

Další nenormové způsoby diagnostiky stavu vozovek (sběr poruch, laserové skenování, fotosken, georadar, termografie, FWD, WIM)

*Ing. Josef Stryk, Ph.D.
Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.*

Únor – březen 2015

NDT metody:

Informace o stavu povrchu vozovky

- ▶ Výskyt poruch
- ▶ Laserové skenování (LS)
- ▶ Fotosken (korelační fotogrammetrická metoda)

Informace o stavu konstrukce vozovky

- ▶ Výskyt poruch
- ▶ Georadar (GPR – Ground Penetrating Radar)
- ▶ Termografie
- ▶ Rázové zařízení FWD (Falling Weight Deflectometer)

Informace o zatížení vozovky

- ▶ Vážení vozidel za pohybu **WIM** (Weight in Motion)

2

System hospodaření s vozovkami:

Proměnné parametry

- ▶ podélná a příčná nerovnost (IRI, R),
- ▶ protismykové vlastnosti (fp),
- ▶ makrotextura (MPD) a
- ▶ **výskyt poruch (dle TP 62 a TP 82) – hodnocení 5 klas.st.**

Síťová úroveň – jedná se o cyklicky opakovaný proces posuzování sítě PK vyhledávající úseky, které nesplňují požadavky provozní způsobilosti a/nebo výskytu poruch vozovky, a navrhuující tyto úseky k provedení zásahu (údržba, oprava nebo rekonstrukce)

Projektová úroveň – upřesnění podkladů na úsecích PK, které byly vybrány v předešlé úrovni; provádí se doplňková diagnostika – **doplnění o únosnost (tz)**

3

Výskyt poruch

Výskyt poruch

Typy povrchů

- ▶ Vozovky s asfaltovým (AB) krytem – TP 82: Katalog poruch
- ▶ Vozovky s cementobetonovým (CB) krytem – TP 62: Katalog poruch

Způsob sběru informací – vizuální prohlídka

- ▶ Záznam v rámci pochůzky
- ▶ Záznam z měřicího vozidla – foto (a 5 m) nebo video

Evidence výsledků

- ▶ Formuláře – grafický záznam
- ▶ Tabulkové zpracování – 15 typů poruch podle TP 82 a TP 62
- ▶ Mapy s evidencí výskytu poruch – manuálně/poloautomaticky
- ▶ Uložení do silniční databanky (SDB) nebo databáze správce PK

5

AB kryt - TP 82 29 katalogových listů poruch

- ▶ popis
- ▶ příčina
- ▶ možný vývoj
- ▶ návrh opravy

15 poruch do SDB

Skupina poruch	Číslo poruchy kat. list	Název poruchy	ISSDS ŘSD ČR	
			Evidováno	Číslo poruchy dle číselníku ¹⁾
Ztráta protismykových vlastností	01	Ztráta mikrotextury	NE	
	02	Ztráta makrotextury	ANO	11
Ztráta hmoty	03	Kaverny	ANO	1
	04	Opatřebení EKZ, EMK	ANO	12
	05	Ztráta kameniva z nátěru	ANO	11
	06	Ztráta asfaltového tmelu	ANO	01
	07	Hloubková koroze	ANO	02
	08	Výtluky v ohrubné vrstvě a krytu	ANO	03
	09	Vysprávký	ANO	10
Trhliny	10	Mozaikové trhliny	ANO	14
	11	Trhlina podélná úzká	ANO	13
	12	Trhlina příčná úzká	ANO	09
	13	Trhlina podélná široká	ANO	06
	14	Trhlina příčná široká	ANO	07
	15	Trhlina podélná rozvětvená	ANO	08
	16	Trhlina příčná rozvětvená	ANO	08
	17	Síťové trhliny	ANO	08

6

AB kryt - TP 82 29 katalogových listů poruch

Skupina poruch	Číslo poruchy kat. list	Název poruchy	ISSDS ŘSD ČR	
			Evidováno	Číslo poruchy dle číselníku ¹⁾
Deformace	18	Olamování okrajů vozovky	NE	
	19	Puchýře v MA	NE	
	20	Nepravidelné hrboly	NE	
	21	Vyjeté koleje	NE	
	22	Místní hrbol	ANO	04
	23	Podélný hrbol	ANO	04
	24	Místní pokles	ANO	15
	25	Podélný pokles	ANO	15
	26	Plošná deformace vozovky	ANO	05
Jiné poruchy	27	Prolomení vozovky	NE	
	28	Zanesení příkopů	NE	
	29	Zvýšená nepevněná krajnice	NE	

