Vláknově optické senzory v železničním stavitelství a kolejové dopravě

Prof.RNDr. Vladimír Vašinek,CSc.
OptiCE Photonics, s.r.o.

Ing.Tomáš Krenželok,Ph.D.
Prodin a.s.

Doc.Ing.Vítězslav Stýskala,Ph.D.
Ing.Jan Nedoma,Ph.D.
VŠB TU Ostrava

Osnova příběhu

- představení týmu
- vláknové senzory
- příklady aplikací – reálné výsledky
- závěr

Osnova příběhu – představení týmu

Členové:

- PRODIN a.s.
- OPTICE PHOTONICS s.r.o.
- VŠB-TUO FEI

Exkluzivní objednatelé VaV prací:

- Enteria a.s.
- Hroší stavby Morava a.s.

Optické komunikace versus senzory

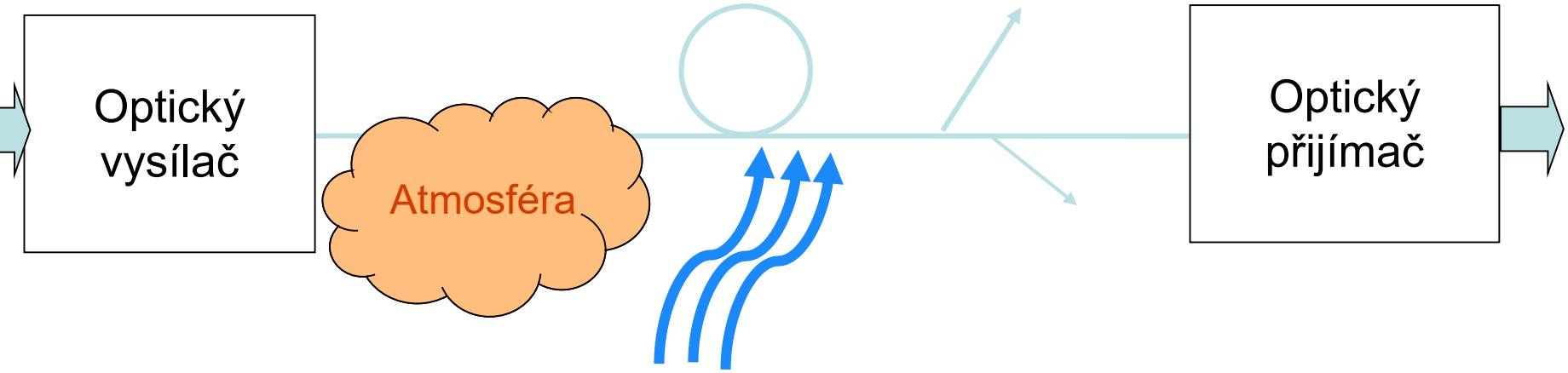
Délka optického vlákna - L

A – útlum vlákna v dB

BR – přenosová rychlost v $bit.s^{-1}$

Ztráty energie

Disperze vlákna



Vnější vlivy – vláknově optické senzory

Vláknově optické senzory obecně

Co můžeme od senzorů očekávat?
Materiály a charakteristiky

Materiál senzoru a jeho charakteristiky	Očekávané vlastnosti a použití
➢ Křemenné sklo	Základ senzoru a přenosových cest
➢ Plasty a kovy	Ochranný plášť, převodníky, konektory
➢ Rozměry	Vnější průměr 0,1 – 1 mm
➢ Hmotnost	Cca 20 $mg.m^{-1}$
➢ Nejmenší poloměr zakřivení	5 mm
➢ Chemická odolnost	Velmi dobrá
➢ Teplotní odolnost	-30° - 200°C pro PCS vlákno -15° - 150°C pro celoplastové vlákno -50° - 200°C pro celoskleněné vlákno Nad 200°C kovové stínění 600° - 1200°C holé křemenné vlákno
➢ Elektrická izolace	Není potřebné uzemnění Potenciálový spád do 600 $kV.m^{-1}$
➢ Pevnost v tahu	Optické vlákno má větší pevnost než ocelové stejného průměru
➢ Útlum signálu	Závisí na typu vlákna, minimum stejné jako v optických komunikacích

