

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická
a dřevařská

Možnosti využití standardních diagnostických metod vozovek
u vozovek lesních cest

Bakalářská práce

Autor: Petr Kubka

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Tománek, Ph.D.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Petr Kubka

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Možnosti využití standardních diagnostických metod vozovek u vozovek lesních cest

Název anglicky

Possibilities of using standard diagnostic methods on roadways of forest roads

Cíle práce

Cílem práce je popsat standardní diagnostické testy vozovek a zhodnotit možnosti užití jednotlivých metod u vozovek lesních cest.

Metodika

Bude vypracována literární rešerše popisující diagnostické testy vozovek. Popsány budou možnosti a omezení, které mají jednotlivé metody ve vztahu k diagnostice lesních cest. V praktické části bude zvoleno několik modelových lesních cest a popsány jaké metody by u nich bylo možno použít, uvedena bude také obecná cenová kalkulace.

Doporučený rozsah práce

60 stran + přílohy

Klíčová slova

únosnost podloží, dimenzování vozovek, diagnostika vozovek

Doporučené zdroje informací

- ČÁSLAVKA, Luděk, Petr MELICHAR a Jaromír PRAŽAN. Základy stavby a údržby pozemních komunikací. Chrudim: Střední škola průmyslová strojnická, technická a Vyšší odborná škola Chrudim, 2007, 241 s. ČSN 73 6108. Lesní dopravní síť. Praha: Český normalizační institut, 1995, 27s.
- GUCINSKI, Hermann. Forest Roads: A Synthesis of Scientific Information. Portland: U.S. Department of Agriculture, 2001, 108 s. ISBN 1428961429.
- HANÁK, Karel. Stavby pro plnění funkcí lesa. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008, 300 s. Technická knihovna (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-76-4.
- KLČ, Pavel a Alexander KRÁLIK. Katalóg porušení a závad na lesných cestách. Bratislava: Príroda, 1991, 84 s. Odborná lesnícka aktualita. ISBN 80-070-0273-1.
- KLČ, Pavel a Jaroslav ŽÁČEK. Výstavba, rekonstrukce a modernizace lesní dopravní sítě. Kostelec nad Černými lesy: Lesnická práce, s.r.o., 2006, 152 s. ISBN 80-86386-80-1.
- VĚBR, Ludvík. a GALLO Pavel. Katalog vozovek polních cest – Technické podmínky. Praha: Roadconsult, 2011, 62 s.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jaroslav Tománek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesní těžby

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2015

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 06. 02. 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Možnosti využití standardních diagnostických metod vozovek u vozovek lesních cest“ vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Jaroslava Tománka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 4.4.2016

Petr Kubka

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jaroslavu Tománkovi, Ph.D. za ochotu, pomoc a cenné rady.

Abstrakt

Systémy hospodaření s vozovkami mají velký dopad na životní cyklus těchto staveb a na náklady vynaložené na jejich údržbu a opravu. Včasný a efektivní diagnostický průzkum stavu konstrukcí vozovek s následným výběrem optimálního způsobu a technologie opravy se významnou měrou podílí na prodloužení jejich životnosti a optimalizuje využití vynaložených finančních prostředků na údržbu a opravy.

V textu se zabývám diagnostickým průzkumem jako souborem činností a objektivních metod potřebných k hodnocení stavu vozovek pozemních komunikací a ke stanovení příčin tvorby poruch.

Klíčová slova

diagnostika vozovek, únosnost vozovky, poruchy vozovek, navrhování údržby a oprav

Abstract

Pavement management systems have a great impact on the life cycle of roads and on the costs associated with their maintenance and repairs. Timely and effective diagnostics of pavement condition and subsequent selection of optimal repair method and technology significantly extends pavement life and optimizes the use of funds spent on maintenance and repairs.

The thesis focuses on diagnostics as a set of activities and objective methods needed to assess the condition of pavement and to determine the causes of defects.

Key Words

pavement diagnostics, load-bearing capacity of pavement, defects in pavements, suggestions for maintenance and repairs

Obsah

Seznam tabulek	9
Seznam obrázků.....	9
1 Úvod.....	11
2 Cíl	11
3 Literární rešerše.....	12
3.1 Historický vývoj cest a silnic.....	12
3.2 Pozemní komunikace a jejich rozdělení.....	13
3.3 Konstrukční vrstvy vozovek	14
3.3.1 Zemní těleso	14
3.3.2 Konstrukce vozovky	16
3.4 Navrhování údržby vozovek.....	20
3.4.1 Všeobecně	20
3.4.2 Termíny a definice	20
3.5 Systém hospodaření s vozovkou	22
3.6 Klasifikace poruch vozovky	23
3.6.1 Termíny a definice	23
3.6.2 Význam klasifikace poruch	24
3.6.3 Účel klasifikace poruch	24
3.6.4 Zatřídění poruch	24
3.6.5 Strukturální třídění poruch a jejich odstraňování.....	26
3.7 Poruchy netuhých vozovek.....	26
3.7.1 Mechanismy porušování vozovek	26
3.7.2 Přehled typů poruch	27
3.8 Poruchy tuhých vozovek.....	30
3.8.1 Všeobecně	30

3.8.2 Přehled typů poruch.....	30
3.9 Diagnostický průzkum vozovek	34
3.9.1 Všeobecně	34
3.9.2 Vizuální prohlídka	35
3.9.3 Měření únosnosti.....	36
3.9.4 Jádrové vývrty a geotechnické sondy	39
3.9.5 Georadarové měření kontinuálních tlouštěk konstrukčních vrstev	40
3.9.6 Laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech.....	41
3.9.7 Stanovení příčin poruch.....	46
3.9.8 Návrh opravy	46
3.9.9 Ověření nově navržené konstrukce vozovky programem LayEPS.....	47
3.10 Hodnocení porušení a závad lesních cest.....	47
3.10.1 Lesní cesty a jejich rozdělení	47
3.10.2 Lesní cesty podle konstrukční skladby.....	50
3.10.3 Klasifikace porušení a závad na lesních cestách.....	52
3.10.4 Zjišťování stavu lesních cest	52
3.10.5 Současný stav lesní dopravní sítě v ČR	53
4 Metodika.....	54
4.1. Diagnostika lesních cest.....	54
4.2. Cenová kalkulace	55
4.3. Časová náročnost diagnostických úkonů.....	55
5 Výsledky	56
5.1. Vybrané úkony diagnostického průzkumu pro lesní cesty podle tříd	56
5.2 Finanční náklady na provedení diagnostického průzkumu lesních cest.....	59
5.3 Časová náročnost jednotlivých úkonů diagnostického průzkumu	62
6 Závěr	63

Seznam literatury.....	65
------------------------	----

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Použitelnost zemin pro stavbu zemního tělesa	16
Tabulka 2 – Přehled typů poruch tuhých vozovek TP 87 (2010)	38
Tabulka 3 – Rozdělení lesních cest podle ÚHÚL (www.uhul.cz).....	49
Tabulka 4 – Zastoupení jednotlivých tříd cest v lesní dopravní síti ČR.....	53
Tabulka 5 – Zastoupení jednotlivých druhů povrchu cest v lesní dopravní síti ČR.....	53
Tabulka 6 – Zastoupení jednotlivých cest podle šíře koruny v lesní dopravní síti ČR	54
Tabulka 7 – Úkony diagnostického průzkumu pro jednotlivé třídy lesních cesty	58
Tabulka 8 – Laboratorní rozbor a stanovení pro jednotlivé třídy lesních cest	59
Tabulka 9 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 1L	60
Tabulka 10 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 1L.....	60
Tabulka 11 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 2L	61
Tabulka 12 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 2L.....	61
Tabulka 13 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L	61
Tabulka 14 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L.....	62
Tabulka 15 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L	62
Tabulka 16 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L.....	62
Tabulka 17 – Časová náročnost jednotlivých úkonů diagnostického průzkumu.....	63

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma konstrukce vozovky (Kudrna, 2005).....	14
Obrázek 2 – Zatřídění poruch postihující povrch až celou konstrukcí vozovky (TP 82, 2010).....	25
Obrázek 3 - Šíření poruch do plochy vozovky (TP 82, 2010)	25
Obrázek 4 – Způsob odstraňování poruch (TP 82, 2010)	26
Obrázek 5 – Princip měření multifunkčním vozidlem ARAN (www.viageos.cz).....	36
Obrázek 6 – Princip měření únosnosti rázovým zařízením FWD (Kudrna, 2007).....	38
Obrázek 7 – Souprava pro odběr jádrových vývrtů a odebraný jádrový vývrt.....	39

Obrázek 8 – Souprava pro odběr geotechnických sond a odebraná sonda	40
Obrázek 9 – Georadar GPR	41
Obrázek 10 – Kritérium namrzavosti zeminy podle křivky zrnitosti (ČSN 72 1191, 2013)	44

1 Úvod

Diagnostický průzkum vozovky je nedílnou a velmi důležitou součástí péče o silniční síť. Stejně jako se musí provést návrh vozovky při její výstavbě, musí se v určitém období její životnosti navrhnout i způsob její opravy a údržby. Vozovka pozemní komunikace je během své životnosti vystavena nepříznivým klimatickým účinkům, teplotním změnám a vlivu zatížení provozem. Konstrukce vozovky pak podléhá poškozování a porušování. Průzkum takto porušené vozovky je zaměřen na identifikaci konstrukčních vrstev, popis poruch, stanovení jejich příčin, posouzení únosnosti vozovky a návrh způsobu technologie opravy. Výsledky průzkumu jsou určeny pro plánování, navrhování a převzetí údržby a oprav netuhých a tuhých vozovek pozemních komunikací, dopravních a jiných ploch zatěžovaných provozem. Základním cílem plánování a navrhování údržby a oprav je zachování nebo zlepšování spolehlivosti vozovek pozemních komunikací při optimalizaci celospolečenských nákladů a jiných zvolených priorit. Diagnostický průzkum se skládá z činností a postupů pro splnění těchto cílů a je sestaven tak, aby byly dodrženy požadavky platných technických předpisů a zároveň byl tento program diagnostického průzkumu dostatečný a plně vypovídající s využitím moderních diagnostických, vyhodnocovacích a zobrazovacích metod. Technické podmínky TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, TP 62 Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem, TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek, TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací popisují způsoby a vyhodnocování těchto metod.

2 Cíl

Prvním cílem práce je popsat standardní diagnostický průzkum vozovky a zhodnotit možnosti užití jednotlivých diagnostických úkonů u vozovek lesních cest. Dále navrhnout takový program diagnostického průzkumu, kdy jednotlivé diagnostické úkony zajistí sběr aktuálních informací o celkovém stavu lesní cesty. Tyto získané informace pak slouží k plánování, navrhování a provádění její údržby a opravy.

Druhým cílem práce je zjistit cenové náklady jednotlivých diagnostických úkonů a následně stanovit náklady na provedení diagnostického průzkumu jednoho kilometru lesní cesty.

Třetím cílem práce je zjistit časovou náročnost jednotlivých diagnostických úkonů, které jsou potřebné ke sběru požadovaných informací a časovou náročnost pro provedení diagnostického průzkumu jednoho kilometru komunikace.

3 Literární rešerše

3.1 Historický vývoj cest a silnic

Do 12. století, byly stezky většinou neširoké vyšlapané pěšiny, vymýcené v lesích, někdy obtížně schůdné, úzké na šířku dvou koní. Na bahnitých místech byly občas zpevněny kameny z místních zdrojů nebo hatěmi, později zdokonalenými podélně uloženými kmeny stromů, na nichž byly příčně připevněny kuláče nebo půlkuláče. Jen zcela výjimečně tam, kde bylo nutno překonat strmá skalní úbočí, byly vybudovány uměle. V bezlesích úsecích stezky představovaly jenom vyjeté a vyšlapané pruhy země, které lze dnes přirovnat k neudržovaným polním cestám. Přibližně od přelomu 9. a 10 století v době vzniku českého státu se dálkové stezky označují jako zemské. Od 13. století měla na průběh cest velký vliv kolonizace a vznik a rozvoj měst, v jejichž důsledku byly převedeny obchodní spoje od starých hradů k branám měst. To způsobilo, že se původní zemské stezky postupně rozšiřovaly, upravovaly a poněkud měnily v cesty. Dochází také ke změně názvu hlavních cest a stále častěji se používá slovo „silnice“, od nového významu, který je jim přikládán, tj. „silné“ cesty, i když silnicemi v našem slova smyslu, tj. umělou vozovkou, se začaly stávat až v 18. století. Lze říci, že právě ve 14. století vznikaly základy pozdější silniční sítě v zemi. 18. století představuje v rozvoji silniční sítě mimořádně významný milník, v jeho průběhu totiž bylo započato se stavbou státních silnic, avšak jejich stav byl vesměs špatný. Ke skutečnému zlepšení údržby došlo až počátkem 19 století v rámci systematické výstavby silnic a vytvořením souvisejících organizačních a administrativních struktur. Vedlejší spojovací silnice byly později budovány jako poloumělé. Bylo také jednotně určeno, že šířka těchto umělých silnic bude činit 9,84 m (5 sáhů), z nichž 6,32 m připadne na vozovku, později tato šířka byla zvětšena na 13,27 m (7 sáhů). Byly také předepsány minimální tloušťky šterkové vozovky. Pokud jde o vývoj technologií, byla roku 1816 navržena nová konstrukce nazývaná makadam, která se osvědčila lépe než pracnější a dražší vozovky se štetovým podkladem. Dalším kladem bylo využití mechanizace při pokládce a zhutňování. Počátek 20. století je charakteristický zejména pokračující rychlou výstavbou okresních silnic a

také zaváděním nových technologií výstavby vozovek. Novinkou byly jak dlážděné povrchy z drobných kostek, tak výroba olejové silniční emulze nebo dehtování vozovek. Začíná se s pokusy s betonovým povrchem vozovky. Povrch vozovek odpovídal svou kvalitou požadavkům dopravy stále jen u části silnic. V dalším období jsou do výstavby silnic zaváděny stále nové vědecké poznatky a tento proces trvá do dnešních dnů (Lídl et al, 2009).

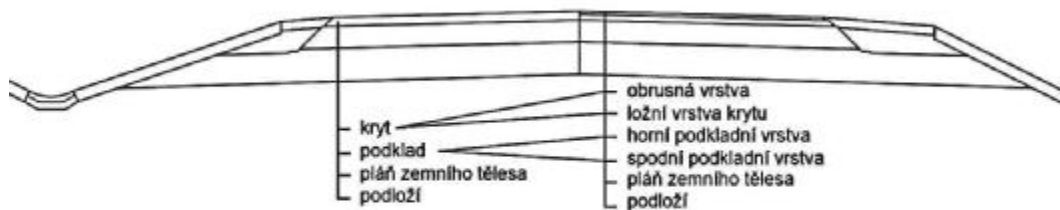
3.2 Pozemní komunikace a jejich rozdělení

Pozemní komunikace se dělí dle zákona o pozemních komunikacích č. 13/1997 Sb. na tyto kategorie:

- dálnice – je pozemní komunikace určená pro rychlou dálkovou dopravu
- silnice – je veřejně přístupná pozemní komunikace, dále dle svého dopravního významu rozdělena do těchto tříd:
 - a) I. třídy – je určena zejména pro dálkovou mezistátní dopravu
 - b) II. třídy – je určena pro dopravu mezi okresy
 - c) III. třídy – je určena k vzájemnému spojení obcí, nebo jejich napojení na ostatní pozemní komunikace
- místní komunikace – je veřejně přístupná pozemní komunikace, která slouží převážně místní dopravě na území obce a dále dle svého dopravního významu rozdělena do těchto tříd:
 - a) I. třídy – kterou je zejména rychlostní místní komunikace
 - b) II. třídy – kterou je dopravně významná sběrná komunikace
 - c) III. třídy – kterou je obslužná komunikace
 - d) IV. třídy – kterou je komunikace nepřístupná provozu motorových vozidel
- účelová komunikace – je pozemní komunikace, která slouží ke spojení jednotlivých nemovitostí pro potřeby vlastníků, k obhospodařování zemědělských a lesních pozemků nebo se nachází v uzavřeném prostoru objektu

3.3 Konstrukční vrstvy vozovek

Konstrukce vozovky je tvořena z několika vrstev, kde každá vrstva plní svoji funkci a jejich vzájemné spolupůsobení musí odolávat účinkům dopravního zatížení i účinkům klimatických vlivů. Tvoří ji kryt, podkladní vrstva a ochranná vrstva. Krytová a podkladní vrstva mívají zpravidla několik vrstev (horní a spodní část), ale i v některých případech rovněž mezivrstvy, vyztužovací mříže a tkaniny, postříky a nátěry (Zajíček et al, 2014).



Obrázek 1 – Schéma konstrukce vozovky (Kudrna, 2005)

3.3.1 Zemní těleso

Konstrukce vozovky musí být vybudována na stabilním zemním tělese, jehož horní část musí pro vozovku tvořit dostatečně únosné podloží - aktivní zónu, materiály zemního tělesa tvoří horniny a zeminy (Zajíček et al, 2014).

Zeminy rozlišujeme:

- nesoudržné (sypké): zrna nejsou vázána žádnými silami
- soudržné (schopné plastické deformace): mezi částčkami zeminy jsou molekulární a chemické vazby

3.3.1.2 Termíny a definice

Vybrané termíny a definice dle normy ČSN 73 6133 (2010):

Zemní těleso je součást pozemní komunikace, tvořící spodní stavbu vozovky v kontaktu s terénem, je tvořeno z násypu nebo ze zářezu.

