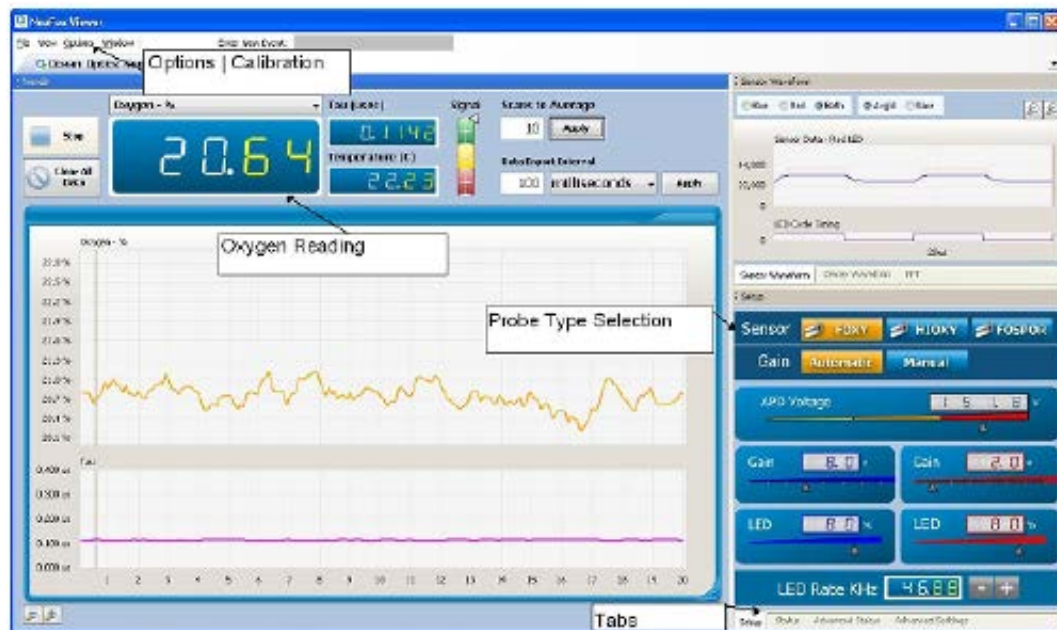




Provedení senzoru O₂

SONDY

- ❖ **FOXY** *general purpose in gas and liquid*
- ❖ **FOSPOR** *sensitive for trace levels of O₂ in gas and liquids*
- ❖ **HIOXY** *oils, alcohols and hydrocarbon-based vapors and liquids*



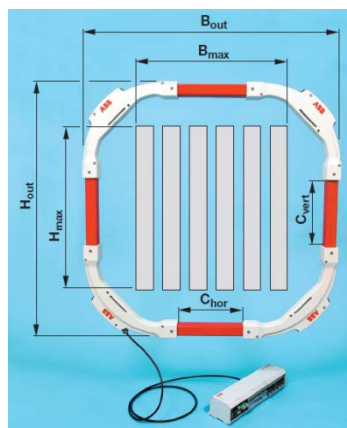
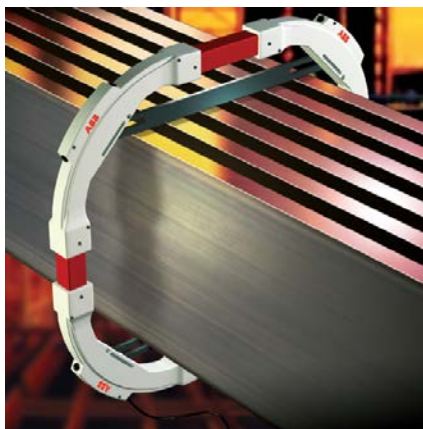
29. 6. 2012

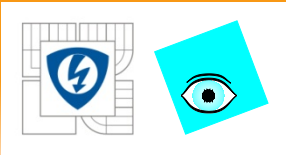
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