7

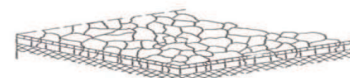
Porucha č. 17: Síťové trhliny

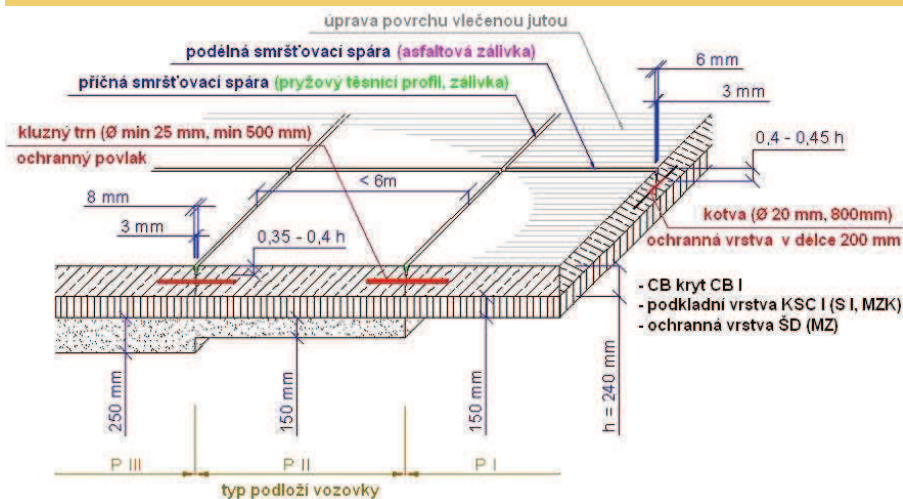


- Popis poruchy:** V první fázi se podobají mozaikovým trhlinám, ale zasahují všechny asfaltové vrstvy vozovky. Velikost ok je přibližně podle tloušťky asfaltových vrstev 10 - 40 cm
- Výskyt:** Ojediněly na malých plochách.
Souvislý až na celou šířku vozovky.
- Obdobné poruchy:** 10 - mozaikové trhliny
15 - trhliny rozvětvená podélná
16 - trhliny rozvětvená příčná
- Únosnost vozovky:**
- Ovlivňuje:**
- Příčina vzniku:** Porušení asfaltových vrstev únavou (vyšší dopravní zatížení než zatížení na něž byla vozovka vybudována, tenké asfaltové vrstvy), neúnosné podloží, porušení podkladní vrstvy, podložní zemina proniká do podkladních vrstev (nesplněno filtrační kritérium).
- Možný vývoj:** Pronikající voda trhlinami snižuje únosnost podloží, v jarním nebo deštivém období může dojít ke vzniku hrbolu, k plošným deformacím a k prolomení vozovky.
- Návrh opravy:** Lehké vozovky (penetrační makadam, asfaltové směsi tloušťky do 50 mm) - při minimálním dopravním zatížení a při počátečním vývoji trhlin provedení nátěru a c (hloubková drenáž). Těžší vozovky - zesílení, částečná rekonstrukce (výměna porušených asfaltových vrstev zvláště na malých plochách) nebo úplná rekonstrukce

Perokresba:

8





Typická konstrukce vozovky s CB krytem v ČR (TP 170, ČSN 73 6123-1)

CB kryt - TP 62 38 katalogových listů poruch

- popis
- příčina
- možný vývoj
- návrh opravy

15 poruch do SDB

10

Skupina poruch	Kat. list	Název poruchy
1 Poruchy povrchu	10	Jamka
	11	Výtluk
	12	Mapové trhlinky
	13	Koroze povrchu
	14	Plošný rozpad povrchu
	15	Ohlazení povrchu
	16	Povrch narušený požárem
	18-19	Rezerva
	2 Poruchy na spárách bez destrukcí	20
21		Nefunkční nebo chybějící těsnění příčné spáry
22		Rozestoupená podélná spára
23		Rozestoupená příčná spára
24		Těsná příčná spára
25		Vzájemný horizontální posun betonových pruhů
26-29		Rezerva
3 Poruchy na spárách s destrukcemi	30	Rozpad betonu na podélné spáře
	31	Rozpad betonu na příčné spáře
	32	Oprýskaná hrana desky
	33	Ulomená hrana desky
	34	Rozdrocený roh na styku desek
	35-39	Rezerva

CB kryt - TP 62 38 katalogových listů poruch

Skupina poruch	Deformace nivelety	Popis poruchy
4 Trhliny	40	Podélná trhlina
	41	Oblouková trhlina
	42	Příčná trhlina
	43	Šikmá trhlina
	44	Nepravidelná trhlina
	45	Ulomený roh desky
	46	Podélné trhliny vícečetné, v přibližně konstantních vzdálenostech
	47	Trhlina nad kluzným trnem
	48	Trhlina nad kotvou
	49	Trhlina podél konců kotev nebo kluzných trnů
5 Deformace nivelety	50	Rozlomená deska
	51	Pumpování desky
	52	Vertikální posun desek na příčné spáře (schůdky)
	53	Vertikální posun na podélné spáře
	54	Střechovitý zdvih desek
	55	Pokles desek
	56	Vystřelení desky
	57	Nerovnosti na styku cementobetonového a asfaltového krytu
	58	Zvlnění cementobetonového krytu
	59	Rezerva
6 Jiné poruchy	60	Poruchy způsobené alkalicko-křemičitou reakcí kameniva v betonu
	61	Porucha odvodnění
	62	Provizorní vysrávka / porucha vysrávků
	63-69	Rezerva