Násyp je zemní těleso vytvořené nasypaním a zhuštěním zeminy do předepsaných rozměrů včetně úpravy svahů a zemní pláň.

Zářez je zemní těleso vzniklé vytěžením a odstraněním rostlé zeminy do úrovně zemní pláň.

Odřez je zemní těleso, které je v příčném řezu po jedné straně zářezem a po druhé násypem.

Podloží násypu je část terénu pod násypem.

Aktivní zóna (podloží vozovky) je horní vrstva zemního tělesa, do níž zasahují vlivy dopravního zatížení a klimatické vlivy, obvykle v tloušťce 0,5 m.

Zemní pláň je plocha tvořící horní plochu aktivní zóny ve styku s vozovkou.

Zemina je přírodní nepevněný zrnitý materiál.

Sypanina je materiál tvořený zeminami, rozpojenými horninami, recyklovanými materiály.

Zemina upravená je zemina s příměsí pojiva nebo s přimícháním jiné granulometricky odlišné zeminy.

3.3.1.3 Klasifikace zemin pro dopravní stavby

Dle normy ČSN 73 6133 (2010) lze zeminy zařadit podle kritéria použitelnosti na nepoužitelné, nevhodné, podmíněčně vhodné a vhodné. Podle účelu použití dle vhodnosti do aktivní zóny a do násypu. Zařazením zemin mezi nevhodné a podmíněčně vhodné ještě není důvod k jejich výměně, tyto zeminy lze upravit příměsí pojiva nebo mísením s jinou zeminou.

Zařazení zeminy do příslušné skupiny tak, jak je uvedeno v tabulce 1 závisí na těchto vlastnostech:

- granulometrické složení
- fyzikální vlastnosti
- technické vlastnosti
- namrzavost zemin

Tabulka 1 – Použitelnost zemin pro stavbu zemního tělesa

	NEPOUŽITELNÉ k jakémukoliv použití	NEVHODNÉ k přímému použití bez úpravy	PODMÍNEČNĚ VHODNÉ k přímému použití bez úpravy	VHODNÉ k přímému použití bez úpravy
Podmínky použití	Nelze upravit běžnými technologemi, použití se zpravidla vylučuje	Musí se vždy upravit	Podle dalších vlastností se rozhodne, zda lze použít přímo bez úpravy nebo zda se musí upravit	Lze použít přímo bez úpravy

3.3.2 Konstrukce vozovky

3.3.2.1 Termíny a definice

Vybrané termíny a definice podle ČSN 73 6100-1 (2008) Názvosloví pozemních komunikací:

Vozovka je zpevněná část pozemní komunikace, umožňuje svojí únosností a rovným povrchem bezpečnou jízdu vozidel, skládá se z konstrukčních vrstev.

Konstrukční vrstva je vrstva vozovky, vyrobená z jednoho druhu stavební směsi nebo z různých materiálů jedním technologickým postupem, konstrukční vrstva může být položena v jedné nebo více pracovních operacích. Konstrukční vrstvy dělíme na stmelené asfaltovým nebo cementovým pojivem a nestmelené, bez použití pojiva.

Netuhá vozovka je vozovka s asfaltovým, dlážděným nebo s nestmelěným krytem, která se chová převážně pružně, má relativně nízký modul pružnosti ale při dlouhodobém namáhání vlivem teplotních změn má schopnost se plasticky přetvářet.

Tuhá vozovka je vozovka s cementobetonovým krytem nebo s cementobetonovou podkladní vrstvou vyznačující se vysokou pevností a dokonalou pružností, modul pružnosti výrazně převyšuje moduly pružnosti ostatních vrstev.

Polotuhá vozovka je vozovka s asfaltovým krytem a podkladní vrstvou stmelěnou hydraulickým pojivem, vyznačující se relativně vysokým modulem pružnosti a nízkou pevností, vrstva je křehká a náchylná ke vzniku trhlin.

Kryt vozovky je horní část vozovky, určená k přímému pojezdění vozidly, podle počtu vrstev se rozlišuje kryt jednovrstvý a vícevrstvý, podle druhu krytu se vozovky dělí na asfaltové, cementobetonové, dlážděné a vozovky s nestmeleným krytem.

Obrusná vrstva je vrchní vrstva krytu vozovky.

Ložní vrstva je spodní vrstva krytu vozovky.

Podkladní vrstva je spodní část konstrukce vozovky mezi krytem a zemní plání, určená k roznášení tlaků od kol projíždějících vozidel z krytu do podloží, skládá se buď z jedné, nebo z více konstrukčních vrstev, případně označovaných jako horní podkladní vrstva a spodní podkladní vrstva.

Ochranná vrstva je spodní vrstva vozovky skládající se z nestmelených materiálů nebo zpevněné zeminy, která se zřizuje ve speciálních případech pro posílení některých ochranných funkcí, např. ochrana podloží před promrzáním.

3.3.2.2 Členění vozovek podle deformačních vlastností

Tuhé vozovky se vyznačují dlouhou životností krytu a velkou odolností proti tvorbě trvalých deformací. Jsou vhodné pro nejvyšší dopravní zatížení. Další uplatnění je na komunikacích, kde dochází k častému zastavování a pomalým pojezdům těžkých nákladních vozidel.

Netuhé vozovky se používají pro komunikace všech tříd dopravního zatížení. Jsou nejrozšířenějším typem vozovek, vyžadují vyšší náklady na údržbu během doby své životnosti.

Polotuhé vozovky představují kompromis mezi požadavkem na pevnost podkladní vrstvy a snahou zabránit tvorbě trhlin v podkladní vrstvě a jejich kopírování do krytu vozovky (Zajíček et al, 2014).

3.3.2.3 Členění vozovek podle dopravního zatížení

Konstrukce vozovky se vždy navrhuje podle hodnoty dopravního zatížení komunikace, které se vyjadřuje jako průměrná denní intenzita přejezdů těžkých nákladních vozidel TNV za 24 hodin (TP 170, 2004). Tato intenzita vychází ze sčítání dopravy.

3.3.2.4 Členění konstrukčních vrstev podle funkce

Z ekonomických i praktických důvodů se vozovky staví z více vrstev vzájemně rozdílného složení, kde každá vrstva plní svoji specifickou úlohu v závislosti na způsobu jejího namáhání. Nejexponovanější částí konstrukce vozovky jsou krytové vrstvy, s přibývající hloubkou přes podkladní vrstvy do podloží účinky od daného způsobu namáhání klesají nebo úplně zanikají. Aby byly ve vozovce všechny materiály efektivně využity a namáhání konstrukčních vrstev bylo přiměřené jejich umístění ve vozovce, únosnost (modul pružnosti) konstrukčních vrstev by měla postupně stoupat od spodu nahoru. Přitom podloží a vrstvy navzájem spolupůsobí jako tzv. vrstvený poloprostor. Pokud se zásada postupného nárůstu únosnosti vrstev výrazným způsobem poruší, mohou vznikat poruchy v konstrukci vozovky (Zajíček et al, 2014).

Obrusná vrstva je přímo vystavena působení klimatických vlivů a dopravnímu zatížení, a proto musí splňovat nejvyšší nároky z hlediska kvality materiálů i technologie provádění. Musí splňovat i další požadavky z hlediska její trvanlivosti:

- odolnost proti ohlazování a obrušování
- odolnost proti působení vody, mrazu, rozmrazovacím chemickým látkám
- dostatečné protismykové vlastnosti
- rovnost a příčný sklon
- nepropustnost pro zamezení pronikání vody

Ložní vrstva je chráněna obrusnou vrstvou před mechanickým namáháním a klimatickými vlivy, proto se u ní preferuje odolnost proti tvorbě trvalých deformací a celková tuhost. Spolupůsobí s obrusnou vrstvou a tím přispívá k potřebné únosnosti konstrukce vozovky.

Podkladní vrstvy roznáší namáhání od dopravního zatížení z krytu vozovky do podloží, aby zatížení bylo minimální. Podkladní vrstvy se nejčastěji provádějí nestmelené nebo stmelené hydraulickými pojivy. Pokud se v konstrukci požaduje vyšší tloušťka asfaltových vrstev než je běžná tloušťka krytu z obrusné a ložní vrstvy, zřizuje se ještě asfaltová vrstva podkladní. Pod asfaltovými vrstvami obvykle leží dvě samostatné podkladní vrstvy, označované jako horní a spodní.

Ochranná vrstva se používá z důvodu posílení některých ochranných funkcí vozovky na zemní pláni, kdy se pod spodní podkladní vrstvou použije ještě další vrstva obvykle ze štěrku, plnicí jednu nebo více ochranných funkcí:

- ochrana podloží před promrzáním
- zabránění pronikání zeminy z podloží do konstrukce
- odvedení průsaků vody z podloží

3.3.2.5 Členění konstrukčních vrstev podle použitého pojiva nebo technologie výroby

3.3.2.5.1 Vrstvy nestmelené

Vrstvy, které neobsahují žádné pojivo a drží jen díky tření mezi jednotlivými zrny kameniva. Protože mají jen malou povrchovou odolnost proti mechanickému namáhání, jejich uplatnění je především v podkladních vrstvách. Jejich výhodou je snadná dostupnost vhodného materiálu, jednoduchost provádění a relativně nízká cena. Typickým zástupcem je mechanicky zpevněné kamenivo MZK, šterkodrt' ŠD, šterkopisek ŠP, mechanicky zpevněná zemina MZ a vibrovaný šterk VŠ (Zajíček et al, 2014).

3.3.2.5.2 Vrstvy stmelené

Asfaltové vrstvy jsou nejrozšířenějším typem vrstev, používaných pro kryt vozovky. Vyrábějí se obalováním směsi kameniva asfaltem za vysoké teploty, po dovezení na stavbu se pokládají a hutní. Asfaltovou směs tvoří kostra vzájemně zaklíněných zrn kameniva, která jsou na povrchu obalena tenkou vrstvou asfaltu. Podle účelu existují různé druhy asfaltových směsí, nejrozšířenější je asfaltový beton AC (Zajíček et al, 2014).

Cementobetonové kryty jsou určeny pro velmi vysoké dopravní zatížení. Vyrábějí se z betonu, který musí splňovat požadavky na zpracovatelnost, odolnost proti klimatickým vlivům, působení rozmrazovacích prostředků, mechanickou pevnost a protismykové vlastnosti. Cementobetonové kryty musí být z důvodu teplotních změn opatřeny dilatačními spárami (Zajíček et al, 2014).

Vrstvy stmelené hydraulickými pojivy se používají jako podkladní vrstvy, při jejich výrobě se používá buď cement nebo hydraulická silniční pojiva. Směsi rozeznáváme podle třídy pevnosti, kterou mají výrazně nižší než cementový beton. Použití těchto vrstev v konstrukci je motivováno využitím méně hodnotného nebo těžného kameniva. Nejčastěji se používají

směsi z kameniva stmelené cementem SC a směsi z kameniva stmelené hydraulickými pojivy SH, dále pak směsi kameniva stmelené popílkiem SP a struskou SS (Zajíček et al, 2014).

Vrstvy prolévané jsou vrstvy, které vzniknou vyplněním hrubé kamenné kostry výplňovým a současně tmelícím materiálem. Mezi tyto vrstvy patří například penetrační makadam PM a štěrk částečně vyplněný cementovou maltou ŠCM (Zajíček et al, 2014).

Vozovky z dlažeb a dílců se dnes používají hlavně z estetických důvodů. Vozovky ze silničních panelů se uplatňují při stavbě dočasných vozovek nebo zpevněných manipulačních ploch, protože jsou snadno odstranitelné a je možné je opakovaně použít (Zajíček et al, 2014).

Speciální tenké povrchové úpravy, jako emulzní kalové zákryty EKZ, postřiky P a nátěry N se používají pro zlepšení protismykových vlastností nebo jako prevence proti korozi povrchu (Zajíček et al, 2014).

3.4 Navrhování údržby vozovek

3.4.1 Všeobecně

Základním cílem plánování a navrhování údržby a oprav je zachování nebo zlepšování spolehlivosti vozovek v síti pozemních komunikací při optimalizaci společenských nákladů. Všechny činnosti vedoucí ke splnění těchto požadavků upravují TP 87 (2010) Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek a TP 92 (2010) Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem.

3.4.2 Termíny a definice

Spolehlivost vozovky je schopnost vozovky umožnit bezpečný, plynulý, rychlý, hospodárný a komfortní provoz vozidel v požadovaném čase. Základní charakteristikou spolehlivosti vozovky je její provozní způsobilost a únosnost, trvanlivost obrusné vrstvy, udržovatelnost a opravitelnost.

Provozní způsobilost je vlastnost povrchu hodnocená klasifikací aktuálních parametrů protismykových vlastností, podélné a příčné nerovnosti.

Únosnost vozovky je schopnost konstrukce vozovky a podloží přenášet dopravní zatížení po dobu uvažované životnosti.

Trvanlivost obrusné vrstvy je doba, po kterou je tato vrstva schopna odolávat mechanickému namáhání od kol jedoucích vozidel a působení klimatických vlivů.

Porucha vozovky je soubor poškození konstrukčního souvrství, postihují všechny vrstvy vozovky a podloží, ovlivňují provozní způsobilost a únosnost vozovky.

Návrhová úroveň porušení je předpokládaný vývoj porušování vozovky, který je stanoven druhem a rozsahem poruch.

Běžná údržba je soubor technologií zaměřených na obrusnou vrstvu vozovky k odstranění lokálních poruch nebo k omezení jejich vývoje.

Údržba je soubor technologií zaměřených k odstranění nebo omezení vývoje poruch povrchu vozovky prováděná v souvislé ploše, zpravidla cyklicky.

Oprava je soubor technologií k odstranění poruch nejméně obrusné vrstvy vozovky výměnou obrusné vrstvy nebo krytu, zesílením nebo recyklací.

Zesílení je soubor technologií, kterými se zvýší únosnost vozovky, nahrazením porušených vrstev novými případně recyklovanými vrstvami nebo se zvýší tloušťka asfaltových vrstev.

Rekonstrukce je soubor technologií, kterými se nahrazují konstrukční vrstvy stávající vozovky vrstvami novými včetně případné úpravy podloží.

Neproměnné parametry vozovky jsou parametry, které se bez stavebního zásahu nemění, jako pasportizační popis (zejména šířkové uspořádání pozemní komunikace a prvky příčného profilu), směrové a výškové vedení trasy, příčný sklon vozovky, skladba konstrukce vozovky, druh podloží, objekty a uspořádání křižovatek.

Proměnné parametry vozovky jsou parametry, které se mění působením dopravního zatížení, klimatickými vlivy a stárnutím materiálů, charakterizují se hodnocením protismykových vlastností, podélné a příčné nerovnosti povrchu vozovky, poruch a únosností vozovky.

3.5 Systém hospodaření s vozovkou

Systém hospodaření s vozovkou (PMS - Pavement Management System) je souhrnem organizačních, technických a programových prostředků určených pro dosažení maximální efektivity při správě silniční sítě. Většina systémů pro hospodaření s vozovkou je založena na cyklicky se opakujícím sledu činností, při kterých probíhá aktualizace sledovaných informací, jejich vyhodnocení, sestavení plánů údržby a oprav, realizace jednotlivých opatření a jejich evidence v systému.

Struktura systému:

- sběr a zpracování dat
- správa databáze neproměnných a proměnných parametrů vozovky
- výpočet plánů údržby a oprav a jejich technickou a ekonomickou optimalizaci
- využití nástrojů pro databázové a informační systém

Moduly nezbytné pro rozhodovací procesy:

- degradační modely každého ze sledovaných proměnných parametrů
- registry technologií údržby a oprav vozovek
- intenzity dopravy na sledované silniční síti
- jednotkové ceny technologií
- pasport příčných profilů vozovky, typ obrusné vrstvy, stav obrubníků, vyústění inženýrských sítí

Plán údržby a oprav je zpravidla střednědobý, tzn. 10 roků a je zpracován ve dvou úrovních:

- Finanční plán charakterizuje optimální opatření v optimálním čase bez omezení finančních prostředků. Tento optimalizovaný plán vyjadřuje skutečné potřeby údržby oprav silniční sítě včetně jejich cykličnosti. Slouží ke strategickým rozhodnutím o možnostech financování nebo ke korekcím rozpočtů pro údržbu a oprav vozovek.
- Rozpočet charakterizuje optimalizované opatření v rámci dostupných finančních prostředků s hodnocením dopadů na silniční síť. Vychází z návrhů technologií údržby a oprav ve finančním plánu, zohledňuje však limit finančních prostředků, které má

správce silniční sítě k dispozici v rámci rozpočtu. Do rozpočtu jsou sledované úseky zařazovány podle významu a podle stavu.

System PMS dále umožňuje shromažďovat, spravovat a analyzovat i další informace o silniční síti. Správci pozemních komunikací pomáhá zohlednit nehodové úseky, připravovat podklady pro plánování zimní údržby, evidovat a spravovat svislé i vodorovné dopravní značení a další objekty související s pozemní komunikací. Přínos PMS ve využívání systému nelze očekávat okamžitě. Správci pozemních komunikací využívající tento systém dlouhodobě mohou sledovat vývoj stavu silniční sítě a efektivitu finančních prostředků vynakládaných do údržby a oprav vozovek.