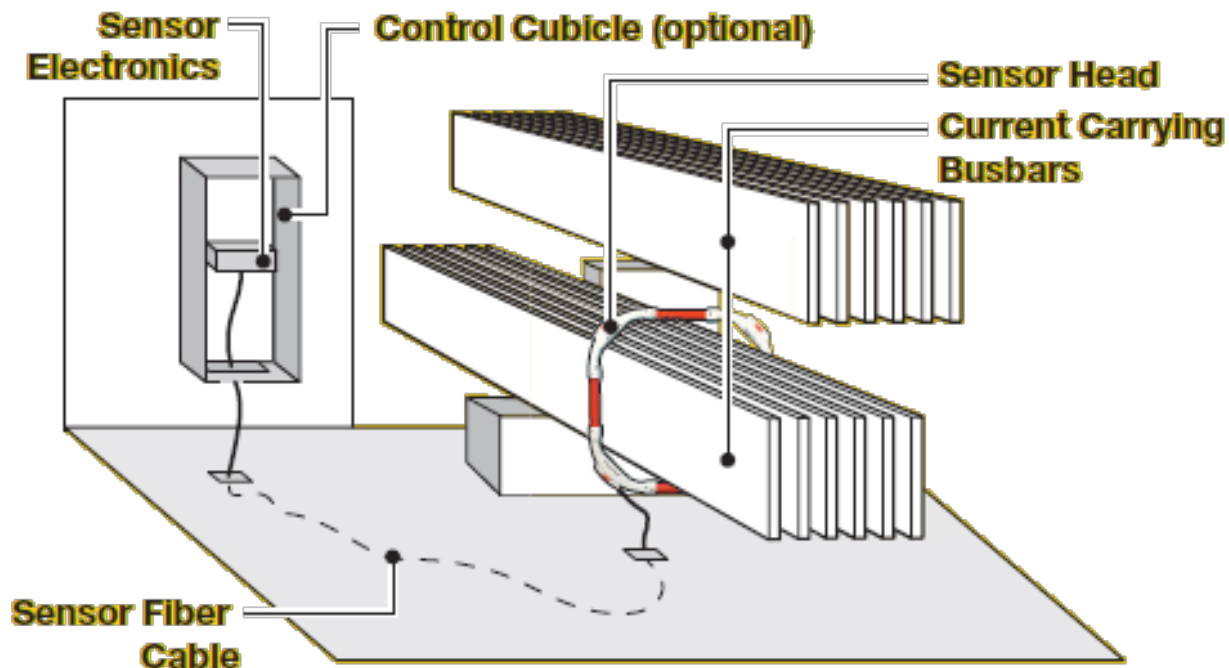
Senzor proudu - parametry

- ❖ *based on Faraday effect*
- ❖ *measuring ranges 20 kA, ..., 500 kA*
- ❖ *accuracy $\pm 0.1\%$ from 1-120% of NC*
- ❖ *fast and easy installation*
- ❖ *no shutdown required*
- ❖ *compact size, little weight (15 kg)*
- ❖ *immune to elmag. interference*
- ❖ *no recalibration need during lifetime*

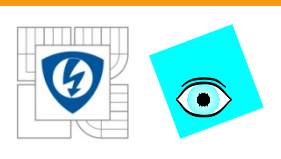




Senzor proudu - uspořádání



The modular sensor head housing can be easily adapted to various conductor cross-sections.



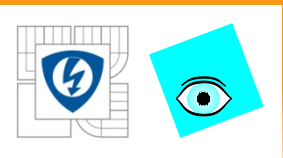
Optovláknový mikrofon

- ❖ *Completely passive sensor with no electrical parts*
- ❖ *Absolutely EMI/RFI immunity*
- ❖ *Excellent sound accuracy*
- ❖ *Standard analog output*
- ❖ *Small, lightweight design, MEMS design*
- ❖ *High reliability and environmental stability*
- ❖ *Plug-and-play system*



APPLICATIONS

- ❖ *MRI/MEG scans*
- ❖ *HV and power application*
- ❖ *RF areas*
- ❖ *Explosive and flammable areas*
- ❖ *Oil and Gas*
- ❖ *Nuclear facilities*



Dotazy?

Děkuji za pozornost

29. 6. 2012

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