Vláknové optické senzory obecně

Co můžeme od senzorů očekávat?
Optické měřicí metody

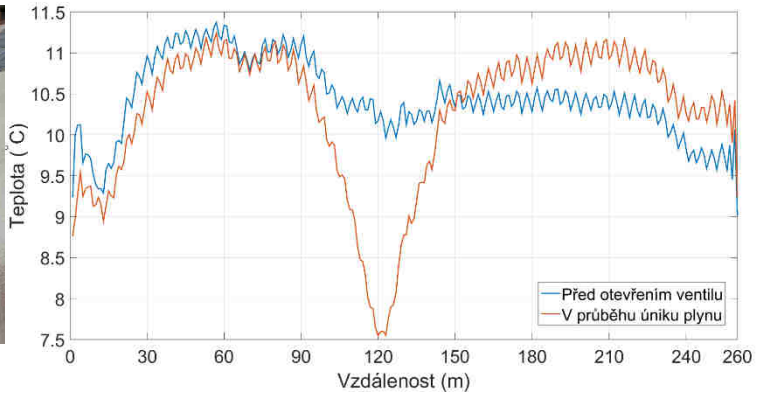
Charakteristiky metod	Očekávané vlastnosti
➢ Nevýbušné	Použití světla, malé výkony 10^{o} uW – 10^{1} mW
➢ Velký dynamický rozsah a BW	Vhodnou konstrukcí lze vyloučit vnější rušení, BW je převzatá z OK
➢ Odolnost proti zkratu	Senzor nepotřebuje napájení v místě snímání
➢ Optický digitální výstup	Typické pro interferometry, zvýšení SNR box-car integrátory
➢ Pasivní pracovní režim	Dotazový signál a reakce senzoru může být bez zesílení, lze zpracovávat ve vzdáleném místě
➢ Vlnový multiplex	Vícenásobné využití vláken, měření ve více bodech
➢ Odolnost proti elektromagnetickému rušení	Daná fotonovou vazbou, omezené přeslechy mezi kanály

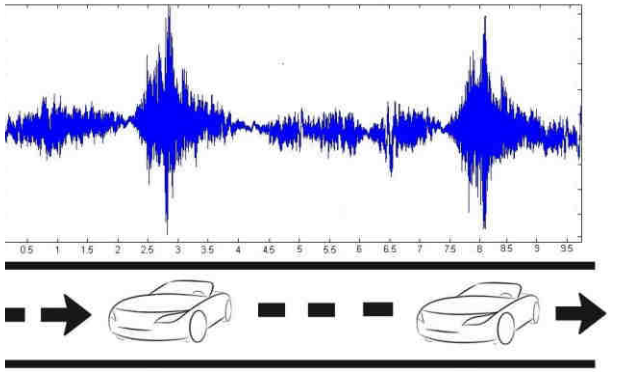
Vláknově optické senzory – příklady aplikací

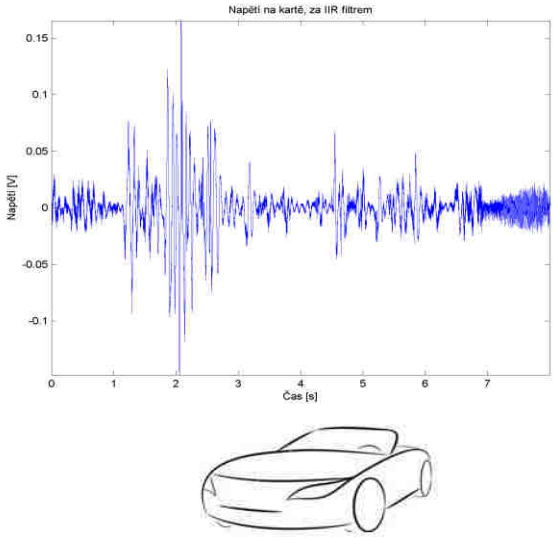
Monitorování mechanického namáhání stavebních konstrukcí.
Monitorování rozložení teploty uvnitř silových kabelů.
Monitoring strukturálního zatížení dálničního tunelu (3D model).
Monitorování úniků tepla a dalších médií.
Měření hydratačního tepla betonových směsí.
Měření pohybů osob v jeskyních a hledání nových průduchů.
Měření vlhkosti zdiva a výšek hladiny spodních vod.
Měření nežádoucích průsaků splaškových vod do kanalizace.
Měření stability svahů.
Měření vibrací (sledování perimetru, identifikace a rychlost objektů, prostorový odposlech).
Monitorování zdravotního stavu pacienta.