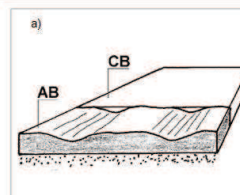
KATALOGOVÝ LIST

57

Nerovnosti na styku CB - AB krytu

Skupina poruch 5 Deformace nivelety

Kresba: Popis poruchy:



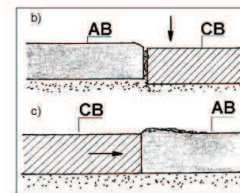
a) Schůdek na styku asfaltového a CB krytu, a to v jízdních stopách vozidel.
b) Schůdek na styku asfaltového a CB krytu, zpravidla na celou šířku jízdního pásu.
c) Příčný hrbol z asfaltové směsi na styku obou typů krytů způsobený posunem CB krytu.

Pozn.: V úvahu připadá také rozestoupení spáry na styku asfaltového a CB krytu - viz poruchy 22 a 23.

Obdobné poruchy:

V případě a) a b) vizuálně schůdky (52) v případě c) příčný nebo podélný hrbol na asfaltovém krytu.

Kresba: Parametr poruchy:



Výška (mm)

Závažnost poruchy:

Stupeň závažnosti 2 až 4
Středně závažná až velmi závažná porucha podle výšky schůdku, resp. hrbolu.

Nejčastější příčina vzniku:

a). Trvalé deformace asfaltových krytů vozovky - vyjždění kolejí.
b). Nestápné sedání podkladu u přechodu na objekty, nepřesné provedení krytu.
c). Roztažnost betonu a neuhlazený spoj vytváří trvalými deformacemi hrbol v asfaltovém krytu

Možný vývoj:

Zvětšování výšky schůdků, resp. zvětšování výšky hrbolu.

Porucha č. 57: Nerovnosti na styku CB-AB krytu

57

Nerovnosti na styku CB - AB krytu

Konstrukční a technické zásady údržby/opravy:

Reší se zpravidla zbrojením (odtřezováním) nerovností asfaltového krytu s případným doplněním asfaltové vrstvy novou směsí.

Správné provedení spojení CB krytu a asfaltového krytu vozovky je uvedeno na obrázku.



Laserové skenování

Laserový skenovací systém (**LIDAR** - Light Detection And Ranging) umožňuje bezkontaktní určování prostorových souřadnic, **3D** modelování, vizualizaci složitých staveb a konstrukcí, podzemních prostor, libovolných terénů atp.



statické



stop & go



mobilní

až 100 km/h.
500 000 bodů/s
dosah až 75 m.
absolutní přesnost 1 - 2 cm.

letecké

Tab. 1: Parametry vybraných zařízení pro statické laserové skenování (údaje z června 2013)

Výrobce	Optech	Riegl	Riegl	Faro	Basis Software Inc.	Leica Geosystems AG	Topcon
Model	ILRIS HD	VZ-1000	VZ-6000	Focus 3D	Surphaser 25HSX	ScanStation C10	GLS-1500
Praktický dosah při reflektivě	1250 m (80% refl.)	1350 m (80% refl.)	5800 m (80% refl.)	120 m (90% refl.)	70 m	300 m (90% refl.)	330 m (90% refl.)
Přesnost ve vzdálenosti	4 mm (100 m)	8 mm (100 m)	15 mm (150 m)	2 mm -	0,5 mm (5 m)	4 mm (1-50 m)	4 mm (150 m)
Úhel záběru (VxH)	360°x360°	100°x360°	60°x360°	305°x360°	270°x360°	270°x360°	70°x360°
Max rychlost skenování (bodů/s)	10 000	122 000	222 000	976 000	1200 000	50 000	30 000
Min. vertikální krok	0,000745°	0,002°	0,0024°	0,009°	0,01°	0,0002°	0,000573°
Min. horizont. krok	0,000745°	0,002°	0,0024°	0,009°	0,005°	0,0002°	0,000573°
Bezpečnostní třída	1	1	3B	3R	3R	3R	1

Nejčastější aplikace v oblasti dopravní infrastruktury:

- zaměření zájmové lokality jako podklad pro přípravu stavby,
- kontrola kubatur zemních prací,
- kontrolní měření vedení liniových staveb a umístění objektů,
- zaměření stavby jako podklad pro přípravu zásahu,
- celoplošné vyjádření nerovností povrchu vozovky (např. zjištění odtokových poměrů),

Speciální aplikace:

- lokalizace objektů (překážek) v blízkosti PK z pohledu bezpečnosti provozu,
- pasport dopravního značení, dopravního a jiného zařízení,
- zjišťování průjezdnosti trasy při přepravě nadměrného nákladu,
- vizualizace pohledu řidiče a virtuální průjezdy.