System s hospodaření s vozovkou rozlišujeme ve dvou úrovních:

- síťová úroveň je cyklický proces pro dlouhodobé a průběžné sledování stavu vozovek silniční sítě za účelem plánování údržby nebo opravy tak, aby byla provedena ve vhodný čas optimální technologií
- projektová úroveň je proces zpracování návrhů údržby nebo opravy těch úseků, které byly vybrány v síťové úrovni

Obě úrovně při zjišťování podkladů na sebe navazují.

3.6 Klasifikace poruch vozovky

3.6.1 Termíny a definice

Mechanismus porušování je souhrn mechanických, fyzikálních, chemických a jiných procesů, které způsobují poškození a porušení povrchu nebo konstrukce vozovky.

Poruchy vozovek vznikají kumulací poškození a dochází tak k poruchám krytu vozovky, konstrukce vozovky a podloží vozovky.

Klasifikace poruch je zařazení poruch podle jejich významu, výskytu a druhu.

3.6.2 Význam klasifikace poruch

Technický stav povrchu vozovky se popisuje parametry protismykových vlastností povrchu vozovky, charakteristikami podélné a příčné nerovnosti vozovky a ostatními poruchami. Každý z těchto parametrů ovlivňuje:

- bezpečnost silničního provozu
- rychlost, plynulost, hospodárnost a komfort silničního provozu
- další porušování konstrukce vozovky

Technický stav vozovky je příčinou zvýšených finančních nákladů vznikajících:

- ztrátami při dopravních nehodách
- ztrátami hospodárnosti silničního provozu při zvýšení nákladů na provoz, ztráty času a komfortu jízdy
- realizací údržby a oprav

Zatřídění a stanovení rozsahu poruch je podkladem pro realizaci běžné údržby vozovky a významně napomáhá charakterizovat stav vozovky, včetně její únosnosti a spolu s ostatními charakteristikami vozovky získanými diagnostickým průzkumem tvoří objektivní podklad pro ekonomické rozhodování o technologiích údržby a opravy (TP 82, 2010).

3.6.3 Účel klasifikace poruch

Základním účelem zatřídění a sběru poruch je řešení vztahu:

PORUCHA → ODSTRANĚNÍ PORUCHY

Při návrhu odstranění nebo omezení vývoje poruchy se vychází z dopravního významu komunikace, zatřídění poruch, plošného rozsahu poruch, technologických možností opravy a ekonomických možností opravy (TP 82, 2010).

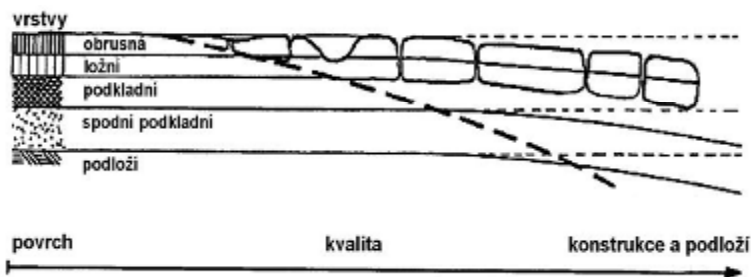
3.6.4 Zatřídění poruch

Zatřídění poruch stanovuje, které konstrukční vrstvy vozovky a podloží jsou zasaženy, což je nutné ke stanovení technologií údržby a opravy. Rozdíl je v místě vzniku poruchy, je-li to na

povrchu vozovky, šíří se do hloubky obrusné vrstvy a do všech stran plochy vozovky. Včasným provedením opravy je možné zpomalit nebo zastavit vývoj poruchy. Nejvážnější poruchy vznikají v podloží a zemním tělese, většinou působením podzemní vody nebo nekvalitním provedením prací při výstavbě. Porucha se rychle šíří vrstvami vozovky vzhůru až na povrch vozovky, kde dojde k jejímu viditelnému projevu charakteristickému pro poruchu podloží. V případě porušení celé konstrukce je nutné provádět rozsáhlé opravy (TP 82, 2010).

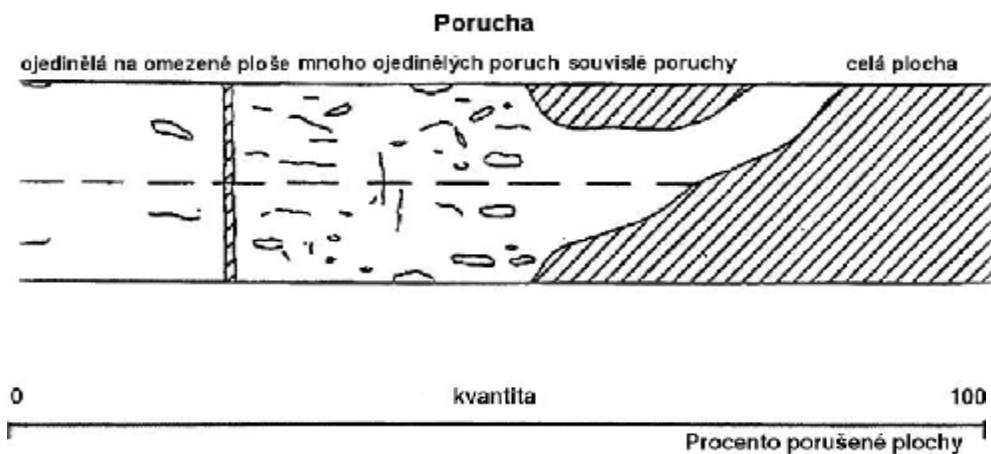
Porušení:

povrchu obrusné vrstvy krytu podkladu celé vozovky a podloží



Obrázek 2 – Zatřídění poruch postihující povrch až celou konstrukcí vozovky (TP 82, 2010)

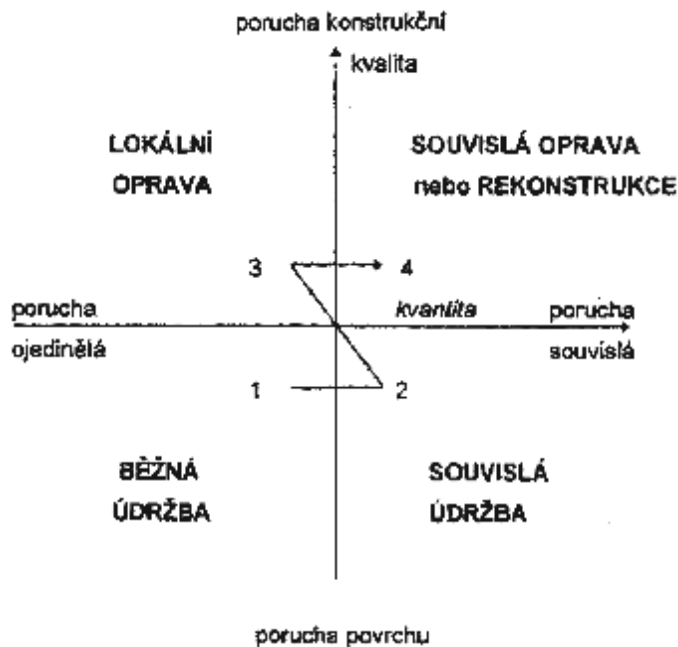
Stanovení velikosti a vývoj poruch v ploše vozovky, je důležitý ukazatel pro stanovení rozsahu údržby nebo opravy.



Obrázek 3 - Šíření poruch do plochy vozovky (TP 82, 2010)

3.6.5 Strukturální třídění poruch a jejich odstraňování

Stanovením rozsahu a zatříděním poruch (kvalitativní a kvantitativní třídění) se vymezují požadavky na vztah porušení → odstranění poruchy.



Obrázek 4 – Způsob odstraňování poruch (TP 82, 2010)

3.7 Poruchy netuhých vozovek

3.7.1 Mechanismy porušování vozovek

Každá hmota účinkem zatížení provozem, účinky klimatického prostředí a teplotními změnami podléhá poškozování a porušování. Také obrusná vrstva vozovky a konstrukce vozovky vlivem zatížení a různých klimatických podmínek vykazuje podle svých vlastností mechanismy porušování. Tato poškozování a porušování se vyskytují zákonitě a náhodně, lze je však výběrem stavebních materiálů, jejich složením a provedením ovlivnit, omezit nežádoucí vlastnosti a snížit pravděpodobnost jejich výskytu. Tím se ovlivní rychlost vývoje porušování co do významu a plošného rozsahu, ale porušení se nezabrání. Je třeba vždy počítat s běžnou údržbou, s údržbou povrchu vozovky a opravou vozovky. K poškozování a poruše povrchu vozovky a konstrukce vozovky vedou různé mechanismy porušování, které souvisí s návrhem vozovky, s dodržěním konstrukčních opatření a s provedením vrstev (TP 82, 2010).

3.7.2 Přehled typů poruch

Přehled typů poruch, tak jak je specifikují TP 82 (2010) Katalog poruch netuhých vozovek.

3.7.2.1 Ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky

Ztráta mikrotextury se projevuje hladkým povrchem zrn kameniva nebo dlažby v souvislých plochách nebo při vystoupení asfaltového pojiva, které překryje zrna kameniva. Vyskytuje se zejména v jízdnicích stopách vozidel.

Ztráta makrotextury vzniká na povrchu z důvodu přebytku asfaltového pojiva v asfaltové směsi nebo u nátěrů, povrch vozovky se uzavře a stává se hladký a kluzký. Při ztrátě makrotextury většinou dochází i ke ztrátě mikrotextury.

3.7.2.2 Ztráta hmoty z krytu

Kaverny v povrchu vozovky vznikají na místech, kde se v asfaltové směsi na povrchu nachází málo odolná nebo porušená zrna kameniva. Vlivem dopravního zatížení a klimatických vlivů se zrna poruší a vypadnou. Při vyšší četnosti výskytu dochází k rozpadu celé vrstvy a vzniká hloubková koroze.

Opotřebení emulzního kalového zákrytu EKZ vzniká opotřebením nebo odlupováním EKZ od původní ohrubné vrstvy, což zapříčiňuje vznik nerovností.

Ztráta kameniva z nátěru se projevuje uvolněním kameniva z nátěru, čímž na povrchu vozovky prakticky zůstává pouze asfaltové pojivo nebo dochází k odhalení ohrubné vrstvy pod nátěrem.

Ztráta asfaltového tmelu se projevuje uvolňováním asfaltového tmelu (směs asfaltu, jemných částic a drobného kameniva) z asfaltové směsi. Na povrchu se objevuje hrubá makrotextura a povrch se jeví jako otevřený. Tímto povrchem vniká do povrchu voda a dochází k rychlejšímu stárnutí asfaltového pojiva a tvorbě dalších poruch.

Hloubková koroze je pokračováním poruchy ztráty asfaltového tmelu, kdy dochází k dalšímu uvolňování zrn kameniva asfaltové směsi dále do hloubky. U penetračního makadamu je porucha pokračováním ztráty kameniva z nátěru, kdy dochází k obnažení hrubé kamenné kostry a postupné ztrátě výplňového kameniva.

Výtluky jsou dalším stádiem hloubkové koroze, kdy dojde ke ztrátě hmoty celých vrstev a vytvoří se ohraničená díra. Tvorba výtluhu je často vázána na lokální příčiny a nepříznivé klimatické podmínky, k jeho výskytu přispívají i ostatní poruchy. Při celoplošném výskytu výtluků dochází nakonec k celkovému rozpadu konstrukčních vrstev vozovky.

3.7.2.3 Trhliny

Mozaikové trhliny vznikají z úzkých, nevýrazných, krátkých i nepravidelně dlouhých trhlín, které se postupně rozvětvují. Zasahují pouze obrusnou vrstvu. Trhlinami vniká do konstrukce vozovky voda a nečistoty, dochází k tvorbě výtluků a následnému rozpadu obrusné vrstvy.

Síťové trhliny mají nepravidelnou strukturu a zasahují celé asfaltové souvrství. Šíří se jak od povrchu obrusné vrstvy dolů, tak od spodního okraje asfaltových vrstev nahoru. Trhliny se postupně spojují a rozšiřují. Příčinou jejich tvorby je únava konstrukce vozovky jako přirozený proces namáhání vlivem dopravního zatížení. Vyskytují se většinou lokálně v místech se sníženou únosností nebo v okolí jiných poruch. Síťové trhliny oslabují konstrukci vozovky, umožňují vnikání vody a nečistot do konstrukce a zvyšují namáhání podloží.

Trhlina příčná se vyskytuje v pravidelných i nepravidelných intervalech a může zasahovat i celou šířku vozovky. Rozlišujeme trhlínu širokou (>5 mm), úzkou (<5 mm) a rozvětvenou. Příčina vzniku může být trhlina mrazová (nízkoteplotní) a trhlina reflexní (smršťovací). Tvorbu trhlín podporuje oslabení vozovky v místech pracovních spár a v okolí spár inženýrských sítí. Mrazová trhlina vzniká z důvodu ztráty viskoelastických vlastností asfaltové směsi obsahující tvrdé asfaltové pojivo při velmi nízkých teplotách. Příčinou je použití nevhodného asfaltového pojiva nebo pojiva zestárnutého ve vozovce působením klimatických vlivů. Trhlina se šíří od povrchu obrusné vrstvy směrem do hloubky. Reflexní trhlina vzniká z příčiny prokopírování smršťovacích trhlín nebo spár z podkladních vrstev stmelovaných hydraulickými pojivy nebo vzniká nad spárou vozovky z cementobetonového krytu nebo panelů do asfaltového krytu.

Trhlina podélná může být široká [>5 mm], úzká [<5 mm] a rozvětvená, může mít různou délku, až desítky metrů. Příčina vzniku může být taktéž trhlina mrazová nebo trhlina reflexní. Mrazová trhlina nejčastěji vzniká v jízdní stopě nebo podél jízdní stopy vozidel, dále z důvodu zdvihů při promrznutí nehomogenního podloží v příčném směru, poklesů okrajů vozovky, při deformaci nestabilního podloží nebo při oslabení konstrukce vozovky. Reflexní trhlina vzniká

prokopírováním trhliny v nové vrstvě při opravě překrytím starého krytu vozovky nad neopravenou podélnou spárou nebo neopravenou podélnou trhlinou nebo v okolí nevhodným způsobem provedení pracovní spáry.

3.7.2.4 Deformace vozovky

Olamování okrajů vozovky se nejprve projevuje podélnými nebo síťovými trhlinami a později deformacemi nebo poklesem okraje vozovky. Porucha se nejčastěji se vyskytuje tam, kde je nekvalitní podloží a nízká kvalita konstrukčních vrstev. K tvorbě poruchy dále přispívá nefunkční odvodnění vozovky.

Puchýře v litém asfaltu vznikají v obrusné vrstvě na betonovém cementem zpevněném podkladu při vysokých teplotách, kdy vodní páry nestačí touto vrstvou rychle pronikat a vytváří puchýře.

Nepravidelní hrboly vznikají na povrchu vozovky a jsou způsobené opakovanou údržbou krytu pomocí tryskové metody a nekvalitním prováděním vysrávek vozovky. Nejčastěji se vyskytují u vozovek na konci své životnosti.

Plošná deformace vozovky vzniká u vozovek s nedostatečnou nehomogenní konstrukční skladbou, při zvýšené vlhkosti podloží nebo nedostatečném zhutnění podloží. Další příčinou mohou být vyskytující se trhliny, které konstrukci vozovky oslabují a nekvalitní asfaltové směsi. Projevuje se nepravidelným střídáním prohlubní a hrbolů.

Vyjeté koleje vznikají v jízdnicích stopách těžkých nákladních vozidel při vysokém dopravní zatížení, dále při pomalu jedoucí a zastavující dopravě. Další vlivy na tvorbu kolejí jsou vysoké teploty a nevhodná skladba konstrukce vozovky. Koleje se mohou tvořit i na vozovkách s neúnosným podloží, kdy se konstrukce v jízdnicích stopách vozidel do podloží zatlačuje.

Místní hrboly a poklesy vznikají použitím nevhodných materiálů podléhajících objemovým změnám v konstrukční skladbě, vznikem mazových zdvihů nebo prorůstáním okolní vegetace do konstrukce vozovky. Často se tyto poruchy také objevují při nekvalitním provedení zásypů různých překopů.

Prolomení vozovky vzniká jako důsledek výskytu síťových trhlin, kdy se vozovka zdeformuje a dojde k její celkové degradaci.

3.7.2.5 Jiné poruchy

Zanesení příkopů a nefunkční odvodnění podloží má podstatný vliv na životnost vozovky.

Zvýšená nezpevněná krajnice má vliv na hromadění nečistot, prorůstání vegetace a zabraňování odtoku vody z povrchu vozovky.

3.8 Poruchy tuhých vozovek

3.8.1 Všeobecně

Tuhé vozovky, vozovky s cementobetonovým krytem CB, užívají nejtrvanlivější stavební materiál, který vytváří jak povrch vozovky, tak zajišťuje nosnou funkci vozovky. Výskytem poruch dochází ke ztrátě provozní způsobilosti povrchu vozovky a ke ztrátě únosnosti. Únosnost je vázána jen na tuto jedinou nosnou vrstvu a její ztráta se projeví trhlinami a následnými deformacemi vozovky. Nedojde tak k úplné ztrátě použitelnosti konstrukce, ale pokud je vozovka intenzivně zatěžována, použitelnost se velmi rychle zhoršuje tak, že musí dojít k výměně CB krytu (Kudrna, 2007).