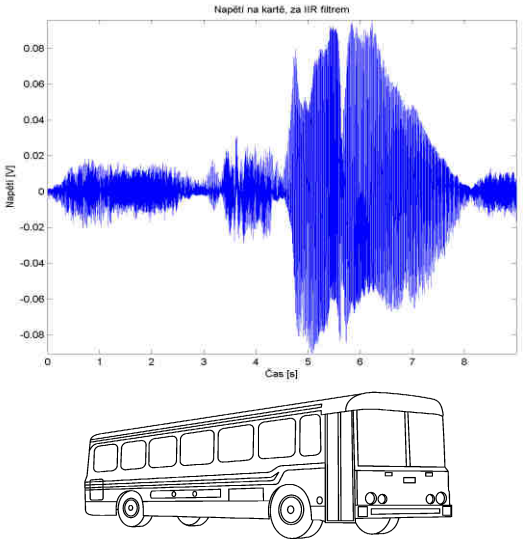
ELEZNIČNÍ A SILNIČNÍ DOPRAVA - průjezdy vozidel, přítomnost nápravy, počítání náprav, vážení, měření rychlosti, klasifikace objektů, provozní stav výhybek.

Vláknově optické senzory – příklady aplikací



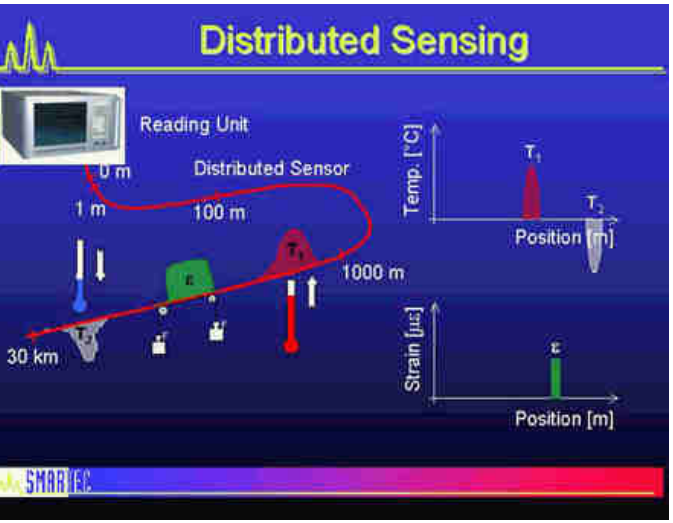


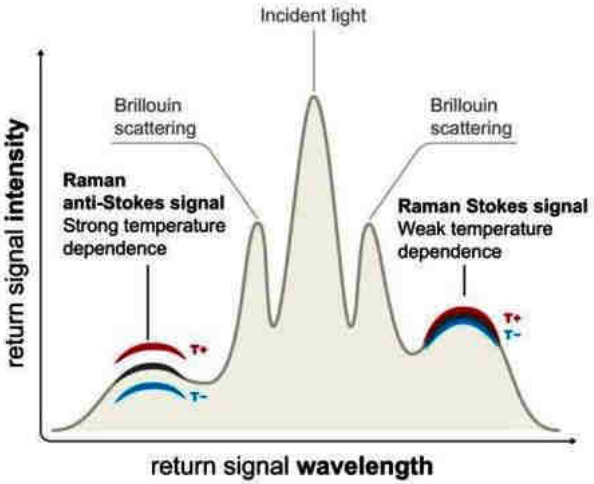




Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Nelineární rozptyly





Další aplikace:

- **Monitorování mechanického namáhání stavebních konstrukcí**
- **Měření teploty při termosanaci objektů**
- **Měření stability svahů**
- **Monitorování rozložení teploty uvnitř silových kabelů**

Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Analýza dálničních tunelů pomocí optických vláken uložených za primárním obložením

- Tunel Milochov (Žilina)
- Implementace vlákna na příhradové nosníky (primární ostění)
- Princip založen na BOTDR
- Cíl je monitoring strukturálního zatížení dálničního tunelu (3D model pokrytí, vzdálené a kontinuální monitorování)