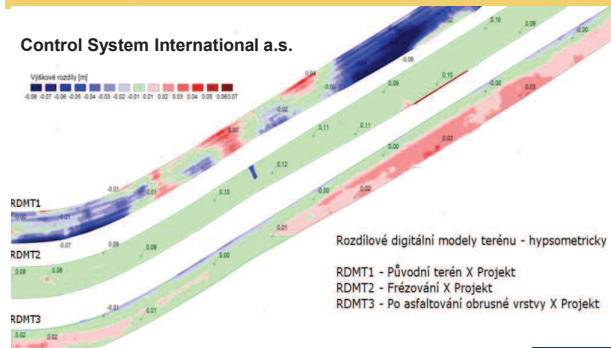
Metodika MD: Metody laserového skenování objektů dopravní infrastruktury a jejich blízkého okolí. Geovap, spol. s r.o., Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., 24 p., 2013.



Control System International a.s.

Výškové rozdíly [m]

0.00 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05 0.06 0.07 0.08 0.09 0.10 0.11 0.12 0.13 0.14 0.15 0.16 0.17 0.18 0.19 0.20 0.21 0.22 0.23 0.24 0.25 0.26 0.27 0.28 0.29 0.30 0.31 0.32 0.33 0.34 0.35 0.36 0.37 0.38 0.39 0.40 0.41 0.42 0.43 0.44 0.45 0.46 0.47 0.48 0.49 0.50 0.51 0.52 0.53 0.54 0.55 0.56 0.57 0.58 0.59 0.60 0.61 0.62 0.63 0.64 0.65 0.66 0.67 0.68 0.69 0.70 0.71 0.72 0.73 0.74 0.75 0.76 0.77 0.78 0.79 0.80 0.81 0.82 0.83 0.84 0.85 0.86 0.87 0.88 0.89 0.90 0.91 0.92 0.93 0.94 0.95 0.96 0.97 0.98 0.99 1.00

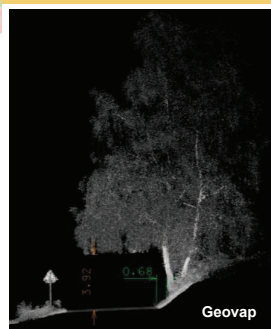


Rozdílové digitální modely terénu - hysometricky

RDMT1 - Původní terén X Projekt

RDMT2 - Frézování X Projekt

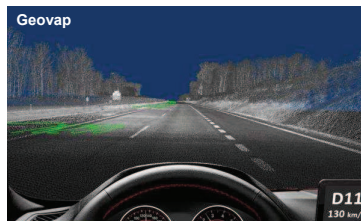
RDMT3 - Po asfaltování obrusné vrstvy X Projekt



Geovap

sklonové poměry (stupně)

0.0 0.5 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0



Geovap

D11
130 km/h

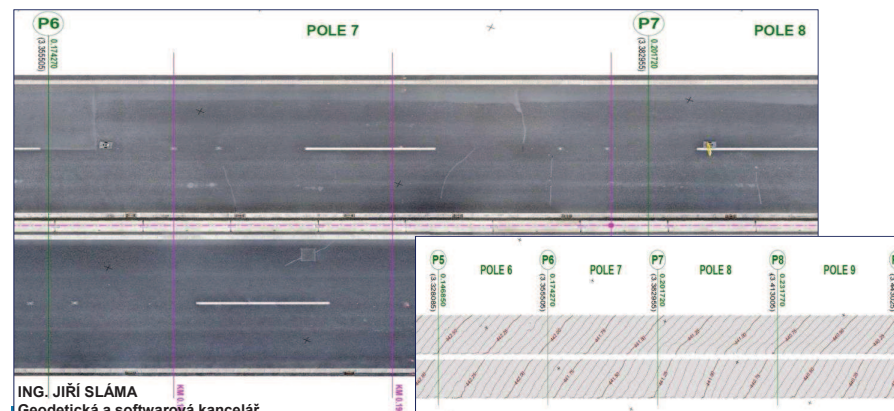
Fotosken (Korelační fotogrammetrická metoda)

Fotosken

- Technologie fotoskenování je jednou z novějších fotogrammetrických metod, která umožňuje získat **prostorový tvar objektu i jeho texturu pouze na základě pořízených fotografií**.
- Výsledkem je matematický prostorový model objektu potažený texturou ze shodných fotografických snímků, které byly zdrojem prostorových dat.
- Model lze rozměrově kalibrovat nebo s využitím vlčcovacích bodů přímo georeferencovat do zvoleného prostorového souřadného systému.
- **Podrobnost a přesnost** výsledného modelu je s ohledem na účel volitelná.
- **Výstupy (mračno bodů a 3D model)** jsou shodné s výstupy z technologie laserového skenování.
- Používá se rozdělení na **pozemní a leteckou metodu**.
- Původně se metoda prosadila v dokumentaci historických stavebních památek a archeologických nalezišť.