3.8.2 Přehled typů poruch

Přehled typů poruch, tak jak je specifikují TP 62 (2010) Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem.

3.8.2.1 Poruchy krytu

Jamka vzniká na povrchu betonového krytu, vyskytuje se ojediněle a její tvorba je zapříčiněna přítomností nečistot v kamenivu nebo zvětralého zrna kameniva. Účinkem mrazu a vody se může zvětšovat až do velikosti výtlučku.

Výtluk se obvykle tvoří na trhlinách nebo spárách, příčinou vzniku je lokální narušení soudržnosti betonu na povrchu vozovky.

Mapové trhliny vznikají popraskáním povrchu vlasovými trhlinami, příčinou vzniku je smršťování cementové malty, jako důsledek použití nevhodných materiálů při výrobě směsi.

Koroze povrchu se projevuje jako odlupování povrchové vrstvičky malty. Příčinou je málo odolný, nemrazuvzdorný, špatně zpracovaný nebo ošetřený beton.

Plošný rozpad je pokračováním koroze s následnou další degradací povrchu.

Ohlazení povrchu souvisí s nedostatečnou úpravou povrchu čerstvého betonu, který následně ztrácí protismykové vlastnosti.

3.8.2.2 Poruchy na spárách bez destrukcí

Nefunkční nebo chybějící těsnění ve spáře je obvykle důsledkem stáří, uvolnění, vytržení nebo neutěsnění spár těsněním při výstavbě.

Rozestoupená podélná spára se nejčastěji vyskytuje u starých krytů bez kotev a trnů ve spárách, příčinou je sedání násypu nebo vzájemný posun betonových desek.

Rozestoupená příčná spára má stejné příčiny jako spára podélná, navíc se ještě vyskytuje u napojení na asfaltový kryt.

Těsná příčná spára vzniká přiblížením dvou sousedních desek, příčina výskytu je v posunu desek v úsecích s velkým sklonem, nejčastěji u starých krytů bez kotev a trnů ve spárách.

Vzájemný horizontální posun pruhů se vyskytuje u starých krytů bez kotev a trnů ve spárách, v úsecích s velkým sklonem na podkladu umožňující posun desek.

3.8.2.3 Poruchy na spárách s destrukcemi

Rozpad betonu ve spáře na styku dvou desek odhaluje hrany spáry, tím dochází k narušování betonu a pronikání nečistot a chemických posypových látek do konstrukce vozovky. Příčinou je nedostatečná odolnost betonu.

Oprýskaná hrana desky se nejčastěji vyskytuje u neutěsněné spáry, dále vzniká při prořezávání spár nedostatečně pevného betonu.

Ulomená hrana desky vzniká na hranách v okolí spár, nejčastěji působením dopravního zatížení nebo působením zatížení čerstvého betonu, dále může vznikat při pozdním prořezávání spár.

Rozdrcený roh na styku desek způsobuje tepelná dilatace desek, tuhost betonového krytu nebo nevhodné podkladní vrstvy.

3.8.2.4 Trhliny

Trhliny podélné, obloukové, příčné a šikmé obvykle zasahují celou tloušťku betonové desky a mohou se vyskytovat ve skupinách nebo mohou být rozvětvené. Příčinou jejich vzniku je nedostatečná nebo nevhodná konstrukční skladba vzhledem k dopravnímu zatížení nebo nerovnosti podkladu.

Nepravidelná trhlinka vzniká jako příčina poruch podkladních vrstev, pozdní nebo předčasné řezání spár nebo nevhodné složení betonové směsi.

Ulomený roh desky způsobuje trhlinka zasahující celou tloušťku desky, příčinou je zatížení čerstvého betonu nebo nevhodné umístění podélných spár do jízdnic stop vozidel.

Podélné trhliny vícečetné se vyskytují jako trhliny se stejným rozestupem, příčinou je působení dopravního zatížení vzhledem ke stáří krytu nebo nevhodné složení betonové směsi.

Trhlinka nad kluzným trnem nebo kotvou u příčné spáry, kdy příčinou je nevhodné uložení kotvy nebo trnu a dále pak sedání podkladní vrstvy.

Rozlomená deska je kombinací podélných a příčných trhlín způsobující rozdělení desky na bloky. Příčinou je konec životnosti konstrukce vozovky, sedání zemního tělesa nebo nedostatečná únosnost podloží.

3.8.2.5 Deformace nivelety

Pumpování desky je vertikální pohyb způsobený pojezdy vozidel, kdy za deštivého počasí dochází k vyplavování jemných částic z podkladních vrstev trhlinami, spárami nebo okraji desek. Tvorba následných dutin pod okraji způsobuje tvorbu dalších poruch.

Vertikální posun desek na příčné spáře se projevuje jako nerovnost protilehlých hran desek a zasahuje celou její šířku. Příčinou je absence kotvení desek nebo postupné nerovnoměrné sedání podkladních vrstev.

Vertikální posun desek na podélné spáře se projevuje jako nerovnost protilehlých hran desek. Příčinou je absence kotvení desek nebo postupné nerovnoměrné sedání podkladních vrstev. Při víceproudé komunikaci může být příčinou různé dopravní zatížení v jednotlivých pruzích.

Střeovitý zdvih desek způsobuje tepelná dilatace desek nebo nevhodná konstrukční skladba vozovky.

Pokles desek způsobuje sedání zemního tělesa.

Vystřelení desky se nejčastěji vyskytuje v okolí spár, projevuje se jako příčný zlom. Důvodem je tepelná dilatace krytu při nedostatku prostoru v příčných spárách.

Nerovnosti na styku cementobetonového a asfaltového krytu se projevuje jako shod v jízdních stopách vozidel. Příčinou tvorby jsou trvalé deformace asfaltového krytu nebo nestejněrné sedání obou různých konstrukcí.

Zvlnění cementobetonového krytu se vyskytuje na delším úseku vozovky, projevuje se kombinací jednotlivých zdvihů a poklesů desek.

3.8.2.6 Jiné poruchy

Alkalicko-křemičitá reakce se projevuje na povrchu nepravidelnou sítí trhlin, příčinou je chemická reakce mezi alkáliemi v cementu a křemičitými sloučeninami v kamenivu.

Porucha odvodnění vede k podmáčení vozovky, poškození podkladních vrstev způsobuje vývoj poruch snižující únosnost a celkovou životnost vozovky.

Provizorní vysprávka se používá z nutnosti rychlého řešení vzniklé poruchy při nedodržení technologických postupů. Důsledkem je degradace vysprávky a následná obnova poruchy.

3.9 Diagnostický průzkum vozovek

3.9.1 Všeobecně

Diagnostický průzkum vozovky je soubor činností a objektivních metod potřebných k hodnocení stavu vozovek na síti pozemních komunikací nebo ke stanovení příčin poruch a návrhu oprav vozovky na vybraném úseku pozemní komunikace. Podle Zajíčka et al (2014) je diagnostický průzkum vozovky sled pracovních činností, vykonávaných s cílem zjistit stav konstrukce vozovky a navrhnout technicky a ekonomicky optimální způsob její opravy.

Diagnostický průzkum se skládá z následujících kroků:

- vizuální prohlídka, fotodigitální záznam stavu povrchu, záznam poruch
- měření únosnosti vozovky rázovým zařízením
- jádrové vývrty ze stmelěných vrstev krytu vozovky
- geotechnické sondy do podkladních vrstev a podloží
- georadarové měření kontinuálních tloušťek konstrukčních vrstev
- laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech
- celkové zhodnocení stavu vozovky a stanovení příčin tvorby poruch
- návrh způsobu a technologie opravy
- ověření nově navržené konstrukce vozovky

Při diagnostickém průzkumu není vždy nutné provádění všech výše uvedených kroků, v některých případech to ani není možné. Například u asfaltových vrstev na konci své životnosti vykazující porušení odpovídající stáří a opotřebení není nutné provádět laboratorní rozbory a zkoumat příčiny poruch. Některým krokům je naopak třeba věnovat zvýšenou pozornost, například při zjišťování kontinuálních tloušťek konstrukce pomocí georadaru nebo při zjišťování únosnosti vozovky při nehomogenním podkladním souvrství. Další rozsah průzkumu je určen například podle významu pozemní komunikace, výskytem určitého druhu poruch nebo skladbou konstrukce. Z těchto všech uvedených důvodů je nutné každý diagnostický průzkum

pečlivě připravit a naplánovat zpracováním programu diagnostického průzkumu s podrobným rozsahem diagnostických prací. Znalost konstrukce vozovky, jejího aktuálního stavu a přehled o druhu vyskytujících se poruch je pro zadavatele nezbytný (Zajíček et al, 2004).

3.9.2 Vizuální prohlídka

Vizuální prohlídka je záznam vyskytujících se poruch na povrchu vozovky a v jejím nejbližším okolí, inventarizaci druhu a plošného, respektive délkového rozsahu poruch, vymezení homogenních úseků podle typu krytu nebo typu a rozsahu poruch a další důležité informace jako šířkové uspořádání, stav krajnic, funkčnost odvodnění, vyskytující se objekty.

Metody provádění vizuální prohlídky:

- pěší pochůzkou – záznam poruch do předem připravených formulářů, včetně fotodokumentace (krátké úseky, nízké dopravní zatížení)
- sledování z pomalu jedoucího vozidla – záznam poruch do počítače, lokace pomocí GPS
- multifunkčním vozidlem – video nebo fotodigitální záznam s vysokým rozlišením, možnost měření dalších proměnných a neproměnných parametrů (dlouhé úseky, vysoké dopravní zatížení)

Technický popis jednotlivých subsystémů multifunkčního zařízení ARAN:

Měření podélných nerovností - mezinárodní index podélné nerovnosti IRI

Princip měření použitý u zařízení ARAN je založen na bezkontaktním snímání hodnot svislého zrychlení neodpružené hmoty měřící nápravy a hodnot svislého zrychlení odpružené hmoty karoserie. Další možnost je založená na výpočtu z hodnot naměřených Laserovým Optokátorem, tzn. svislé vzdálenosti srovnávací roviny tvořené optikou kamery umístěné pevně na karoserii vozidla a z hodnot akcelerometru umístěného na této kameře měřící tíhová zrychlení hmoty vozidla v interakci s podélnými nerovnostmi vozovky.

Měření příčných nerovností vozovky - hloubka vyjeté koleje, příčný sklon

Měření příčného profilu je realizováno pomocí ultrazvukových senzorů, které jsou namontovány na pevné přední liště vozidla. Z údajů jednotlivých senzorů v kombinaci s údaji

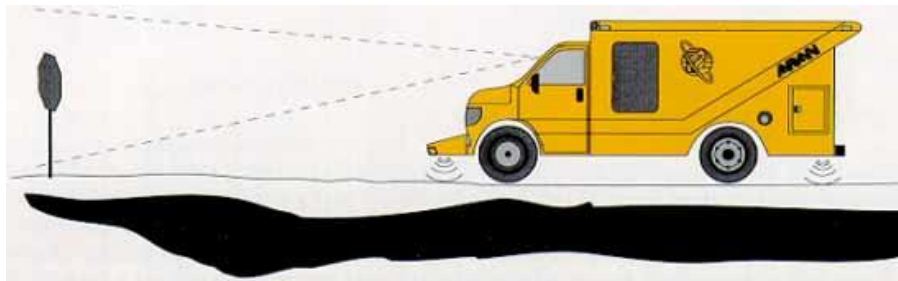
dalších měřících subsystémů (gyroskopy a měření vzdálenosti) jsou vypočteny související proměnné parametry povrchu vozovky, jako hloubka kolejí a příčný sklon vozovky.

Měření makrotextury povrchu vozovky

Princip měření je založen na bezkontaktním pravidelném snímání vzorků podélných profilů, ze kterých se počítá hodnota průměrné hloubky makrotextury (MPD). Snímání podélných profilů se děje opět pomocí vysokorychlostního Laserového Optokátoru v pravidelných intervalech každých 20 cm povrchu vozovky.

Měření a vyhodnocování poruch vozovky

System se skládá z přední digitální videokamery pro záznam povrchu vozovky z pohledu řidiče, ze zadní digitální kamery s vysokou rychlostí závěrky pro záznam kolmého pohledu na povrch vozovky, zadní kamera je doplněna o dvě synchronizované stroboskopické výbojky zajišťující standardní kvalitu osvětlení povrchu vozovky i za proměnlivých světelných podmínek. Videozáznam může být doplněn zvukovým záznamem komentáře operátora, na kterém hodnotí stav povrchu vozovky. Videosignály obou kamer jsou vzájemně synchronizovány, což umožňuje následné hodnocení poruch (www.viageos.cz)



Obrázek 5 – Princip měření multifunkčním vozidlem ARAN (www.viageos.cz)

3.9.3 Měření únosnosti

Únosnost vozovky je schopnost vozovky přenášet dopravní zatížení po dobu uvažované životnosti. Posouzení únosnosti se provádí měřením odezvy konstrukce vozovky na zatížení představující účinek nápravy těžkého nákladního vozidla. Odezvou vozovky na zatížení je průhyb vozovky, jako svislý posun povrchu vozovky. Jednotlivé naměřené hodnoty průhybu se následně spojují a vzniká průhybová křivka (Kudrna, 2007).

Používané zařízení:

- pákový průhyboměr – přenosný mechanický přístroj, který měří průhyb v místě mezi zdvojenými pneumatikami plně naloženého nákladního auta a bezprostředně po jeho odjezdu
- deflektograf – mobilní automatizovaný pákový průhyboměr, měření probíhá při pomalé plynulé jízdě
- rázové zařízení – mobilní automatizované zařízení tzv. deflektometr, měření únosnosti vozovky se provádí měřením průhybů pomocí rázového pulzu

Popis deflektometru:

Rázové zařízení (Falling Weight Deflectometer – FWD) zatěžuje vozovku rázovým pulzem, který je vyvolán pádem závaží přes pryžové tlumiče na kruhovou desku o průměru 300 mm. Doba působení pulzu je asi 25 ms, což odpovídá dopravnímu zatížení pohybující se asi 50 km/h. Změnou výšky pádu a změnou hmotnosti závaží lze měnit velikost zatížení. Zařízení je osazeno geofony, které na desce a v určitých vzdálenostech snímají průhybovou křivku tím způsobem, že měří zrychlení průhybu a čas trvání pulzu. Vyhodnocení naměřených hodnot provádí software, stanovením modulů pružnosti všech konstrukčních vrstev a podloží. Z těchto modulů se vypočte průhybová křivka. Tvar křivky neovlivňují konstrukční vrstvy a podloží stejně. Průhyb pod zatěžovací deskou ovlivňují všechny vrstvy a podloží, ve vzdálenosti 100 cm od zatěžovací desky průhyb ovlivňují pouze podkladní vrstvy a podloží a na nejvzdálenějším geofonu průhyb ovlivňuje pouze podloží.

U dvouproutých komunikací se měření provádí střídavě, vzdálenost mezi jednotlivými body je obvykle 25 m, tzn. po 50 m v každém pruhu. Pro výpočty je dále nezbytné znát tloušťky jednotlivých konstrukčních vrstev, které se zjišťují odběrem jádrových vývrtů a odběrem geotechnických sond, popřípadě zjišťování konstrukční skladby pomocí georadaru.

Výstup z měření deflektometrem:

- hodnoty průhybů – průhybová křivka
- moduly pružnosti konstrukčních vrstev a podloží
- zbytková životnost vozovky
- tloušťky potřebného zesílení

Výsledky měření únosnosti je nutné posuzovat v kontextu celého diagnostického průzkumu. Zvláště vypočtené potřebné zesílení konstrukce vozovky nelze brát jako hlavní návod na položení dalších nových vrstev, protože porušení konstrukčních vrstev většinou tento způsob opravy vylučuje. Stejně tak i v opačném případě, kdy vozovka na základě výsledků měření nepotřebuje zesílení konstrukce, ale důvodem opravy mohou být poruchy, které nezpůsobily snížení únosnosti (Zajíček et al, 2004). Při provádění měření na cementobetonové vozovce je nutné počítat s tím, že kryt je rozdělen na jednotlivé desky, kdy ve spáře je možný pohyb desky. Rázové zkoušky jako nedestruktivní a rychlou metodu měření únosnosti upravuje norma ČSN 73 6192 (1996).

Výstupem z měření únosnosti je stanovení zbytkové doby životnosti vozovky. Ta je pro nové komunikace stanovena na 25 roků. Zbytková životnost je hodnocena dle TP 87 (2010) klasifikačními stupni:

Tabulka 2 – Přehled typů poruch tuhých vozovek TP 87 (2010)

Klasifikační stupeň	1	2	3	4	5
Zbytková doba životnosti vozovky t_z	25	24 - 20	19 - 10	9 - 5	< 5
Požadovaná zbytková doba životnosti v době se použije	při uvedení vozovky do provozu	v záruční době	při provádění běžné údržby a údržby povrchu vozovky	při provedení opravy vozovky	



Obrázek 6 – Princip měření únosnosti rázovým zařízením FWD (Kudrna, 2007)

3.9.4 Jádrové vývrty a geotechnické sondy

Znalost konstrukční skladby vozovky je důležitým podkladem a nezbytnou součástí pro další laboratorní měření a stanovení, jakož i pro samotný způsob technologie oprav.