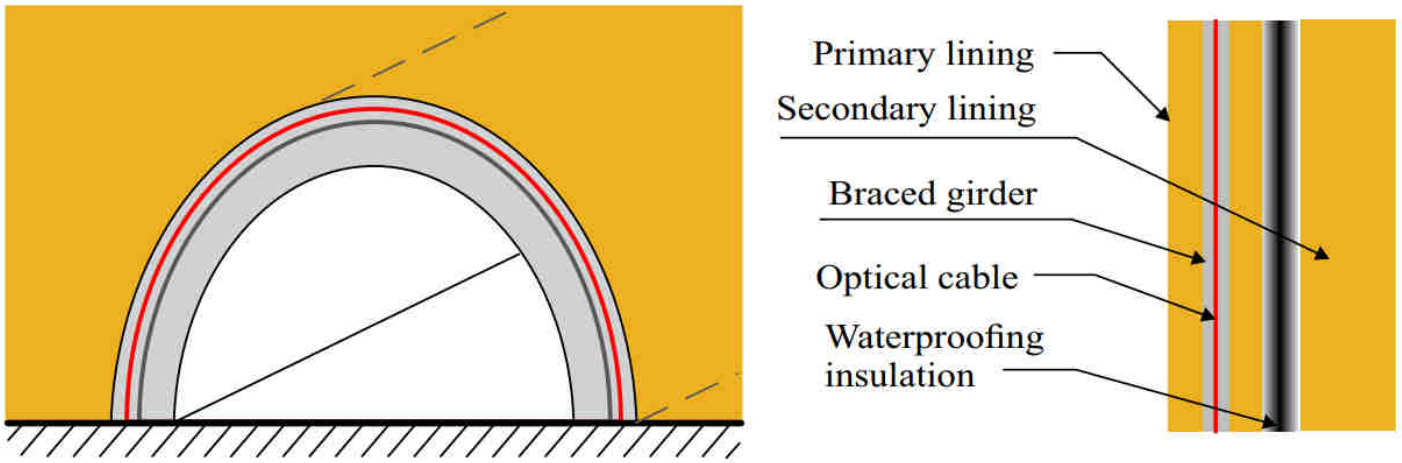
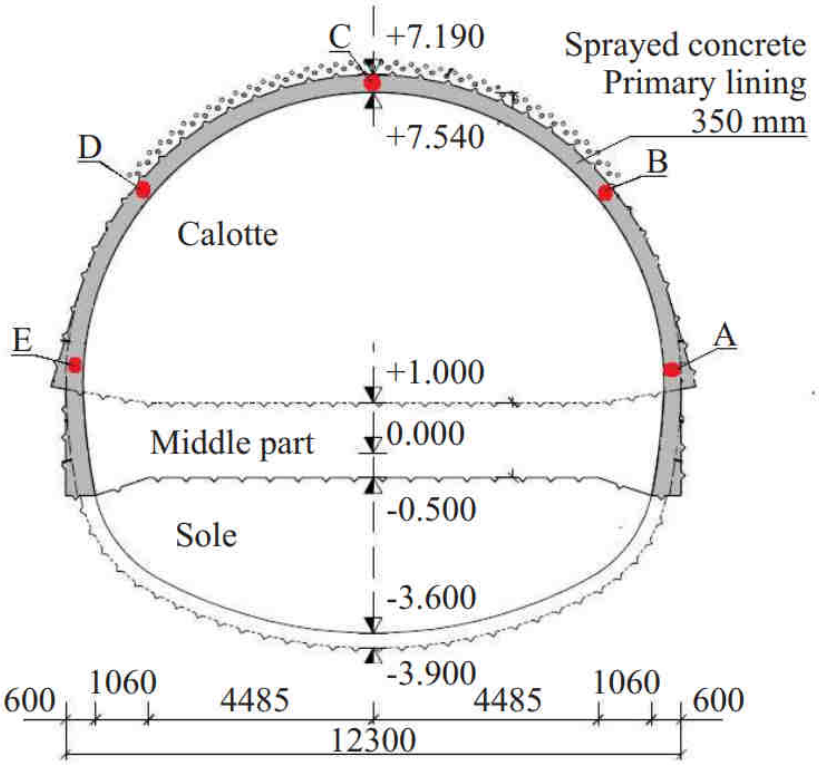
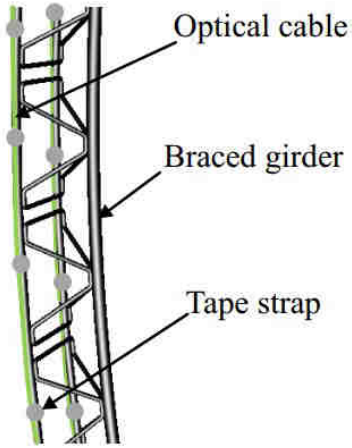


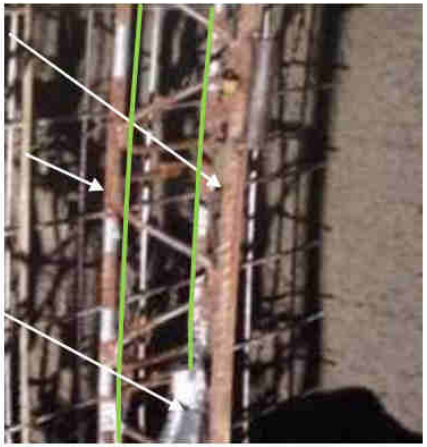
Fig. 1: Struktura tunelu (vlevo), detail na stěnu (vpravo)

Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Implementace optického vlákna na příhradový nosník po celé jeho délce



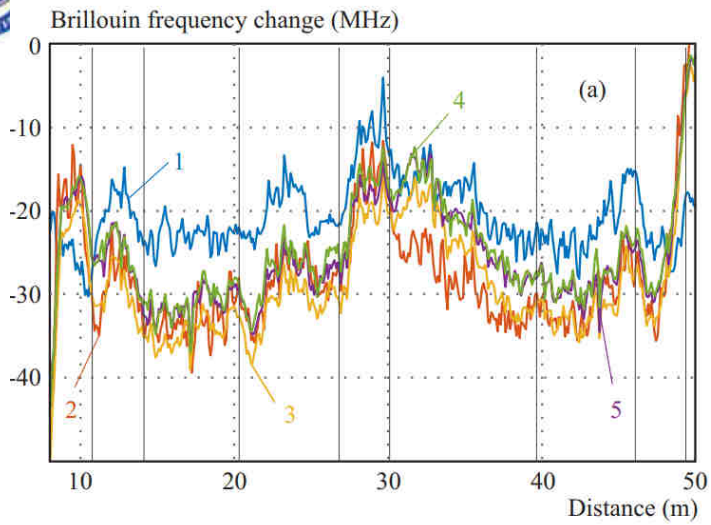


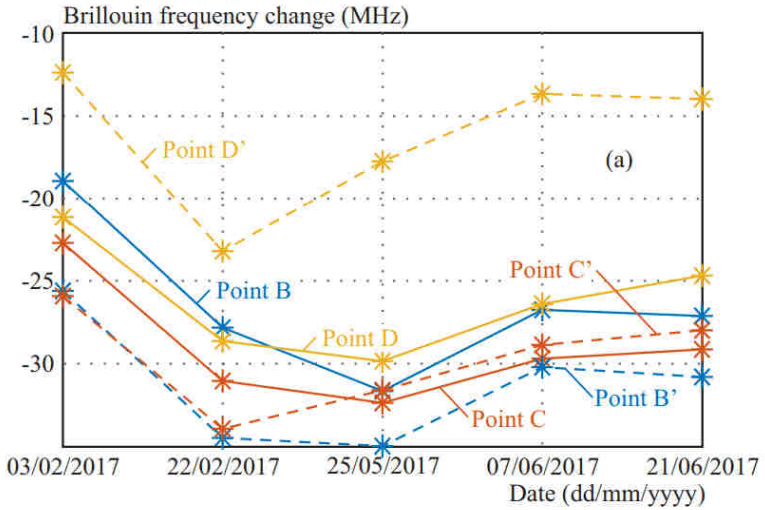


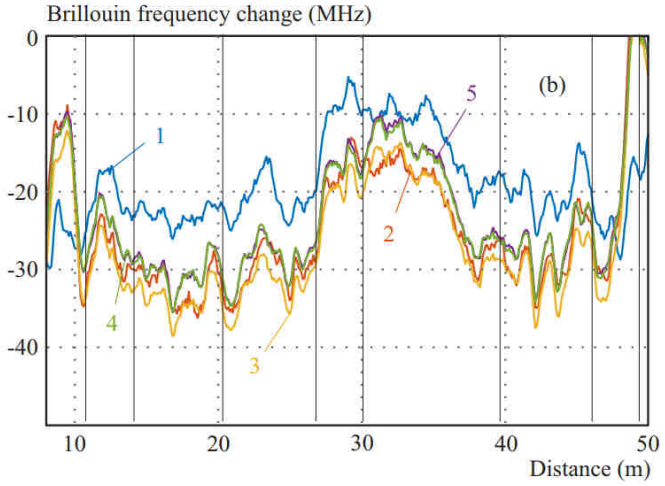
Struktura tunelu (vlevo) s rozměry, foto z umístění optického kabelu (vpravo).