Detailní ortofotomapa vozovky na mostě (délka 306m)

- dokumentace rozvíjejících se **trhlin** v asfaltovém krytu vozovky
- 800 fotografií, s rozlišením 2 mm, kde jsou již trhliny dobře patrné
- digitální model povrchu vozovky mostu s relativní výškovou přesností do 2 cm





ING. JIŘÍ SLÁMA
Geodetická a softwarová kancelář



Negrelliho viadukt: fotoplán rozvinutého válce mostní klenby



Fotografie Negrelliho viaduktu a 3D model jednoho mostního pole

střední chyba v poloze a výšce max. 1 cm

Georadar (GPR)

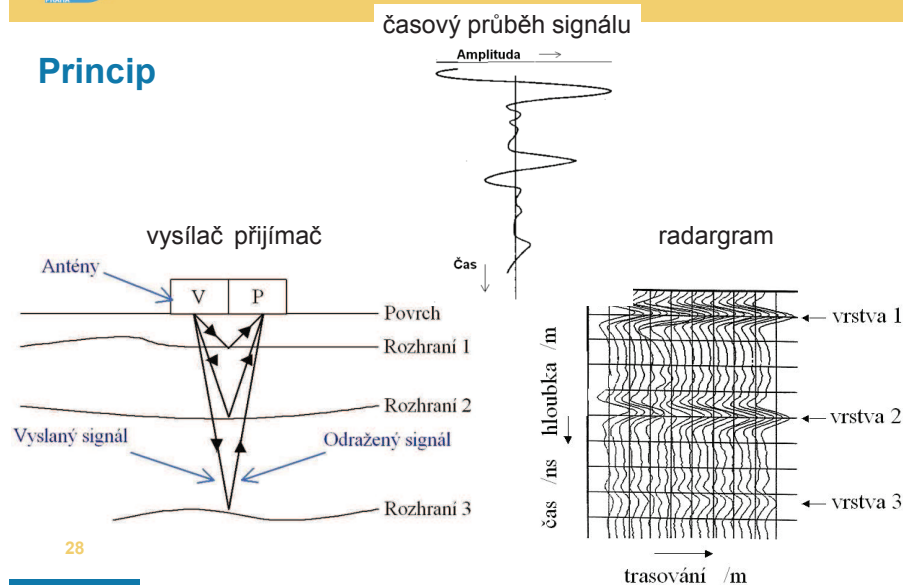
Georadar

Princip spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního EM impulsu vysílací anténou do zkoumaného prostředí. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, dochází k odrazu části energie vyslaného elektromagnetického impulsu a ta se registruje přijímací anténou.

- kontinuální měření za vysokých rychlostí
- 2 a vícekanalová zařízení – umožňuje 3D měření
- antény 200 MHz až 4 GHz (2 - 0,3 m)