Jádrové vývrty se provádějí na stmelěných vrstvách vozovky asfaltového či cementobetonového krytu. Odběr se provádí pomocí kovové korunky osazené diamantovými segmenty, výroba segmentů a jejich uspořádání na těle korunky musí odpovídat charakteru řezaného materiálu a výkonu mobilní vrtačky. Při odběru se korunka chladí vodou a vývrt se z vozovky vytahuje kleštěmi. Průměr vývrtů se pohybuje v rozmezí 100 – 400 mm, nejčastěji však 150 mm. Vzdálenost mezi odběrnými místy vývrtů v podélném směru závisí na délce a členitosti posuzovaného úseku, nejčastěji se však pohybuje v rozmezí 250 – 300 m, tzn. 3 – 4 jádrové vývrty / 1000 m.

Odebrané jádrové vývrty slouží:

- jako materiál pro laboratorní zkoušky a stanovení
- pro stanovení tloušťek jednotlivých asfaltových vrstev
- pro identifikaci a sledování vývoje poruch v asfaltovém souvrství



Obrázek 7 – Souprava pro odběr jádrových vývrtů a odebraný jádrový vývrt

Geotechnické vrtané nebo kopané sondy se provádějí do nestmelěných podkladních vrstev a podloží. Kopané sondy se nejčastěji provádějí v okraji vozovky a to buď ručně nebo pomocí mechanizace. Takto prováděné sondy jsou však časově náročné a v případě, že zasahují přímo i do vozovky, způsobují destrukci většího rozsahu a následně náročnější proces uvedení vozovky do provozuschopného stavu. Další nevýhodou kopaných sond v okraji vozovky je fakt, že zjištěná skladba často nereprezentuje konstrukční skladbu použitou přímo ve vozovce. Daleko

častější a méně destruktivní jsou sondy vrtané pomocí hydraulické vrtné soupravy. Tyto mobilní vrtné soupravy jsou obvykle umístěné na korbě terénního automobilu. Vrtání je obvykle prováděno jednoduchou jádrovnicí osazenou roubíkovou korunkou o řezném průměru 100 až 200 mm. Odebraný materiál se z jádrovnice vytlačuje vzduchem. Pro potřeby diagnostického průzkumu se sondy provádějí do hloubky 1 - 2 m, vzdálenost mezi odběrnými místy sond v podélném směru taktéž závisí na délce a členitosti posuzovaného úseku, nejčastěji se však pohybuje v rozmezí 300 – 500 m, tzn. 2 – 3 sondy / 1000 m. Pro zjištění homogenity konstrukce vozovky v příčném směru se provádějí sondy párově, vždy jedna ve středu vozovky a druhá v okraji vozovky.

Odebrané geotechnické sondy slouží:

- jako materiál pro laboratorní zkoušky a stanovení
- pro stanovení druhu a stavu zeminy v podloží
- pro zjištění celkové konstrukční skladby
- pro identifikaci a sledování vývoje poruch zasahujících do podkladních vrstev
- pro zjišťování přítomnosti vody v podloží



Obrázek 8 – Souprava pro odběr geotechnických sond a odebraná sonda

3.9.5 Georadarové měření kontinuálních tlouštěk konstrukčních vrstev

Georadar GPR (Ground Penetrating Radar) je geofyzikální nedestruktivní metoda využívající radarové impulzy na zmapování konstrukční skladby vozovky. Georadar je zavěšen za jedoucím vozidlem, které se v závislosti na požadované hloubce měření může pohybovat rychlostí až 70 km/hod. Princip spočívá v opakovaném vysílání vysokofrekvenčního elektromagnetického impulsu vysílací anténou do konstrukce vozovky. V místech, kde je změna elektromagnetických vlastností prostředí, tzn. rozhraní mezi jednotlivými konstrukčními vrstvami, dochází k odrazu

části energie vyslaného impulzu a ta se registruje přijímací anténou. Tím se zjistí tloušťky vrstev a jejich uložení v konstrukci, typy vrstev se určí z jádrových vývrtů a z geotechnických sond a na základě jejich skutečně zjištěných tloušťek se provede kalibrace časového řezu. Dále georadar dokáže najít dutiny, propady nebo rozvolněný podklad, odhalí nekvalitně provedené opravy vozovek nebo naopak dokáže zjistit rozsah poškození vozovky. Rozliší povrchová narušení i propady, které mají původ v podloží vozovky, jako prasklá potrubí a vznikající dutiny nebo nekvalitně provedené zasypání výkopů. Primárním výstupem je časový řez, který se přepočítává na hloubkový řez, naměřená data se ihned převádí na obrázek, ze kterého je pak patrná struktura a rozhraní materiálů pod místem měření. Naměřená data se pak dále zpracovávají pro zvýraznění hledaných struktur v různých částech řezu (Zajíček et al, 2014).



Obrázek 9 – Georadar GPR

3.9.6 Laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech

Laboratorní zkoušky se provádějí za účelem přesnější identifikace typu a kvality vrstev, zatřídění zeminy podloží nebo ke stanovení příčin tvorby poruch. O rozsahu laboratorních zkoušek lze nejlépe rozhodnout až po provedené vizuální prohlídce, po odběru jádrových vývrtů a geotechnických sond, posouzení stavu konstrukčních vrstev a po provedení měření únosnosti (Zajíček et al, 2014). Obecně platí, že laboratorní zkoušky jsou potřebné pro stanovení správného způsobu a technologie opravy a rozsah se odvíjí od významu pozemní komunikace a velikosti dopravního zatížení.

3.9.6.1. Asfaltové souvrství

Na fungování asfaltových směsí se podílí více faktorů, které dohromady určují její vlastnost a lze je ověřit souborem laboratorních zkoušek a stanovení. Složení asfaltové směsi vychází z požadavků příslušných technických norem, které předepisují druh a kvalitu použitých materiálů, požadavky na složení směsi a její fyzikálně mechanické vlastnosti (Zajíček et al, 2014).

Tloušťka asfaltové vrstvy má rozhodující vliv na správnou funkci celé konstrukční skladby vozovky, kdy snížení tlouštěk může způsobit předčasné snížení životnosti konstrukce vozovky. Stanovení tlouštěk asfaltových vrstev upravuje norma ČSN EN 12697-36 (2004).

Spojení vrstev je důležitým parametrem, který ovlivňuje spolupůsobení asfaltového souvrství při přenášení dopravního zatížení. Při nedostatečném spojení může dojít ke snížení mechanické účinnosti konstrukce vozovky a tvorbě poruch. Stanovení hodnot spojení asfaltových vrstev upravuje norma ČSN EN 12697-27 (2002).

Rozbor asfaltové směsi se provádí pro stanovení obsahu pojiva a zrnitosti směsi kameniva. Každá asfaltová směs má navržené optimální množství pojiva, které je potřebné pro obalení navržené směsi. Obecně platí, že čím je směs více jemnozrná, tím je potřeba většího množství asfaltového pojiva. Množství asfaltového pojiva tedy vychází z čáry zrnitosti. Stanovení množství asfaltového pojiva upravuje norma ČSN EN 12697-1 (2012). Zrnitost kameniva nám určuje zastoupení jednotlivých frakcí kameniva v asfaltové směsi. Čára zrnitosti by měla ležet uvnitř předepsaného oboru zrnitosti a měla by tvořit parabolu s nejtěsnějším uspořádáním zrn (Zajíček et al, 2014). Stanovení zrnitosti asfaltové směsi upravuje norma ČSN EN 12697-2 (2015).

Mezerovitost asfaltové směsi je jedním z hlavních parametrů hodnocení zhutněné směsi, na základě kterého lze zjistit, zda je ve směsi dostatečný prostor pro požadované množství pojiva. Příliš nízká mezerovitost může způsobit sníženou odolnost směsi proti tvorbě trvalých deformací. Příliš vysoká mezerovitost má za následek pronikání vody do souvrství a tím postupné snižování trvanlivosti souvrství. Stanovení mezerovitosti asfaltové směsi upravuje norma ČSN EN 12697-8 (2004).

Míra zhutnění a mezerovitost vrstvy jsou důležité parametry určující životnost celé vrstvy, jestliže je směs nedostatečně zhutněná nebo vykazuje příliš vysokou mezerovitost, do vrstvy

vníká voda a zkracuje se její trvanlivost. Ověřování míry zhutnění a mezerovitosti asfaltové směsi upravuje ČSN 73 6160 (2008) Zkoušky hotové úpravy - míra zhutnění, smyková pevnost a mezerovitost.

Vlastnosti zpětně získaného asfaltového pojiva lze ověřit pomocí empirických zkoušek, které vycházejí z dlouhodobého sledování vlastností pojiva. Mezi tyto zkoušky řadíme stanovení penetrace podle ČSN EN 1426 (2015), tedy měření hloubky proniknutí jehly do zkušební vzorku. Stanovení bodu měknutí podle ČSN EN 1427 (2015), teplotu [°C] při níž se vrstva asfaltu v objímce zatížená kuličkou protáhne na délku 25 mm. Stanovení bodu lámavosti podle Fraasse podle ČSN EN 12593 (2015), stanovení teploty [°C] při které zkušební vzorek zkřehne a praskne.

3.9.6.2 Vrstvy stmelené hydraulickými pojivy

Z hlediska kvalitativních vlastností se tyto směsi nejčastěji klasifikují podle pevnosti v tlaku nebo v příčném tahu a to jen v případě, že je možné získat neporušené vzorky u směsí vyšších tříd pevnosti. Zkušební vzorky jsou vystaveny zatížení ve zkušebním hydraulickém lisu. Z naměřených hodnot se určují třídy pevnosti.

Stanovení pevnosti v tlaku se provádí na válcovém zkušebním tělese, které je vystaveno tlaku na průřezovou plochu v kolmém směru. Výsledná kolmá tlaková síla způsobí porušení tělesa tlakem (ČSN EN 12390-3, 2009).

Stanovení pevnosti v příčném tahu se provádí na válcovém zkušebním tělese, které je vystaveno tlaku v úzkém pruhu po jeho délce. Výsledná kolmá tahová síla způsobí porušení tělesa tahem (ČSN 73 1318, 1986).

3.9.6.3 Vrstvy nestmelené

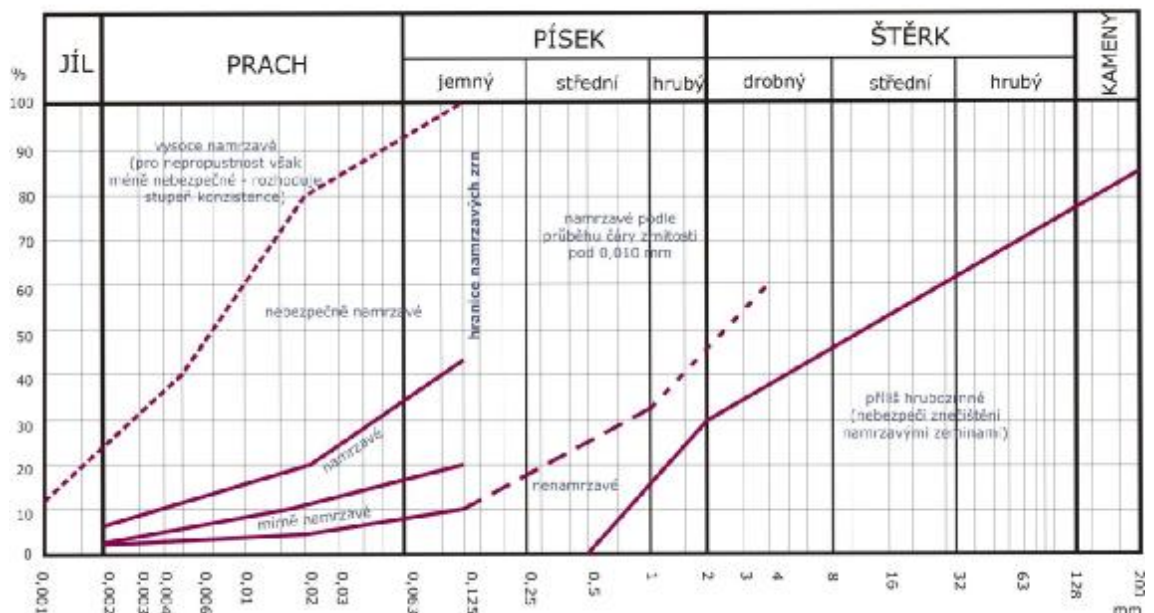
Aktuální vlhkost materiálu nám udává poměr hmotnosti vody v obsažené ve vzorku k hmotnosti vysušeného vzorku. Zvýšená vlhkost nám může signalizovat přítomnost nevhodných materiálů v konstrukci vozovky (ČSN EN ISO 17892-1, 2015).

Zrnitosti směsi kameniva se zjišťuje pomocí zkušebních sít a zahrnuje mechanické roztřídění zrn podle velikosti, stanovení % propadu zrn na jednotlivých sítích a stanovení čáry zrnitosti.

Směs kameniva musí mít vhodnou zrnitost tak, aby v nestmelené vrstvě bylo možné vytvořit pevnou kostru ze vzájemně zaklíněných různě velikých zrn. Tyto různozrné materiály lze dobře hutnit (ČSN EN 933-1, 2012).

Ekvivalent písku nám ověřuje přítomnost jemných částic bez plastických vlastností, které jsou v nestmelených vrstvách potřebné pro zlepšení mechanické stability a zvyšují odolnost vrstvy proti mechanickému namáhání (ČSN EN 933-8, 2015).

Posouzení namrzavosti se provádí u materiálů s vysokým obsahem jemných částic, které jsou namrzavé. Nejjednodušší metoda zjišťování namrzavosti je založena na zrnitosti materiálu. Podle Scheibleho kritéria se namrzavost rozlišuje podle stupňů na nenamrzavé až nebezpečně namrzavé (ČSN 72 1191, 2013).



Obrázek 10 – Kritérium namrzavosti zeminy podle křivky zrnitosti (ČSN 72 1191, 2013)

3.9.6.4. Podloží

Aktuální vlhkost a posouzení namrzavosti – tyto zkoušky jsou totožné se zkouškami uvedenými v článku 9.6.3.

Zrnitost nám udává vzájemné zastoupení velikosti jednotlivých zrn v zemině, určuje se pomocí laboratorních sít a vyjadřuje se pomocí čáry zrnitosti). Zrnitost zemin menší než 0,063 mm již

nelze zjišťovat pomocí sít, a proto se stanovuje nepřímou pomocí hustoměrné zkoušky, kdy se u zeminy ve formě suspenze s vodou pomocí hustoměru postupně určuje její měnící se hustota ve stanovených časových intervalech a z toho se odvozuje množství a velikost zrn (ČSN CEN ISO/TS 17892-4, 2005).

CBR Kalifornský poměr únosnosti nám posuzuje vhodnost zeminy a některých typů nestmelených směsí z hlediska únosnosti. Zkouška probíhá na zhutněném vzorku zeminy ve formě, kdy po uplynutí doby nasycení vodou se do vzorku nechá pronikat válcový ocelový trn. Síla, která je potřebná k zatlačení trnu do vzorku se porovná s referenční hodnotou a určí se její poměr v % (ČSN EN 13286-47, 2012).

Zatřídění materiálu podle klasifikace, kdy u zemin se určí vlastnosti, které pak rozhodují o vhodnosti použití do náspu nebo pro podloží vozovky. U hrubozrnných je klasifikačním kritériem zrnitost a u jemnozrnných plasticita (ČSN CEN ISO/TS 17892-12, 2005). U hornin je kvalitativním znakem pevnost v prostém tlaku (ČSN EN 1926, 2007).

3.9.6.5 Nepřímé metody pro ověřování únosnosti a míry zhutnění nestmelených vrstev a podloží

Nepřímé metody jsou založeny na měření takových veličin, které jsou na kvalitě hutnění závislé, a pokud existuje jejich porovnání s výsledky získanými přímou metodou, lze z nich kvalitu hutnění odvodit. Lze též použít vztahy získané na základě dřívějších zkušeností nebo z historicky ověřených kritérií (Zajíček et al, 2014).

Statická zatěžovací zkouška se provádí podle ČSN 72 1006 (2015) pro stanovení modulu přetvárnosti podloží a nestmelených podkladních vrstev a též k nepřímé kontrole míry zhutnění. Zkouška probíhá ve dvou zatěžovacích cyklech a výsledkem měření jsou hodnoty průhybů při různých velikostech narůstajícího zatížení. Ze zjištěných modulů přetvárnosti lze usuzovat kvalitu hutnění.

Rázová zatěžovací zkouška se provádí podle ČSN 73 6192 (1996) pro kontrolu únosnosti podloží a nestmelených podkladních vrstev za použití rázového zařízení lehká dynamická deska. Naměřený rázový modul deformace se vždy musí porovnat s výsledky statické zatěžovací zkoušky nebo použít dříve odvozené vztahy na stejných materiálech.

Dynamická penetrační zkouška se provádí podle ČSN EN ISO 22476-2 (2005) pro zjištění odporu, který materiál klade vůči pronikání kuželovitého hrotu upevněného na tyči. Výsledkem je stanovení ulehlosti materiálu.

3.9.7 Stanovení příčin poruch

Stanovení příčin poruch je souhrnem informací z vizuální prohlídky, odběru jádrových vývrtů, geotechnických sond, měření únosnosti, laboratorních zkoušek a případně také znalosti historie vozovky. Jako příčinu je nezbytné brát v úvahu i přirozené porušování vozovky, úměrné jejímu stáří (Zajíček et al, 2014).