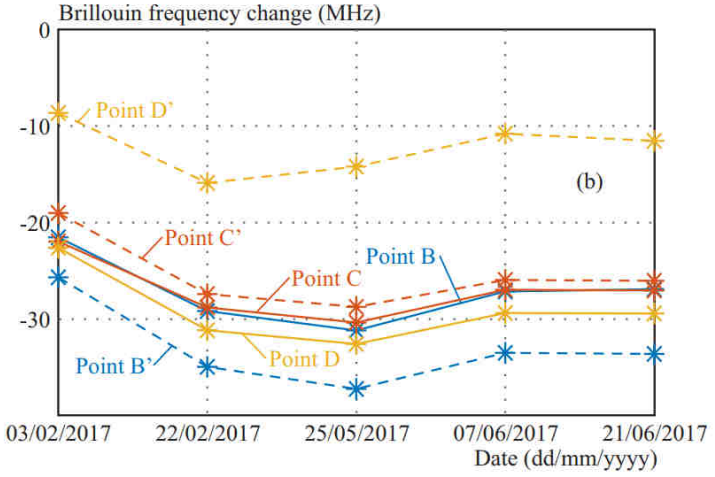
Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Výsledky měření (6 měsíců)









Vývoj změn Brillouinovy frekvence vůči referenčnímu měření (křivky 1-5)

Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Podkolejnicový optovláknový snímač

Využívá přímé monitorování interakcí vyvolaných hmotností fyzických těles, což je v reálných podmínkách téměř imunní vůči ovlivnění falešnými vlivy.

Deformace je přenášena na optovláknový snímač, dochází ke změnám vlastností procházejícího světla a ty jsou detekovány vyhodnocovací jednotkou.

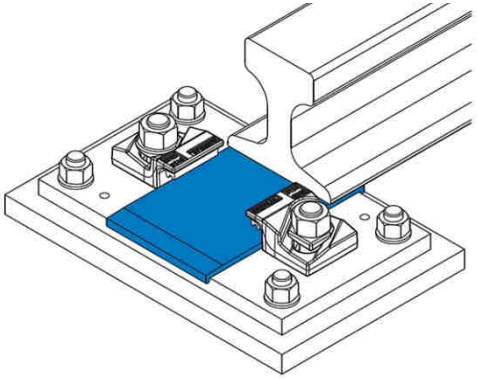
Snímač je svým umístěním dostatečně mechanicky chráněn proti poškození, stačí řešit mechanickou ochranu připojeného optického vlákna.

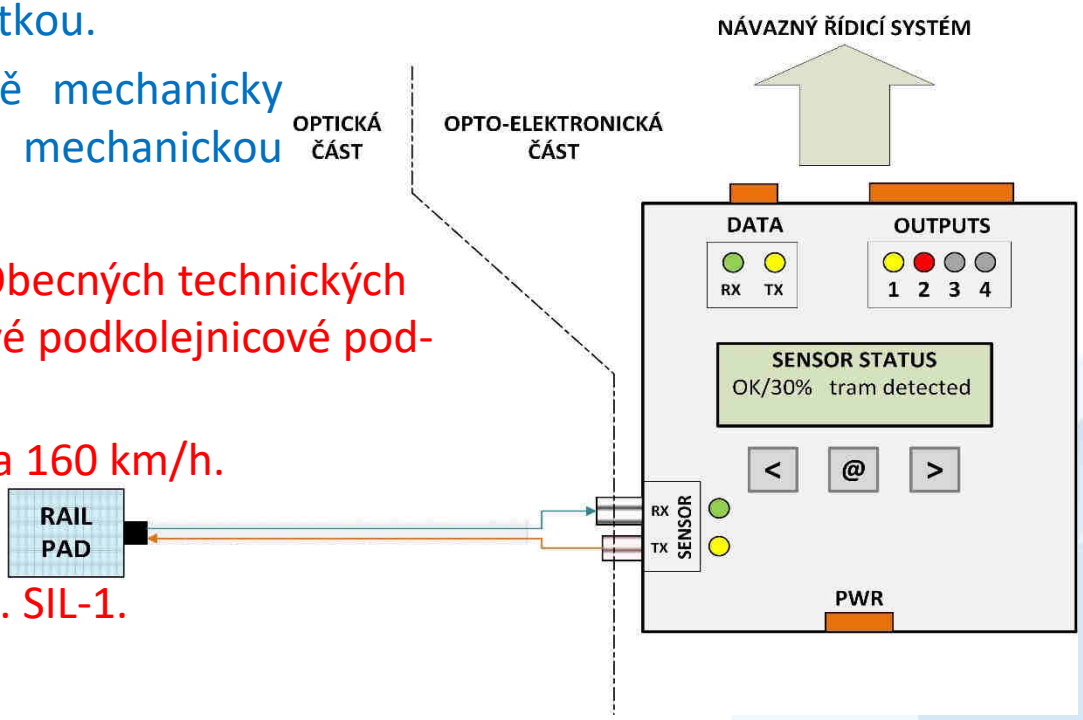
Nutno zajistit soulad s ČSN EN 13 146 a Obecných technických podmínek definující požadavky na pryžové podkolejnicové pod-ložky.