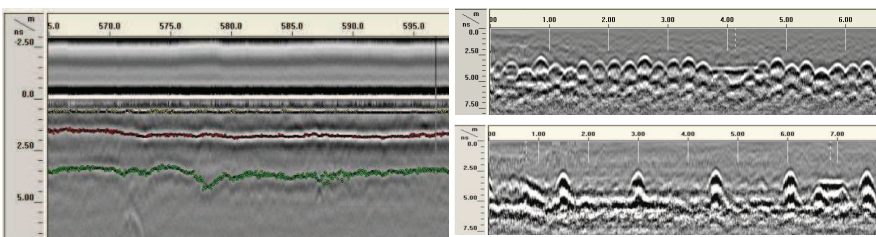


Princip

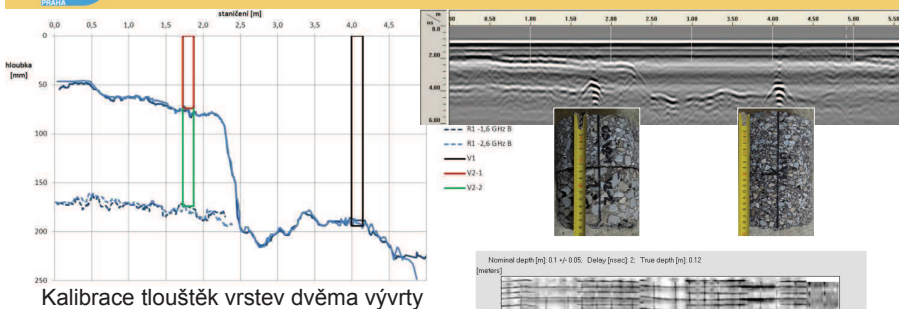
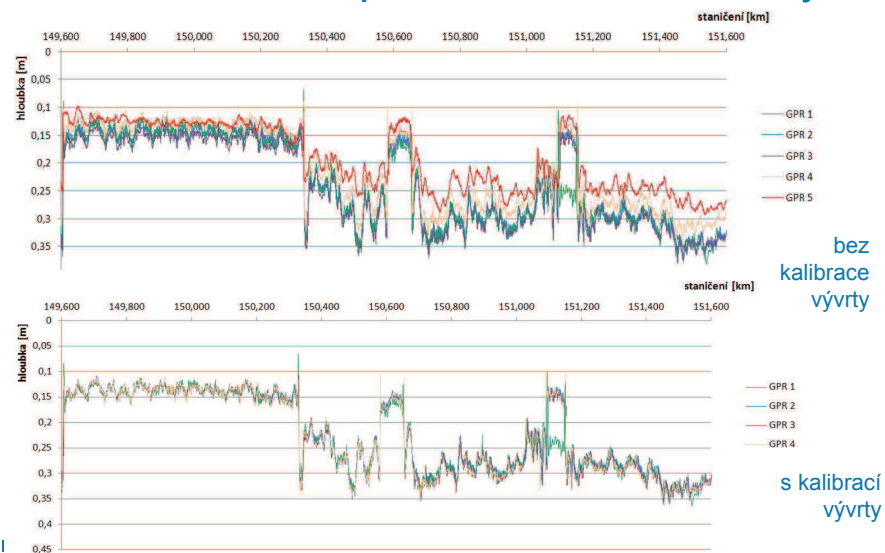


Nejčastější aplikace v oblasti dopravní infrastruktury:

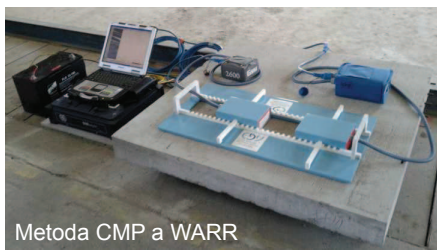
- stanovení tloušťek konstrukčních vrstev vozovek
- stanovení polohy ocelové výztuže v CB krytech vozovek
- identifikace delaminace vrstev, kavern, nehomogenit
- kontinuální monitorování stavu – **projektová úroveň**
- **TP 233**: Georadarová metoda konstrukcí pozemních komunikací (z roku 2011)
- srovnávací měření pro ŘSD 2013 (návrh doplnění TP 207)
- COST TU1208: Využití GPR ve stavebním inženýrství (2013 – 2017)



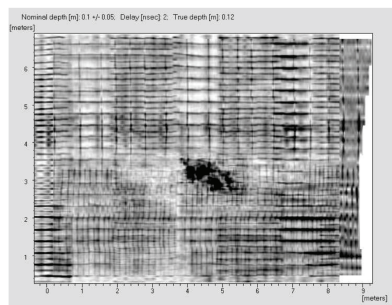
Srovnávací měření pro ŘSD – nové asfaltové vrstvy



Kalibrace tloušťek vrstev dvěma vývrty



Metoda CMP a WARR



3D záznam mostovky s výztuží, hloubkový řez

Termografie

TERMOGRAFIE

používá se kamera ke snímání infračerveného záření a transformuje ho na viditelný obraz, tzv. termogram.

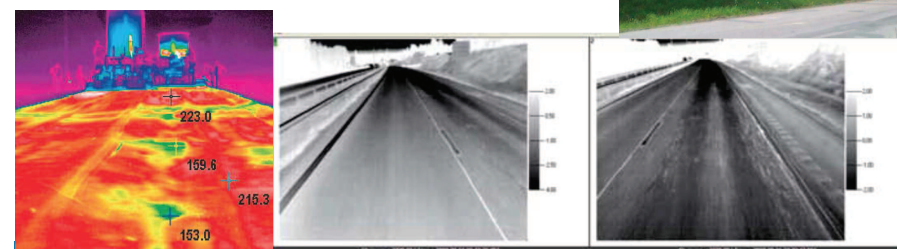
termokamery pracují nejčastěji v rozsahu 8-14 μm .



měření malých teplotních změn na povrchu vozovky s rozlišením až 0,05°C

Při ohřívání jsou oblasti nad poruchou teplejší než okolní nepoškozené oblasti. Při ochlazení konstrukce nastává opak, kdy v těchto místech dochází k rychlejšímu odvodu tepla, a proto se budou tyto oblasti na pořízených termogramech jevit jako chladnější.