3.9.8 Návrh opravy

Návrh způsobu a technologie opravy je hlavním výstupem diagnostického průzkumu, je sestavený na základě všech zjištěných skutečností. Musí být proveditelný, ekonomicky efektivní a technicky zdůvodnitelný. Při návrhu opravy je třeba vzít v úvahu její předpokládanou životnost jak z hlediska životnosti vozovky, tak z hlediska trvanlivosti obrusné vrstvy. Ve většině případů se návrh opravy předkládá ve více variantách a jeho součástí musí také být opatření zajišťující řádné odvodnění konstrukce vozovky. Pokud se vyloučí únava konstrukce, pak je možné podle charakteru poruch rozsah opravy omezit jen na výměnu obrusné vrstvy nebo se oprava provede pouze lokálně na daných poruchách. Poruchy se většinou nevyskytují samostatně, ale objevuje se několik druhů poruch současně. Proto je vždy potřebné zvážit, které poruchy mají pro návrh opravy zásadní význam nebo která opatření mohou dané poruchy odstranit. Na rozhodování o způsobu a technologii opravy má také vliv stupeň vývoje a četnost poruch stejně jako dopravní význam komunikace, dále i zda je nebo není možná výšková změna nivelety vozovky. Při návrhu je také důležité počítat s tím, že konstrukce vozovek bývají často nehomogenní jak v podélném, tak i v příčném směru. Nedílnou součástí vyhodnocovacího procesu je posouzení možnosti znovupoužití materiálů konstrukčních vrstev, jejich recyklovatelnost a dále možný vliv okolí na tvorbu poruch. V neposlední řadě je nutné zohlednit možnost zlepšení protismykových vlastností krytu a snížení hlukové zátěže v obcích. Výsledkem rozhodovacího procesu je tedy zpracování návrhu a způsobu technologie opravy v alternativách, například s různými navrhovanými životnostmi vozovky (Zajíček et al, 2014).

3.9.9 Ověření nově navržené konstrukce vozovky programem LayEPS

Program LayEPS vyvinula společnost PavEx Consulting, s.r.o., specializovaná konzultační firma v silničním hospodářství. Program LayEPS slouží k výpočtu a posouzení konstrukce netuhých vozovek podle technických podmínek TP 170 (2004). Výpočet napětí a přetvoření je založen na řešení lineárně pružného vrstevnatého poloprostoru. Posouzení konstrukce vozovky je založeno na stanovení poměrného porušení asfaltem stmelěných konstrukčních vrstev vozovky a podloží a posouzení minimální tloušťky celé konstrukce vozovky vzhledem ke klimatickým podmínkám (www.pavex.cz).

3.10 Hodnocení porušení a závad lesních cest

3.10.1 Lesní cesty a jejich rozdělení

3.10.1.1 Rozdělení podle ČSN 73 6108

ČSN 73 6108 (2006) Lesní dopravní síť definuje lesní cestu jako účelovou pozemní komunikaci, která je součástí lesní dopravní sítě a je určena k odvozu dříví, dopravě osob, materiálu, pro průjezd speciálních vozidel (požární, zdravotní služba), ale může sloužit i jiným účelům. Konkrétně lesní odvozní cesta je touto normou definována jako jednopruhová účelová komunikace vytvářející dopravní spojení uvnitř lesních komplexů, z dopravního hlediska zaručuje bezpečný celoroční nebo sezónní provoz. Vyhláška č. 433/2001 Sb., kterou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkcí lesa, uvádí pojem lesní cesta jako účelovou komunikaci, která je součástí lesní dopravní sítě, určená k odvozu dříví, dopravě osob a materiálu pouze v zájmu vlastníka lesa a pro průjezd speciálních vozidel. Umožňuje bezpečný celoroční nebo sezónní provoz. Podle zákona 289/1995 Sb., zákon o lesích, jsou všechny nezpevněné lesní cesty, nejsou-li širší než 4,0 m a také zpevněné lesní cesty, součástí pozemků určených k plnění funkcí lesa.

Lesní cesty se odlišují od veřejných komunikací intenzitou dopravy a přírodním prostředím, ve kterém byly vybudovány (Hanák et al, 1992).

Lesní cesty se dělí dle dopravní důležitosti a účelu a podle prostorového uspořádání na:

- lesní cesty 1. třídy

Za předpokladu zimní údržby umožňují celoroční provoz návrhovým vozidlem. Cesty jsou vždy opatřeny vozovkou. Minimální šířka jízdního pruhu je 3,0 m. Volná šířka v koruně je minimálně 4,0 m. Maximálně podélný sklon nivelety je 10 – 12 %.

- lesní cesty 2. třídy

Umožňují alespoň sezónní provoz. Dle únosnosti podložních zemin se doporučuje povrch cesty opatřit jednoduchou vozovkou nebo provozním zpevněním. Minimální šířka jízdního pruhu je 2,5 m. Volná šířka v koruně je minimálně 3,5 m. Maximální podélný sklon nivelety se odvíjí od morfologie terénu, druhu podložních zemin, jejich únosnosti a druhu zpevnění povrchu. Neměl by však přesáhnout 10 %.

- lesní cesty 3. třídy

Slouží k vyvážení a přibližování dříví. Minimální volná šířka cesty je 3,0 m. Povrch je buď se zpevněním, s částečným zpevněním, anebo bez zpevnění.

- lesní cesty 4. třídy

Slouží k soustředování vytěženého dříví z porostu. Vedou se většinou po spádnici a jejich povrch je vždy nezpevněný. Šířka cesty je min. 1,5 m

- lesní stezky

Navrhují se tak, aby jejich parametry odpovídaly účelu, kterému mají stezky sloužit. (například cyklostezky nebo jezdecké trasy)

- lesní pěšiny

Cílem těchto pěšin je podchytit turisticky zajímavá místa v dané oblasti.

Z hlediska prostorového uspořádání lze lesní cesty rozdělit na kategorie označující se zlomkem X/Y. Písmeno X v čitateli tohoto zlomku značí volnou šířku koruny cesty v metrech a písmeno Y ve jmenovateli vyjadřuje návrhovou rychlost v kilometrech za hodinu. U lesních cest 4. třídy se již návrhová rychlost neuvádí a ponechává se pouze označení volné šířky koruny cesty.

Pro označování tříd a kategorií lesních cest se užívá vždy spojení L – X/Y. Před pomlčkou se vždy uvádí číslo dle dané třídy a písmeno L značí lesní cestu. Zlomek za pomlčkou charakterizuje již výše zmíněné prostorové uspořádání (ČSN 73 108, 2006).

Doplněné definice podle Klče a Žáčka (2006):

Lesní odvozní cesta je jednopruhová účelová komunikace vytvářející dopravní spojení uvnitř lesních komplexů, zaručuje celoroční nebo sezónní provoz.

Lesní přibližovací cesta – vždy jednopruhová účelová pozemní komunikace vytvářející dopravní spojení uvnitř lesních komplexů, zpravidla spojuje přibližovací linky s odvozními cestami.

Lesní přibližovací linka – součást lesní dopravní sítě, sloužící výhradně k vyklizování vytěženého dříví z porostů a následné přibližování, spojuje zpravidla porost s přibližovacími cestami nebo lesními skládkami. Je vedena v neupraveném terénu bez odstranění vrchní vrstvy zeminy.

Lesní skládka – upravená nebo neupravená skladovací plocha u lesní cesty, slouží k přechodnému uložení, druhotání a manipulaci s dřívím před odvozem.

3.10.1.2 Rozdělení lesních cest podle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů

Členění lesních cest používané ústavem při inventarizaci lesů (ÚHÚL, 2002). Kategorizace vychází z ČSN 73 6108, navíc rozděluje odvozní cesty 2L na další dvě podkategorie podle povrchu cesty.

Tabulka 3 – Rozdělení lesních cest podle ÚHÚL (www.uhul.cz)

Druh	Třída	Provozní způsobilost	min. šířka koruny	max. spád	min. R	Druh povrchu	Účel a použití	Poznámka
			m	%	m			
Odvozní cesty	1L	Trvalá	4.0	10-12	15	Bezprašná vozovka živičná, betonová, kalená)	Celoroční provoz při odvozu návrhovým vozidlem dle ČSN 73 61 08	Tech. vybavenost dle ČSN 73 61 08
	2L 1	Sezónní až trvalá	3.5	10-12	15	Jednoduchá vozovka s prašným povrchem nebo provozní zpevnění	Sezónní odvoz dříví pro návrhové vozidlo dle ČSN 73 61 08	Tech. vybavenost dle ČSN 73 61 08
	2L 2	Sezónní	3.5	8-10	15	Na únosných podložích zemní, bez provozního zpevnění	Sezónní odvoz dříví	Nezbytná technická vybavenost
Přibliž. cesty a linky	3L	Sezónní	3.0	8-10	15	Zemní, může být i částečné provozní zpevnění	Přibližování traktory vyváženými vyvázečými soupravami	Omezená technická vybavenost
	4L		1.5		-	Zemní, bez odhumusování	Přibližování traktory, koněm	Bez technické vybavenosti

3.10.2 Lesní cesty podle konstrukční skladby

3.10.2.1 Lesní cesty s netuhou vozovkou

Netuhé vozovky lesních cest jsou podle Hanáka (2000) nejčastěji sestaveny ze tří konstrukčních vrstev:

- ochranná vrstva – doporučené stavební materiály jsou štěrkopísek ŠP, mechanicky zpevněná zemina MZ
- podkladní vrstva – doporučené stavební materiály jsou štěrkodrt' ŠD, vibrovaný štěrk VŠ, mechanicky zpevněné kamenivo MZK
- kryt – doporučené stavební materiály jsou pro vrstvy:
 - stmelené - penetrační makadam PM , asfaltový beton AC, cementová stabilizace SC
 - nestmelené - mechanicky zpevněné kamenivo MZK, štěrkodrt' ŠD

Doporučené stavební materiály:

Štěrk

Štěrkové vozovky mají kryt ze zaválcované štěrkové vrstvy. Mezery mezi štěrkovými zrny jsou z důvodu zvýšení pevnosti a z důvodu zlepšení nepropustnosti vyplněny hlinitopísčítým pojivem nebo zavibrovaným výplňovým kamenivem. V nedávné minulosti byly štěrkové vozovky často používány na lesních odvozních cestách, ale rozvojem automobilové dopravy se ukázaly jejich nedostatky. V současné době se nahrazují vozovkami z asfaltového betonu. Štěrkové vozovky s hlinitopísčítým pojivem jsou málo odolné proti účinkům automobilové dopravy, protože jsou prašné a málo trvanlivé. V suchých obdobích roku dochází k rychlému obroušení povrchu. Příčinou jsou účinky gumových kol vozidel, které vyprašují pojivo, uvolňují se štěrková zrna a na povrchu se vytvářejí výtlučky, které se postupně zvětšují. Dochází k snižování životnosti vozovky a k zvýšení nákladů na údržbu (Klč, Žáček 2006).

Mechanicky zpevněné kamenivo

Mechanicky zpevněné kamenivo je vrstva vytvořená ze směsi nejméně dvou frakcí přírodního nebo umělého kameniva (např. struska), rozprostřená a zhutněná za podmínek zajišťujících maximální dosažitelnou únosnost. Vyrábí se v cyklickém míchacím zařízení nebo přímo na povrchu zpevňované cesty. MZK je vývojově dokonalejší a úspornější typ konstrukční vrstvy (Hanák et al, 2000).

Penetrační makadam

Společnou charakteristikou penetračního makadamu s nátěrem je postřik – přelití asfaltem. Účelem penetračního makadamu na lesních cestách je především vytvoření podkladové vrstvy vozovky ze stmelěného kameniva jednoduchou stavební metodou. Jeho podstatou je přelití vrstvy drceného kameniva (šterku) asfaltem a vyplnění mezer suchou drtí se zhutněním. Podle frakce použitého kameniva rozlišujeme penetrační makadam jemnozrnný PMJ s nejmenší tloušťkou úpravy 4 cm a penetrační makadam hrubozrnný PMH (Klč, Žáček, 2006).

Asfaltový beton

Asfaltová směs se pokládá v jedné nebo více vrstvách na zhutněnou podkladní vrstvu. Složení jednotlivých směsí se od sebe vzájemně odlišuje podle účelu, který mají v asfaltovém souvrství plnit. Jednotlivé znaky jsou průběh křivky zrnitosti, použitým asfaltovým pojivem, obsahem pojiva a mezerovitostí (Klč, Žáček, 2006).

Cementová stabilizace

Jedná se o způsob úpravy zemin, směsí zemin nebo jiného zrnitého materiálu s použitím cementového pojiva, kterou získají stabilizované materiály požadovanou pevnost a odolnost. Stabilizované materiály zahrnují všechny druhy nesoudržných zemin, kameniv i druhotných surovin (Hanák et al, 2000).

Mechanicky zpevněná zemina

Vrstva vytvořená rozprostřením a zhutněním zemin předepsaných vlastností. Základní požadovanou vlastností je dobrá zhutnitelnost, podmiňující odpovídající únosnost. Podstatou úpravy je tedy intenzivně zhutněná zemina s rovnoměrnou křivkou zrnitosti v rozsahu zastoupení velikosti zrn 0,063 až 45 mm (Hanák et al, 2000).

3.10.2.2 Lesní cesty s tuhou vozovkou

Vozovky z cementového betonu se uplatňují na lesních cestách jenom zřídka, a to na dřevoskladech nebo křižovatkách. Jsou výhodné pro vysokou hmotnost, mají rovný povrch, netrpí vodní erozí a jsou nenáročné na údržbu. Betonové vozovky se nejčastěji zhotovují jako jednovrstvé, zřídka jako dvouvrstvé. Vozovky z montovaných prefabrikovaných betonových desek se uplatňují na lesních cestách budovaných na méně únosných podložích a při kalamitních těžbách. Vozovky je možné zpevňovat v celé šířce jízdního pásu jako celoplošné zpevnění nebo jen v kolejových páslech podle rozchodu kol vozidel (Klč, Žáček, 2006).

3.10.2.3 Lesní cesty s povrchem zemním

Odvozní cesty s povrchem zemním nejsou opatřeny vozovkou a používají se na místech s vhodnými geologickými podmínkami bez provozního zpevnění. U těchto odvozních cest, pojíždějí vozidla přímo na zemní pláni. Povrch zemní cesty může být pro zlepšení jeho vlastností stabilizován cementem nebo vápnem. Většinou se jedná o lesní cesty 2. a 3. třídy. Povrch zemní cesty musí být zhutněn.

Provozní zpevnění lesní cesty: podle plošného rozsahu se rozlišuje souvislé nebo částečné provozní zpevnění lesní cesty. Souvislé provozní zpevnění lesní cesty se navrhuje u lesních cest 2. třídy a u lesních cest 3. třídy na zeminách s trvale sníženou únosností. Částečné provozní zpevnění povrchu lesní cesty se doporučuje navrhopvat pouze u cest nižších tříd k překonání menších nesouvislých úseků se sníženou únosností (ČSN 73 6108, 2006).

3.10.3 Klasifikace porušení a závad na lesních cestách

Podle Klče a Žáčka (2006) je porušení měřitelná odchylka od původního stavu cesty, poškození je následek porušení, který se dá reálně ohodnotit a závada je překážka na cestě nebo změna funkčních vlastností cesty s negativním dopadem na její stav.

Při klasifikaci porušení a závad se vychází z druhu lesní cesty, typu vozovky, rozsahu porušení, zda se jedná o povrchové nebo konstrukční porušení a způsobu technologie opravy porušení. Mezi hlavní druhy porušení je možné zařadit zásypy paty svahu, vytlačený střed nebo okraj povrchu vozovky, plošnou erozi, erozní rýhy, vyjeté koleje, jámy, výtluky, zlom vozovky a poškození krytu. Mezi hlavní závady patří zanesené odvodnění, poškození propusti, poškozené svodnice (Klč, Žáček, 2006).

3.10.4 Zjišťování stavu lesních cest

Podle Klče a Žáčka (2006) se skutečný stav lesních cest ověřuje přiměřeným průzkumem:

- běžná prohlídka – prováděná cyklicky za účelem přípravy údržby, čištění nebo zimní údržby
- mimořádná prohlídka – kontrola celkového stavu lesní cestní sítě, plnění účelů cesty, připravenosti na zimní období
- hlavní prohlídka – kontrola po kolaudaci cesty, před jejím zařazením do lesní cestní sítě

Kritéria hodnocení porušení jednotlivých druhů lesních cest používají pět stupňů porušení, celkovou plochu porušení [m²], celkový objem porušení [m³] a druh péče. Uvedené stupnice se zároveň používají při orientační i při monitorovací metodě hodnocení stavu lesních cest a relativně přesně vyjadřují stav porušení a také potřebnou péči o konkrétní lesní cestu.

3.10.5 Současný stav lesní dopravní sítě v ČR

V roce 2014 činila plocha lesních pozemků 2 666 376 ha, což odpovídá 34 % celkové plochy území České republiky (MZe, 2015). Celková délka lesní cestní sítě je cca 160 000 km, z toho cca 46 800 km tvoří lesní odvozní cesty 1. a 2. třídy (Hrůza, 2014). Podle (ÚHÚL, 2007) mají v České republice největší zastoupení lesní přibližovací cesty 4L s hodnotou 70,6 %, odvozní cesty 1L a 2L zaujímají pouze 11,5 %. Podle druhu povrchu převažují cesty s nezpevněným povrchem s hodnotou 69,9 %, asfaltové a betonové cesty zaujímají 6,9 %. Podle šíře koruny cesty největší zastoupení tvoří cesty pod 3 m s hodnotou 61,8 %, nejmenší zastoupení mají cesty nad 4 m s hodnotou 4,8 %.