Rychlost detekce tram. do 80 km/h, dráha 160 km/h.

Variabilita vyhodnocovacích jednotek.

Výchozí úroveň integrity bezpečnosti min. SIL-1.



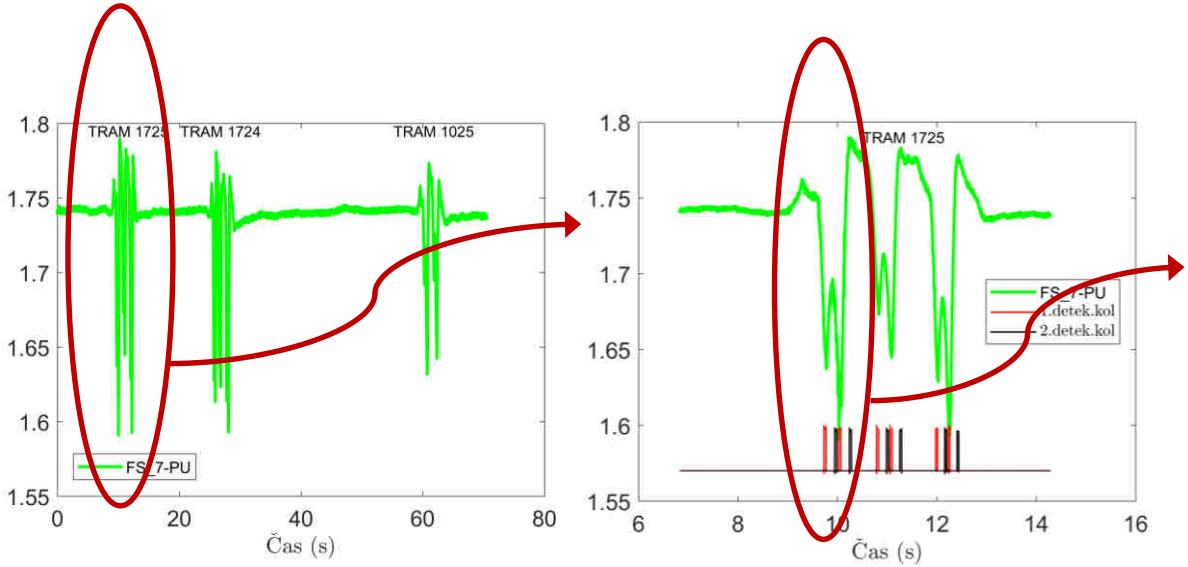


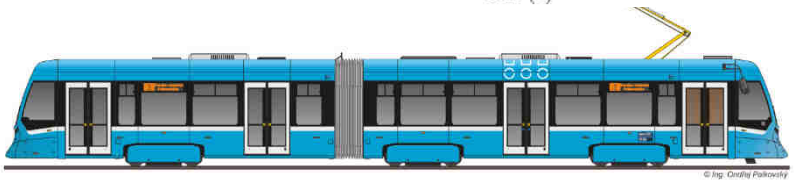
Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Praktické testy snímače

Vláknově optické senzory – příklady aplikací

Praktické testy snímače

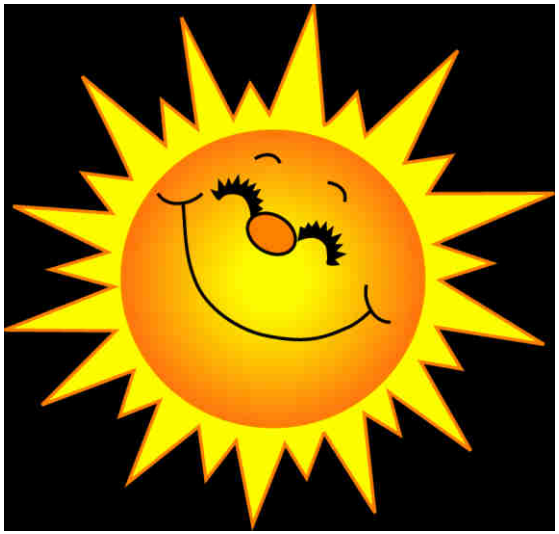




TRAMVAJOVÉ APLIKACE – náhrada indukčních smyček (např. ve vozovnách), stavění výhybek, tramvajové přechody a přejezdy, nedovolené projetí návěsti „stůj“ u jednokolejek, preference dopravy, počítání náprav atd.