Pomocí termokamery lze například odhalit průnik vody pod povrch konstrukce vozovky, který je, především v zimních měsících, jeden z nejčastějších důvodů vzniku poruchy.



Rázové zařízení FWD

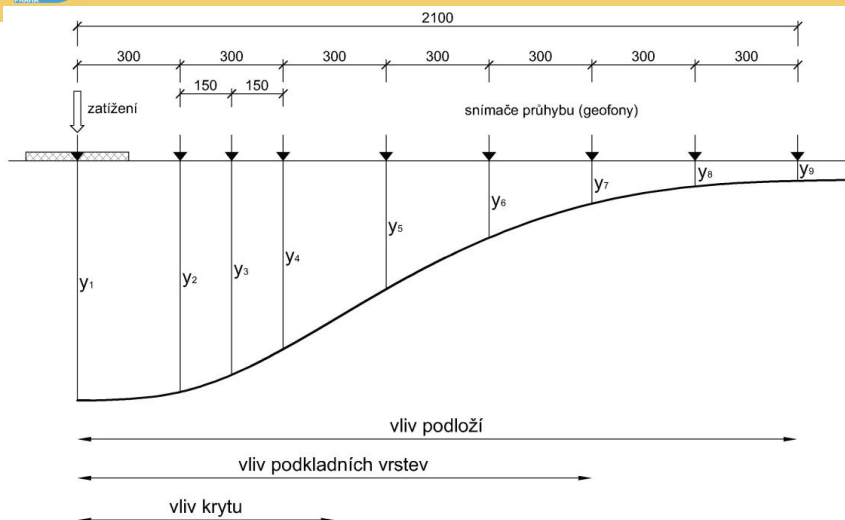
Rázové zařízení FWD

je zařízení na vykonání rázové zatěžovací zkoušky, které **tlumeným rázem** zatěžuje povrch vozovky (případně vrstvu vozovky a podloží) zatížením odpovídajícím zatížení kolem nápravy těžkého nákladního vozidla a zároveň **měří odezvu vozovky (průhyb)** na toto dynamické zatížení.

- slouží k hodnocení **únosnosti**
- **parametr:** průhyb, indexy, **zbytková životnost a návrh zesílení**

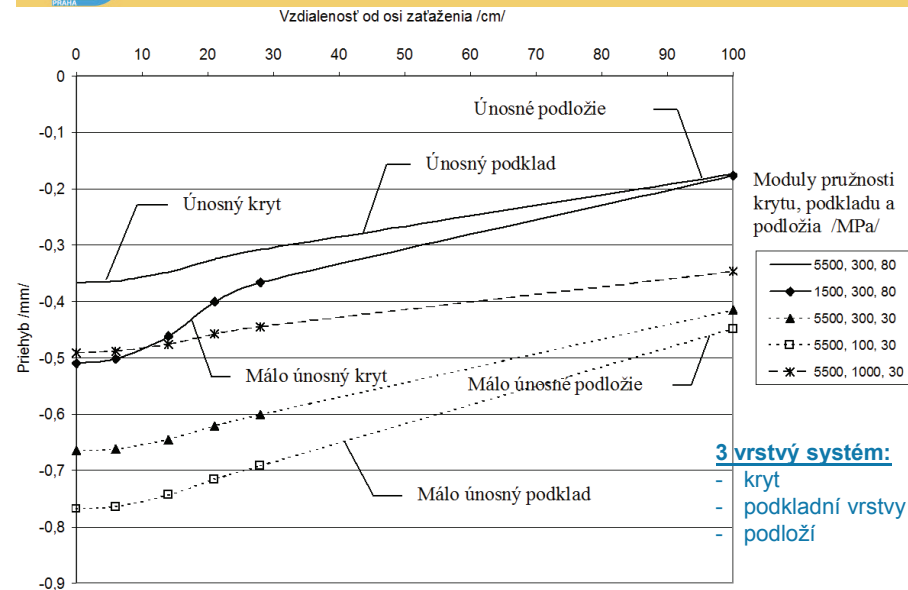


AB – 50 kN
CB – 75 a více kN



37

Průhybová křivka – vliv konstrukčních vrstev vozovky a podloží na velikost průhybu a tvar průhybové křivky



Únosnost

- **hodnocení** na **sít'ové** úrovni (vyhledávací, pro účely plánování) – E_{ekvr} , SCI_{0-300} , $BCI_{600-1200}$ (vychází pouze z naměřených průhybů)
- **hodnocení** na **projektové** úrovni (detailní, pro úseky zařazené do plánu oprav) – E_r pro **asfaltové vrstvy, podkladní vrstvy a podloží** (pomocí programů pro zpětný výpočet) a následný výpočet **zbytkové životnosti a návrh zesílení** vozovky na jednotlivých měřených bodech, jako podklad pro tvorbu homogenních sekcí (k tomu je potřeba znát vývoj intenzity dopravy)

Další možné účely měření jsou:

- kontrola homogenity a kvality vrstev **nově** zřizované **vozovky**,
- stanovení **degradačních funkcí** proměnných parametrů vozovek,
- řešení projektů **výzkumu** a vývoje apod.