Tabulka 4 – Zastoupení jednotlivých tříd cest v lesní dopravní síti ČR

Třída lesní cesty	% lesních cest
Odvozní cesta 1L	2,2
Odvozní cesta 2L1	6,2
Odvozní cesta 2L2	3,1
Přibližovací cesta 3L	17,9
Vyklizovací cesta 4L	70,6
CELKEM	100

Tabulka 5 – Zastoupení jednotlivých druhů povrchu cest v lesní dopravní síti ČR

Druh povrchu	% lesních cest
Nezpevněný	69,9
Zpevněný - volně navezený původní materiál	7,4
Zpevněný - volně navezený nepůvodní materiál	15,8
Pevný povrch - asfalt, beton panely	6,9
CELKEM	100

Tabulka 6 – Zastoupení jednotlivých cest podle šíře koruny v lesní dopravní síti ČR

Šíře lesní cesty [m]	% lesních cest
4,0 a více	4,8
3,5 - 3,9	11,6
3,0 - 3,4	21,8
pod 3,0	61,8
CELKEM	100

4 Metodika

4.1. Diagnostika lesních cest

Základním záměrem práce bylo popsat standardní diagnostický průzkum vozovek pozemních komunikací, jako komplex činností vedoucí ke shromáždění potřebných informací pro technicky správný a technologicky proveditelný způsob opravy vozovky. Popis jednotlivých diagnostických úkonů, návazných laboratorních rozborů a stanovení na odebraných vzorcích, předkládá ucelený obraz o náročnosti tohoto odvětví, o nezbytném technickém vybavení a zkušenosti osob průzkum provádějících.

Při posuzování možnosti využití diagnostického průzkumu vozovek na lesních cestách, bylo jako základní kritérium zvoleno konstrukční složení vozovky, což v daných případech odpovídá i příslušné třídě (kategorii) dopravní důležitosti lesní cesty. Třída lesních cest je třídící znak společný pro lesní cesty téhož dopravního významu z hlediska důležitosti. Ke každé třídě lesní cesty byl sestaven program diagnostického průzkumu. Do posuzování nebyly zahrnuty lesní stezky a pěšiny.

U lesních cest třídy 1L a 2L byl vybrán soubor diagnostických úkonů, jehož zjištěné závěry poskytují dostatek informací pro zhodnocení aktuálního stavu vozovky, umožňují zodpovědně navrhnout způsob a technologii opravy vozovky a na základě zjištěných podkladů jej zdůvodnit. U lesních cest třídy 3L a 4L byly vzhledem k jejich konstrukčnímu uspořádání vybrány takové diagnostické úkony, které lokalizují významná porušení, u těchto porušení jsou schopny stanovit příčiny a ze zjištěných výsledků navrhnout opatření, která vedou k jejich odstranění.

4.2. Cenová kalkulace

Komunikace, které se liší svým významem, skladbou konstrukce vozovky a výskytem poruch, vyžadují i různý rozsah diagnostických úkonů. Proto musí být vždy podle konkrétních podmínek každý diagnostický průzkum pečlivě připraven a naplánován s podrobným rozsahem diagnostických prací. Správné provedení záleží na jeho správném zadání. Pro zjištění nákladů spojených s diagnostickým průzkumem byly během měsíce září 2015 osloveny dvě společnosti s dlouholetou zkušeností s prováděním diagnostického průzkumu vozovek pozemních komunikací. Jedná se o společnost NIEVELT-Labor Praha spol. s.r.o., Praha 5 a QVIA spol. s.r.o., Praha 9. Obě výše jmenované společnosti byly požádány o ocenění požadovaného rozsahu diagnostických prací potřebných pro diagnostiku 1 km komunikace.

4.3. Časová náročnost diagnostických úkonů

Diagnostický průzkum je sled navazujících činností, a proto je při jeho plánování důležité znát časovou náročnost jednotlivých diagnostických úkonů. Ve spolupráci se společností NIEVELT-Labor Praha spol. s.r.o. byly v měsíci srpen 2015 zjištěny průměrné časy potřebné k provedení požadovaných úkonů u prací in situ. Měření probíhalo při diagnostickém průzkumu vozovky silnice III/3041 ve staničení km 0,000 – 4,970 u obce Maršov u Úpice v Královéhradeckém kraji. Silnice III. třídy byla vybrána z důvodu podobnosti konstrukční skladby vozovky s lesní cestou třídy 1L. Časová náročnost všech úkonů při laboratorních rozborech a stanovení nebyla zjišťována, jelikož zkušební postupy jsou přesně stanoveny dle platných norem a předpisů.

Měření bylo prováděno při těchto diagnostických úkonech:

- vizuální prohlídka multifunkčním vozidlem ARAN – pořízen záznam stavu povrchu vozovky
- odběr jádrových vývrtů z asfaltového souvrství vozovky, průměr 150 mm, hloubka 300 mm, zařízení: tažená jádrová vrtačka CEDIMA BW-400, výkon 15,4 kW
- odběr geotechnických sond z nestmelených vrstev a podloží, průměr 100 mm, hloubka 1200 mm, zařízení: nesená vrtačka SEDIDRILL 90, výkon 20,9 kW
- měření únosnosti vozovky FWD, zařízení: tažený Deflectometer RODOS, rozsah zatížení 5 – 18 t

- georadarové měření GPR, zařízení: IDS RIS Hi-Pave, 2 GHz

5 Výsledky

5.1. Vybrané úkony diagnostického průzkumu pro lesní cesty podle tříd

1L – lesní cesta se stmeleným krytem, minimální šířka koruny 4 m

- vizuální prohlídka se záznamem vyskytujících se poruch na povrchu vozovky a v jejím nejbližším okolí, inventarizace druhu a plošného, respektive délkového rozsahu poruch, stav krajnic, funkčnost odvodnění, vyskytující se objekty
- měření únosnosti vozovky rázovým zařízením v intervalu 50 m, počet: 20 bodů / 1000 m
- georadarové měření kontinuálních tlouštěk konstrukčních vrstev a zjištění případných vyskytujících se poruch v podloží cesty
- odběr jádrových vývrtů ze stmelených vrstev do hloubka 300 mm, počet 3ks / 1000 m
- odběr geotechnických sond do podkladních vrstev a podloží do hloubky 1200 mm, počet: 1 ks / 1000 m
- laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech
 - asfaltový kryt – kompletní rozbor asfaltové směsi obrusné vrstvy a ložní vrstvy (tloušťky asfaltových vrstev, spojení asfaltových vrstev, obsah asfaltového pojiva, zrnitost, mezerovitost, míra zhutnění), množství rozborů 2 ks / 1000 m (v případě přítomnosti pouze obrusné vrstvy bude množství rozborů 1 ks / 1000 m)
 - betonový kryt – stanovení pevnosti v tlaku na odebraných jádrových vývrtech, zkouška se provede na každém odebraném vzorku, počet: 3 ks / 1000 m
 - nestmelené vrstvy – na materiálech z každé odebrané sondy se stanoví aktuální vlhkost, zrnitost a namrzavost, materiál se zatřídí podle klasifikace, počet: 1 ks / 1000 m
 - podloží - na materiálech z každé odebrané sondy se stanoví aktuální vlhkost, zrnitost a namrzavost, materiál se zatřídí podle klasifikace, počet: 1 ks / 1000 m
- návrh způsobu a technologie opravy a ověření nově navržené konstrukce vozovky

2L – lesní cesta s provozním zpevněním (nestmelený kryt), minimální šířka koruny 3,5 m

- vizuální prohlídka se záznamem vyskytujících se poruch na povrchu krytu cesty a v jejím nejbližším okolí, inventarizace druhu a plošného, respektive délkového rozsahu poruch, funkčnost odvodnění, vyskytující se objekty
- georadarové měření kontinuálních tloušťek konstrukčních vrstev a zjištění případných vyskytujících se poruch v podloží cesty
- odběr geotechnických sond do podkladních vrstev a podloží do hloubky 1200 mm, počet: 2 ks / 1000 m
- laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech
 - nestmelené vrstvy – na materiálech z každé odebrané sondy se stanoví aktuální vlhkost, zrnitost a namrzavost, materiál se zatřídí podle klasifikace, počet: 2 ks / 1000 m.
 - podloží – na materiálech z každé odebrané sondy se stanoví aktuální vlhkost, zrnitost a namrzavost, materiál se zatřídí podle klasifikace, počet: 2 ks / 1000 m.
- statická zatěžovací zkouška provozně zpevněného povrchu lesní cesty pro zjištění míry zhutnění a pro určení korelačního vztahu následných zkoušek lehkou dynamickou deskou, počet: 1 ks / 1000 m.
- rázová zatěžovací zkouška lehkou dynamickou deskou pro kontinuální zjištění únosnosti v podélném směru, počet 10 ks / 1000 m.
- dynamická penetrační zkouška v místech porušených trvalou deformací a v místech místních poklesů, počet: bude upřesněn po vizuální prohlídce
- návrh způsobu a technologie opravy a ověření nově navržené konstrukce vozovky

3L – lesní cesta s povrchem zemním nebo částečně zpevněným, minimální šířka koruny 3,0 m

- vizuální prohlídka se záznamem vyskytujících se poruch na povrchu cesty, inventarizace druhu a plošného, respektive délkového rozsahu poruch, funkčnost odvodnění, vyskytující se objekty
- odběr geotechnických sond do podkladních vrstev a podloží do hloubky 1200 – 2000 mm, vizuální zatřídění odebraného materiálu, počet: pouze problematická porušená místa po provedené vizuální prohlídce

- dynamická penetrační zkouška v problematických místech porušených trvalou deformací a v místech místních poklesů, počet: bude upřesněn po vizuální prohlídce
- návrh způsobu a technologie opravy

4L – lesní cesta s povrchem zemním bez odhumusování, minimální šířka koruny 1,5 m

- vizuální prohlídka se záznamem vyskytujících se poruch na povrchu cesty, inventarizace druhu a plošného, respektive délkového rozsahu poruch
- dynamická penetrační zkouška v problematických místech porušených trvalou deformací a v místech místních poklesů, počet: bude upřesněn po vizuální prohlídce
- návrh způsobu a technologie opravy

V následující tabulce jsou uvedeny jednotlivé úkony diagnostického průzkumu vhodné pro jednotlivé třídy lesních cest.

Tabulka 7 – Úkony diagnostického průzkumu pro jednotlivé třídy lesních cesty

Druh lesní cesty		Odvozní cesty		Přibližovací cesty a linky	
		1L	2L	3L	4L
Třída lesní cesty		1L	2L	3L	4L
Vybrané úkony diagnostického průzkumu	vizuální prohlídka	x	x	x	x
	měření únosnosti	x			
	georadarové měření	x	x		
	odběr jádrových vývrtů	x			
	odběr geotechnických sond	x	x	x	
	laboratorní zkoušky a stanovení	x	x		
	statická zaťažovací zkouška		x		
	rázová zaťažovací zkouška		x		
	dynamická penetrační zkouška		x	x	x
	návrh způsobu a technologie opravy	x	x	x	x

Diagnostický průzkum je otevřený proces, kdy na základě postupně prováděných jednotlivých diagnostických úkonů a z nich následně získaných informací můžeme upravovat jeho rozsah, tzn. vypouštět nebo přidávat jednotlivé diagnostické úkony. Získané informace však musí být dostačující pro zodpovědný návrh způsobu a technologie opravy.

V následující tabulce jsou uvedeny laboratorní rozborů a stanovení pro jednotlivé třídy lesních cest.

Tabulka 8 – Laboratorní rozborů a stanovení pro jednotlivé třídy lesních cest

Druh lesní cesty		Odvozní cesty		Přibližovací cesty a linky	
Třída lesní cesty		1L	2L	3L	4L
Laboratorní zkoušky a stanovení na odebraných materiálech	spojení asf. vrstev	x			
	obsah asf. pojiva	x			
	mezerovitost asf. směsi	x			
	míra zhutnění asf. směsi	x			
	pevnost v tlaku betonu	x			
	vlhkost nestmelené vrstvy / podloží	x	x		
	zrnitost nestmelené vrstvy / podloží	x	x		
	namrzavost nestmelené vrstvy / podloží	x	x		

5.2 Finanční náklady na provedení diagnostického průzkumu lesních cest

V tabulkách jsou uvedeny cenové nabídky společností NIEVELT-Labor a QVIA tak jak byly zjištěny v měsíci září 2015. V posledním sloupci jsou uvedeny ceny průměrné.

Jako podklad pro ocenění jednotlivých diagnostických úkonů pro lesní cestu třídy L1 byla zvolena vozovka asfaltovým krytem.

Lesní cesta třídy 1L

Tabulka 9 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 1L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor jednotková cena	QVIA jednotková cena	PRŮMĚRNÁ jednotková cena
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI PO 50 M VČ. VYHODNOCENÍ	bod	1	370 Kč	450 Kč	410 Kč
GEORADAROVÉ MĚŘENÍ	km	1	1 850 Kč	2 800 Kč	2 325 Kč
ODBĚR JÁDROVÝCH VÝVRTŮ, 300 mm	ks	1	1 250 Kč	1 680 Kč	1 465 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	1	1 850 Kč	2 900 Kč	2 375 Kč
STANOVENÍ TLOUŠŤKY ASFALTOVÝCH VRSTEV / VÝVRT	ks	1	250 Kč	280 Kč	265 Kč
STANOVENÍ VELIKOSTI SPOJENÍ VRSTEV / VÝVRT	ks	1	250 Kč	280 Kč	265 Kč
STANOVENÍ OBSAHU ASFALTOVÉHO POJIVA A ZRNITOSTI / VÝVRT	ks	1	1 120 Kč	1 860 Kč	1 490 Kč
STANOVENÍ MEZEROVITOSTI VRSTVY / VÝVRT	ks	1	75 Kč	130 Kč	103 Kč
STANOVENÍ MÍRY ZHUTNĚNÍ / VÝVRT	ks	1	75 Kč	130 Kč	103 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	1	150 Kč	210 Kč	180 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - PODLOŽÍ	ks	1	150 Kč	210 Kč	180 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - PODLOŽÍ	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	1	2 000 Kč	1 500 Kč	1 750 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	1	500 Kč	800 Kč	650 Kč
CELKEM			14 890 Kč	17 970 Kč	16 430 Kč

Tabulka 10 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 1L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor cena za 1 km	QVIA cena za 1 km	PRŮMĚRNÁ cena za 1 km
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
MĚŘENÍ ÚNOSNOSTI PO 50 M VČ. VYHODNOCENÍ	bod	20	7 400 Kč	9 000 Kč	8 200 Kč
GEORADAROVÉ MĚŘENÍ	km	1	1 850 Kč	2 800 Kč	2 325 Kč
ODBĚR JÁDROVÝCH VÝVRTŮ, 300 mm	ks	3	3 750 Kč	5 040 Kč	4 395 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	1	1 850 Kč	2 900 Kč	2 375 Kč
STANOVENÍ TLOUŠŤKY ASFALTOVÝCH VRSTEV / VÝVRT	ks	1	250 Kč	280 Kč	265 Kč
STANOVENÍ VELIKOSTI SPOJENÍ VRSTEV / VÝVRT	ks	1	250 Kč	280 Kč	265 Kč
STANOVENÍ OBSAHU ASFALTOVÉHO POJIVA A ZRNITOSTI / VÝVRT	ks	1	1 120 Kč	1 860 Kč	1 490 Kč
STANOVENÍ MEZEROVITOSTI VRSTVY / VÝVRT	ks	1	75 Kč	130 Kč	103 Kč
STANOVENÍ MÍRY ZHUTNĚNÍ / VÝVRT	ks	1	75 Kč	130 Kč	103 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	2	300 Kč	420 Kč	360 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	2	3 500 Kč	3 000 Kč	3 250 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - PODLOŽÍ	ks	1	150 Kč	210 Kč	180 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - PODLOŽÍ	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	3	6 000 Kč	4 500 Kč	5 250 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	3	1 500 Kč	2 400 Kč	1 950 Kč
CELKEM			31 320 Kč	36 190 Kč	33 755 Kč

Lesní cesta třídy 2L

Tabulka 11 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 2L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor jednotková cena	QVIA jednotková cena	PRŮMĚRNÁ jednotková cena
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
GEORADAROVÉ MĚŘENÍ	km	1	1 850 Kč	2 800 Kč	2 325 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	1	1 850 Kč	2 900 Kč	2 375 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	1	150 Kč	210 Kč	180 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - PODLOŽÍ	ks	1	150 Kč	210 Kč	180 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - PODLOŽÍ	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA	ks	1	2 900 Kč	2 200 Kč	2 550 Kč
RÁZOVÁ ZKOUŠKA LDD	ks	1	450 Kč	420 Kč	435 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	1	2 000 Kč	1 500 Kč	1 750 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	1	500 Kč	800 Kč	650 Kč
CELKEM			16 400 Kč	17 130 Kč	16 765 Kč