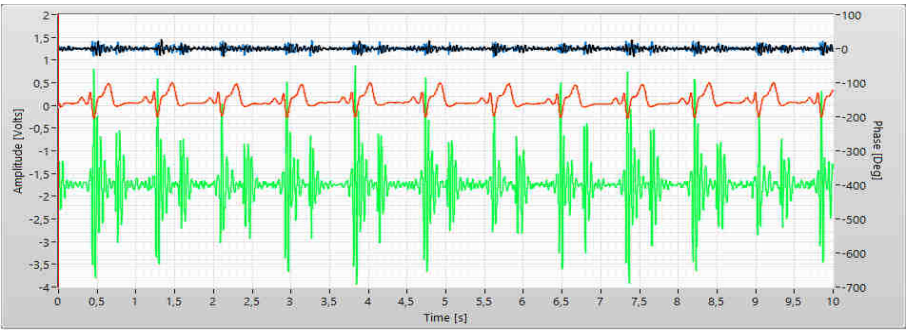
ŽELEZNIČNÍ APLIKACE – náhrada indukčních smyček a kolových senzorů (např. v diagnostických systémech horkoběžnosti nebo plochých kol); nedovolené projetí návěstidla apod.

Děkuji za pozornost

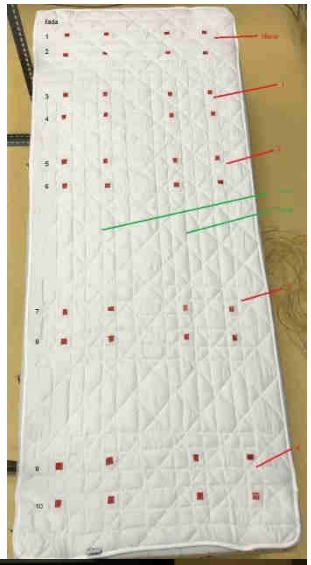


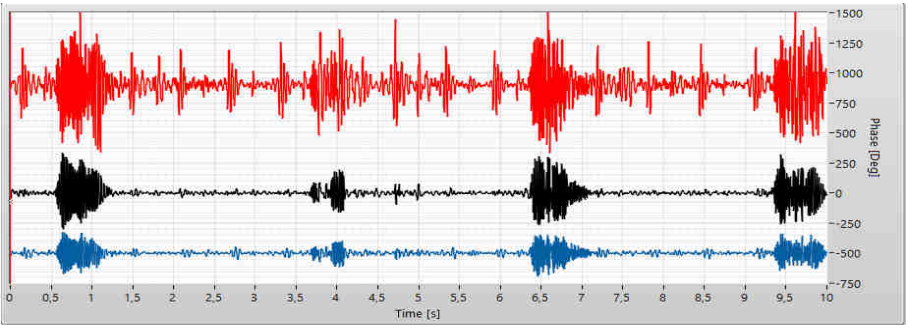
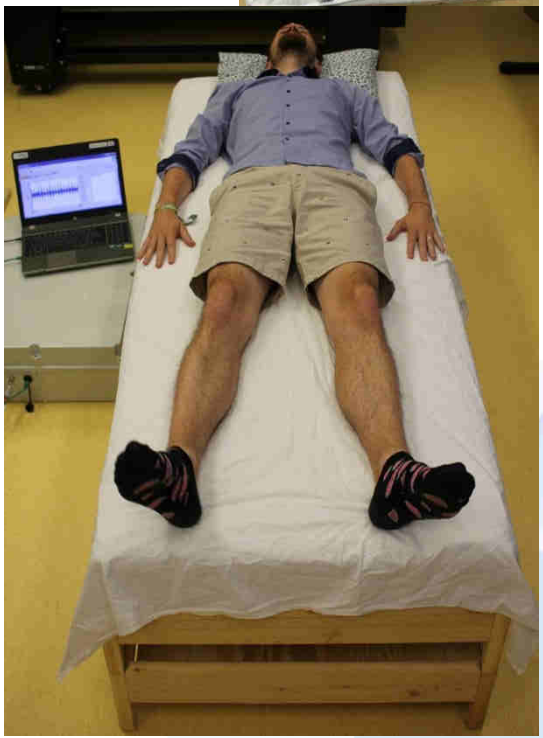
Fikce nebo realita ?

Zvýšení komfortu pacientů vlivem snížení počtu senzorů umístěných přímo na těle pacienta



Ukázka měření srdeční aktivity, červeně – referenční signál EKG, zeleně – PCG signál z FOI senzoru na těle, modře/černě – PCG signály ze senzorů v lehátku





Ukázka detekce chrápání, červeně – v PCG signálu ze senzoru umístěného na těle, modře/černě – v PCG signálu ze senzorů v lehátku