Metodika: Měření průhybů a hodnocení únosnosti vozovek rázovým zařízením FWD, CDV, v. v. i., Ing. Pavel Herrmann – RODOS, 26 p., 2013.

Srovnávací měření se provádí podle TP 207: Experiment přesnosti (2009)

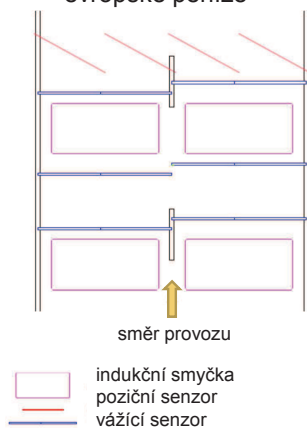
Vážení vozidel za pohybu (WIM)

VÁŽENÍ VOZIDEL ZA POHYBU

- tento systém se nevyužívá v takovém měřítku jak by mohl
- na základě zdokumentovaného zatížení komunikací je možné žádat o evropské peníze

Kombinace senzorů:

- analýza průjezdu vozidla
- analýza okolních podmínek
- validita měření



Organizace a řízení dopravy Postih za přetěžování



Přímý
postih

Selekce
přetížených
vozidel



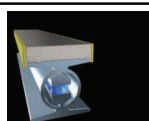
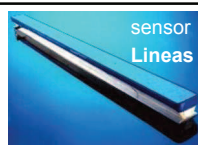
Přenosné váhy



mobilitní



stacionární



Křemenný senzor, jednoduchá instalace,
vysoká přesnost měření jednotlivých kol.
Použití pro předvýběr i přímou penalizaci.

Váhy pro **vysokorychlostní kontrolní vážení silničních vozidel za pohybu** podle zvláštního právního předpisu (zákona č. 13/1997 Sb.) s **relativní chybou měření menší nebo rovnou:**
± 5 % pro celkovou hmotnost vozidla
a ± 11 % pro zatížení na nápravu.

- Hmotnost

- Rozměry vozidel
- Vzdálenost mezi vozidly
- Rychlost

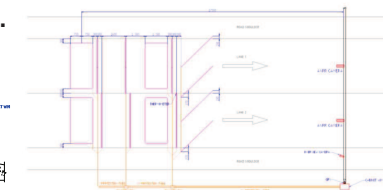
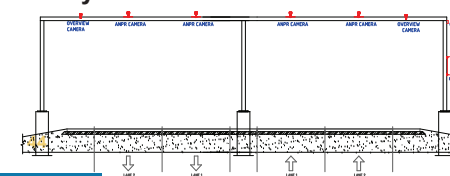
- Informace o dopravním proudu vozidel
- Redukce ničení silniční infrastruktury
- Redukce oprav silnic
- Redukce nehod způsobených přetíženými vozidly

Metodika: Navržení a provoz systémů vážení vozidel za pohybu (WIM), CDV, 2015:

- komplexně řeší požadavky potřebné pro uplatnění těchto systémů v ČR, a to jak pro předvýběr vozidel pro následné přesné vážení, tak pro přímý postih přetížených vozidel.

Jsou zde uvedeny:

- související právní předpisy,
- upřesnění požadavků na kontrolní místo a kontrolní zařízení,
- přesnosti měření,
- náležitosti dokladu o výsledku kontrolního vážení,
- vzory certifikátů o schválení měřidla.



Závěr

V současné době je k dispozici čím dál více nedestruktivních diagnostických metod, které umožňují diagnostikovat stav vozovek.

V řadě případů je účelné použít kombinaci těchto metod. Vždy je ale potřeba zvážit, v jak velkém rozsahu a které NDT metody použít.

K tomuto účelu je potřeba **správcům podat pomocnou ruku** ve formě:

- doporučení, metodik,
- zpracování vzorových příkladů uplatnění jednotlivých NDT metod,
- uvedení obvyklých cen měření,
- uspořádáním srovnávacích měření apod.

K tomuto cíli směřuje projekt **CESTI**: Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu, v pracovní skupině 6 a 5.

www.cesti.cz

46

Děkuji vám za pozornost!

Kontaktní informace:

Ing. Josef Stryk, Ph.D.

josef.stryk@cdv.cz

+420 541 641 330

Centrum dopravního výzkumu, v. v. i.

Líšeňská 33a, 636 00 Brno

47