Tabulka 12 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 2L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor cena za 1 km	QVIA cena za 1 km	PRŮMĚRNÁ cena za 1 km
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
GEORADAROVÉ MĚŘENÍ	km	1	1 850 Kč	2 800 Kč	2 325 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	2	3 700 Kč	5 800 Kč	4 750 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	2	300 Kč	420 Kč	360 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - NESTMELENÁ VRSTVA	ks	2	3 500 Kč	3 000 Kč	3 250 Kč
STANOVENÍ VLHKOSTI - PODLOŽÍ	ks	2	300 Kč	420 Kč	360 Kč
STANOVENÍ ZRNITOSTI (NAMRZAVOSTI) - PODLOŽÍ	ks	1	1 750 Kč	1 500 Kč	1 625 Kč
STATICKÁ ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKA	ks	1	2 900 Kč	2 200 Kč	2 550 Kč
RÁZOVÁ ZKOUŠKA LDD	ks	1	450 Kč	420 Kč	435 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	2	4 000 Kč	3 000 Kč	3 500 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	2	1 000 Kč	1 600 Kč	1 300 Kč
CELKEM			22 800 Kč	24 250 Kč	23 525 Kč

Lesní cesta třídy 3L

Tabulka 13 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor jednotková cena	QVIA jednotková cena	PRŮMĚRNÁ jednotková cena
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	1	1 850 Kč	2 900 Kč	2 375 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	1	2 000 Kč	1 500 Kč	1 750 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	1	500 Kč	800 Kč	650 Kč
CELKEM			7 400 Kč	8 290 Kč	7 845 Kč

Tabulka 14 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor cena za 1 km	QVIA cena za 1 km	PRŮMĚRNÁ cena za 1 km
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
ODBĚR GEOTECHNICKÝCH SOND, 1200 mm	ks	1	1 850 Kč	2 900 Kč	2 375 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	2	4 000 Kč	3 000 Kč	3 500 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	2	1 000 Kč	1 600 Kč	1 300 Kč
CELKEM			9 900 Kč	10 590 Kč	10 245 Kč

Lesní cesta třídy 4L

Tabulka 15 – Jednotkové náklady diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor jednotková cena	QVIA jednotková cena	PRŮMĚRNÁ jednotková cena
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	1	2 000 Kč	1 500 Kč	1 750 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	1	500 Kč	800 Kč	650 Kč
CELKEM			5 550 Kč	5 390 Kč	5 470 Kč

Tabulka 16 – Náklady na 1 km diagnostického průzkumu lesní cesty třídy 3L

ZKOUŠENÁ VLASTNOST	JEDNOTKA	ČETNOST	NIEVELT-Labor cena za 1 km	QVIA cena za 1 km	PRŮMĚRNÁ cena za 1 km
VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA, ZÁZNAM PORUCH	km	1	1 500 Kč	1 740 Kč	1 620 Kč
DYNAMICKÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA, 2000 mm	ks	1	1 550 Kč	1 350 Kč	1 450 Kč
ZPRACOVÁNÍ NÁVRHU TECHNOLOGIE A ZPŮSOBU OPRAVY	hod.	2	4 000 Kč	3 000 Kč	3 500 Kč
ZPRACOVÁNÍ ZÁVĚREČNÉ ZPRÁVY	hod.	2	1 000 Kč	1 600 Kč	1 300 Kč
CELKEM			8 050 Kč	7 690 Kč	7 870 Kč

Ze zjištěných hodnot vyplývá, že průměrné náklady na provedení diagnostického průzkumu a následného vypracování způsobu a technologie opravy pro odvozní lesní cestu 1L = 33 755 Kč a pro 2L = 23 525 Kč. Pro přibližovací lesní cestu 3L = 10 245 Kč a pro 4L = 7 870 Kč.

5.3 Časová náročnost jednotlivých úkonů diagnostického průzkumu

V následující tabulce je uveden čas [min], který je potřebný pro uvedení zařízení do provozu, dále čas, který je potřebný pro provedení jedné jednotky diagnostického úkonu a celkový čas potřebný pro provedení diagnostického průzkumu vozovky 1 km komunikace. V případě časů za jednotku a za 1 km se jedná o hodnoty průměrné.

Tabulka 17 – Časová náročnost jednotlivých úkonů diagnostického průzkumu

	Zařízení	Uvedení zařízení do provozu [min]	Jednotka	Provedení jedné jednotky [min]	Počet jednotek na 1 km	Celkový čas / 1 km [min]
Vizuální prohlídka	ARAN	16	km	0,5	1	0,5
Odběr jádrových výtřtů, hloubka 300 mm	CEDIMA	4	ks	11	3	33
Odběr geotechnických sond, hloubka 1200 mm	SEDIDRILL	6	ks	23	1	23
Měření únosnosti vozovky FWD, interval 25 m	RODOS	5	ks	0,5	20	10
Georadarové měření GPR	IDS RIS Hi-Pave	22	km	0,5	1	0,5
Celková časová náročnost [min]	-	53	-	-	-	67

Z výsledků vyplývá, že časová náročnost všech úkonů pro diagnostiku vozovky 1 km komunikace představuje 67 minut. Jedná se o čistý čas bez započítání přejezdů, který je podmíněn aktuální dopravní situací na komunikaci. Časová náročnost při odběru geotechnických sond je z velké části ovlivněna konstrukční skladbou vozovky a druhem podloží. Celková časová náročnost při přípravě a uvedení zařízení do provozu (před provedením první jednotky) u všech diagnostických úkonů činila 53 minut.

6 Závěr

Cílem této práce bylo v literární rešerši popsat jednotlivé diagnostické úkony, které se standardně provádějí při diagnostickém průzkumu vozovek pozemních komunikací. Průzkum porušené vozovky je zaměřen na popis poruch, stanovení jejich příčin, stanovení kvalitativních parametrů konstrukčních vrstev, posouzení únosnosti vozovky a návrh způsobu a technologie opravy. Při provádění diagnostického průzkumu je kladen velký důraz na spolupráci zadavatele průzkumu, zpracovatele průzkumu a zpracovatele projektové dokumentace. Doporučuje se rozdělit diagnostický průzkum do dvou etap, kdy po zjištění základních proměnných parametrů se provede druhá etapa průzkumu s upřesněným rozsahem dalších diagnostických úkonů.

Diagnostický průzkum však nikdy nemůže při ekonomickém rozsahu a četnosti průzkumných prací postihnout všechny negativní aspekty vozovky a působení prostředí.

V praktické části této práce bylo cílem navrhnout program diagnostického průzkumu pro každou třídu lesní cesty tak, aby byl zajištěn dostatek informací pro návrh způsobu a technologie opravy. Program zohledňuje význam cesty v dopravní lesní cestní síti.

Dalším cílem práce bylo zjistit cenové rozpětí jednotlivých diagnostických úkonů a zjistit cenové rozpětí diagnostického průzkumu na jeden kilometr lesní cesty. Ze zjištěných cen byl spočítán aritmetický průměr a zjištěna průměrná cena. Jakkoli se může tato cena zdát vysoká, je třeba brát v úvahu, že se jedná o specifickou odbornou činnost prováděnou profesně zkušenými pracovníky za použití nákladných laboratorních zařízení a přístrojů.

V poslední řadě bylo cílem práce zjistit časovou náročnost jednotlivých diagnostických úkonů a časovou náročnost pro provedení diagnostického průzkumu jednoho kilometru komunikace.

Lesní cesty jsou nedílnou součástí lesního hospodářství, kdy primárně slouží k přepravě dřeva, ale plní i mnoho vedlejších funkcí. Pro zajištění provozní způsobilosti se do jejich údržby a oprav každoročně vkládají nemalé finanční prostředky. Proto, aby tyto prostředky byly vynaloženy efektivně, je nutné vždy vybrat takový technologický soubor prací údržby a oprav, vhodný pro daný úsek, který má při uvážení jeho předpokládané doby životnosti přijatelné náklady. A právě zde je největší úloha a přínos diagnostického průzkumu, jako základního pilíře systému s hospodaření s vozovkou.

Seznam literatury

BOLINA, V. Technický popis jednotlivých subsystémů multifunkčního zařízení ARAN [online]. Praha: Viageos, 2001.[cit. 2015-11.23]. Dostupné z <http://www.viageos.cz/tech_udaje.asp>.

BRISTOW C, JOL H. Ground penetrating radar in sediments. London: Geological Society, 2003. 330 p. Geological Society special publication, no. 211. ISBN 1-86239-131-9.

Centrum dopravního výzkumu, v.v.i. TP 62 Katalog poruch vozovek s cementobetonovým krytem. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2010. 106 s.

ČÁSLAVKA, L., MELICHAR, P., PRAŽAN, J. Základy stavby a údržby pozemních komunikací. Chrudim: Střední škola průmyslová strojnická, technická a Vyšší odborná škola Chrudim, 2007. 241 s.

Česká republika. Ministerstvo zemědělství. Vyhláška č. 433/2001 Sb. ze dne 13.12.2001 kterou se stanoví technické požadavky pro stavby pro plnění funkcí lesa. In Sběrka zákonů České republiky. 2001, částka 162. Dostupné z <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=433/2001%20&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy>

Česká republika. Vláda. Zákon č. 13/1997 Sb. ze dne 21.2.1997 o pozemních komunikacích. In Sběrka zákonů České republiky. 1997, částka 3. Dostupné z http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=13/1997%20&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy.

Česká republika. Vláda. Zákon č. 289/1995 Sb. ze dne 15.12.1995 o lesích a o změně a doplnění některých zákonů. In Sběrka zákonů České republiky. 1995, částka 76. Dostupné z http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=289/1995%20&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy.

ČSN 72 1006. Kontrola zhutnění zemin a sypanin. Praha: Český normalizační institut, 2015. 44 s.

ČSN 72 1191. Zkoušení míry namrzavosti zemin. Praha: Český normalizační institut, 2013. 12 s.

ČSN 73 1318. Stanovení pevnosti betonu v tahu. Praha: Český normalizační institut, 1986. 12 s.

ČSN 73 6100-1. Názvosloví pozemních komunikací - Část 1: Základní názvosloví. Český normalizační institut, 2008. 76 s.

ČSN 73 6101. Projektování silnic a dálnic. Praha: Český normalizační institut, 2004. 126 s.

ČSN 73 6108. Lesní dopravní síť. Praha: Český normalizační institut, 2006. 28 s.

ČSN 73 6110. Projektování místních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2006. 128 s.

ČSN 73 6114. Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování. Praha: Český normalizační institut, 1995. 28 s.

ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. Praha: Český normalizační institut, 2010. 68 s.

ČSN 73 6160. Zkoušení asfaltových směsí. Praha: Český normalizační institut, 2008. 24 s.

ČSN 73 6192. Rázové zatěžovací zkoušky vozovek a podloží. Praha: Český normalizační institut, 1996. 20 s.

ČSN CEN ISO/TS 17892-4. Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 4: Stanovení zrnitosti zemin. Praha: Český normalizační institut, 2005. 32 s.

ČSN CEN ISO/TS 17892-12. Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 12: Stanovení konzistenčních mezí. Praha: Český normalizační institut, 2005. 16 s.

ČSN EN 12390-3. Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles. Praha: Český normalizační institut, 2009. 20 s.

ČSN EN 12593. Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení bodu lámavosti podle Fraasse. Praha: Český normalizační institut, 2015. 16 s.

ČSN EN 12697-1. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 1: Obsah rozpustného pojiva. Praha: Český normalizační institut, 2012. 52 s.

ČSN EN 12697-2. Asfaltové směsi - Zkušební metody - Část 2: Stanovení zrnitosti. Praha: Český normalizační institut, 2015. 12 s.

ČSN EN 12697-27. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 27: Odběr vzorků. Praha: Český normalizační institut, 2002. 20 s.

ČSN EN 12697-8. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 8: Stanovení mezerovitosti asfaltových směsí. Praha: Český normalizační institut, 2004. 12 s.

ČSN EN 12697-36. Asfaltové směsi - Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka - Část 36: Stanovení tloušťky asfaltové vozovky. Praha: Český normalizační institut, 2004. 12 s.

ČSN EN 13286-47. Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy - Část 47: Zkušební metoda pro stanovení kalifornského poměru únosnosti, okamžitého indexu únosnosti a lineárního bobtnání. Praha: Český normalizační institut, 2012. 12 s.

ČSN EN 1426. Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení penetrace jehlou. Praha: Český normalizační institut, 2015. 16 s.

ČSN EN 1427. Asfalty a asfaltová pojiva - Stanovení bodu měknutí - Metoda kroužek a kulička. Praha: Český normalizační institut, 2015. 20 s.

ČSN EN 1926. Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v prostém tlaku. Praha: Český normalizační institut, 2007. 20 s.

ČSN EN 933-1. Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Sítový rozbor. Praha: Český normalizační institut, 2012. 20 s.

ČSN EN 933-8. Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 8: Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku. Praha: Český normalizační institut, 2015. 24 s.

ČSN EN ISO 17892-1. Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 1: Stanovení vlhkosti. Praha: Český normalizační institut, 2015. 16 s.

ČSN EN ISO 22476-2. Geotechnický průzkum a zkoušení - Terénní zkoušky - Část 2: Dynamická penetrační zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2005. 32 s.

FERNANDO, E a W HUDSON. Development of a prioritization procedure for the network level pavement management system. Austin: The Center, 1983. 107 p. Research report (University of Texas at Austin. Center for Transportation Research), no. 307-2.

GUCINSKI, Hermann. Forest roads: A Synthesis of Scientific Information. Portland: U.S. Dept. of Agriculture, 2001. 108 p. ISBN 1428961429.

HANÁK K. a kolektiv. Lesní dopravní síť: Vybrané statě. Brno: VŠZ v Brně, 1992. 147 s. ISBN 80-7157-054-0.

HANÁK, K. a kolektiv. Technická doporučení pro lesní dopravní síť. Kostelec nad Černými lesy: Ministerstvo zemědělství ČR, 2000. 42 s. ISBN 80-86386-09-0.

HANÁK, K. Stavby pro plnění funkcí lesa. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2008. 300 s. ISBN 978-80-87093-76-4.

HRŮZA, P. Zpřístupňování lesa a jeho komplexní pojetí. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 123 s. HRŮZA, P.; MELICHAROVÁ, A.; MIKITA, T. Možnosti využití GPS při trasování lesních cest. In KLČ, P., ZAJACOVÁ, J. Sborník konference: Stavby a stavební problematika 78 v praxi a ve výuce. 1.vyd. [Praha] : ČZU v Praze, 2006. s. 38-40. ISBN 80-213-1519-9

KAPLAN, W. Pavement management, data storage, surface properties, and weigh-in-motion. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, 1985. 88 p. ISBN 0309039649.

KLČ P., ŽÁČEK J. Výstavba, rekonstrukce a modernizace lesní dopravní sítě. Praha: Kostelec nad Černými lesy, 2006. 152 s. ISBN 80-86386-20-1.

KLČ, P., KRÁLIK, A. Katalóg porušení a závad na lesných cestách. Bratislava: Príroda, 1991. 84 s. Odborná lesnícka aktualita. ISBN 80-070-0273-1

KUDRNA J., Diagnostika a management vozovek. Únosnost vozovek. Brno: VÚT Brno, 2007. 49 s.

KUDRNA, J. a kolektiv. TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2004. 46 s.

KUDRNA, J. a kolektiv. TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2010. 103 s.

KUDRNA, J. Diagnostika a management vozovek. Poruchy tuhých vozovek a zemního tělesa a návrh jejich údržby a oprav. Brno: VÚT Brno, 2007. 43 s.

KUDRNA, J. Pozemní komunikace II. Navrhování vozovek. VÚT Brno, 2005. 39 s.

LÍDL a kolektiv. Silnice a dálnice v České republice. Agentura Lucie spol. s r.o., 2009. 376 s.

MALIŠ, L. TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2010. 87 s.

Ministerstvo zemědělství. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2014. Praha Ministerstvo zemědělství, 2015. 108 s. ISBN 978-80-7434-242-4. Dostupné z [www http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/zelene-zpravy-mze](http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/zelene-zpravy-mze)>.

PavEx Consulting, s.r.o. Software [online]. [cit. 2015-10.12]. Dostupné z <http://www.pavex.cz/software.htm>>.

RICCI, A. The Falling weight deflectometer for nondestructive evaluation of rigid pavements. Austin: The Center, 1985. 87 p. Research report (University of Texas at Austin. Center for Transportation Research), no. 387-3F.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesa: Inventarizace lesních cest. [online] In Inventarizace lesů, metodika venkovního sběru dat, ÚHÚL Brandýs nad Labem Verze 6.0 (2002) – platnost od 1.7.2003. Dostupné z http://www.uhul.cz/images/nil/metodika_sberu/kap_8_6_0.pdf>.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů. Národní inventarizace lesů [online]. Brandýs nad Labem: ÚHÚL Brandýs nad Labem, 2007. [cit. 2015-11.23]. Dostupné z [www http://www.uhul.cz/images/nil/NIL_CR_2001-2004_NFI_CZ_2001-2004.pdf](http://www.uhul.cz/images/nil/NIL_CR_2001-2004_NFI_CZ_2001-2004.pdf)>.

VARAUS, M. Pozemní komunikace II. Zeminy a zemní práce. Brno: VÚT Brno, 2005. 31 s.

VÉBR, L., GALLO, P. Katalog vozovek polních cest – Technické podmínky. Praha: Roadconsult, 2011. 62 s.

ZAJÍČEK, J. a kolektiv. Technologie stavby vozovek. Praha: ČKAIT s.r.o., 2014. 394