České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra silničních staveb

Diplomová práce

Vybrané poruchy asfaltových a dlážděných vozovek

Selected asphalt and block pavement damages

Bc. Pavel Krejčí

Vedoucí práce: Doc. Ing. František Luxemburk, CSc.

Obor: Konstrukce a dopravní stavby

Leden 2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: KREJČÍ Jméno: PAVEL Osobní číslo: 396542

Zadávající katedra: K136 - KATEDRA SILNIČNÍCH STAVEB

Studijní program: STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: KONSTRUKCE A DOPRAVNÍ STAVBY

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: VYBRANÉ PORUCHY ASFALTOVÝCH A DLÁŽDĚNÝCH VOZOVEK

Název diplomové práce anglicky: SELECTED ASPHALT AND BLOCK PAVEMENT DAMAGES

Pokyny pro vypracování:

Diplomová práce bude obsahovat základní rozdělení vybraných poruch asfaltových a dlážděných vozovek ve smyslu požadavků TP 82, TP 192 a jeho případné doplnění.
U vybraných poruch budou zkoumány možné příčiny vzniku a návrh vhodných opatření pro jejich minimalizaci a odstranění.

Seznam doporučené literatury:

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek, ČSN 73 6131 Stavba vozovek - Kryty z dlažeb a dílců, ČSN 73 6121 - Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy - Provádění a kontrola shody, TKP kap. 9, TP 192 Dlažby pro konstrukce PK

Jméno vedoucího diplomové práce: Doc. Ing. FRANTIŠEK LUXEMBURK, Csc.

Datum zadání diplomové práce: 11.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

[redacted]

Podpis vedoucího práce

[redacted]

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

[redacted]

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Abstrakt

Práce se zabývá vypracováním listů vybraných poruch vozovek s asfaltovým a dlážděným krytem se snahou doplnit Katalog poruch TP 82. Tyto listy poruch jsou rozděleny ve smyslu upravených požadavků TP 82 tak, aby odpovídaly přidaným poruchám. Součástí listů je určení možné příčiny vzniku poruchy a návrh vhodných opatření. Práce se dále věnuje rozboru vlivu vodorovných sil působících na vozovku. Tato problematika je řešena pomocí programu LayMED-TP170_CSN_EN. V práci je také zmíněna možnost využití systému GIS pro sběr poruch a obsahuje 13 nově navržených katalogových listů s poruchami pro implementaci do TP 82.

Klíčová slova:

Porucha vozovky, Asfaltová vozovka, Dlážděná vozovka, TP 82, Vodorovné zatížení vozovky.

Abstract

This thesis is focused on selected asphalt or block pavement damages description and trying to extend the TP 82 catalogue of damages. These damages are divided into groups according to TP 82 with a few changes due to the extension. Damages are described according to probability of their origin and to repair design. The effect of horizontal pavement load is described in one chapter. This problem is solved by the LayMED-TP170_CSN_EN software. GIS usage possibilities are mentioned in the thesis. TP 82 catalogue can be extended with thirteen new damages.

Keywords:

Pavement damages, Asphalt pavement, Block pavement, TP 82, Pavement horizontal load.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití této školní práce ve smyslu §60 Zákona č.121/2000Sb., O Právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (Autorský zákon).

V Praze dne ……. ……..

Poděkování

Zde bych rád poděkoval za odborné vedení doc. Ing. Františku Luxemburkovi, CSc., který mi byl velmi nápomocný při řešení této problematiky. Velmi mi pomohly i rady Ing. Bohuslava Novotného, DrSc. ohledně zatížení vozovky vodorovnými silami.

OBSAH

1 ÚVOD 7

2 ROZDĚLENÍ PORUCH A JEJICH ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA 8

3 LISTY VYBRANÝCH PORUCH NA VOZOVKÁCH S ASFALTOVÝM KRYTEM ... 15

3.1 Ztráta hmoty 16

3.2 Liniová porucha 30

3.3 Deformace 59

3.4 Jiná porucha 77

4 LISTY VYBRANÝCH PORUCH NA VOZOVKÁCH S DLÁŽDĚNÝM KRYTEM 86

4.1 Uvolnění dlažebního prvku 86

4.2 Poškození dlažebního prvku 104

4.3 Deformace povrchu vozovky 112

4.4 Jiná porucha 124

5 ROZBOR VLIVU VODOROVNÝCH SIL NA VZNIK PORUCH 127

6 ZÁVĚR 146

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 147

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ 149

SEZNAM TABULEK 150

SEZNAM OBRÁZKŮ 150

PŘÍLOHA 1 – DOPLNĚNÍ KATALOGOVÝCH LISTŮ DO TP 82 153

PŘÍLOHA 2 – ZPRACOVÁNÍ PORUCH POMOCÍ GIS 169

1 Úvod

V průběhu životnosti vozovky je velmi pravděpodobné, že v jejích konstrukčních vrstvách dojde ke vzniku nějaké poruchy. Tato porucha může mít zásadní vliv na bezpečnost silničního provozu, nebo může jít pouze o její počáteční stádium, které provoz nijak neovlivňuje. I těmto malým poruchám je ovšem důležité věnovat pozornost, jelikož jsou to slabá místa konstrukce vozovky a porucha se může rychle rozšířit.

Cílem diplomové práce je vypracovat listy vybraných poruch asfaltových a dlážděných vozovek a tyto poruchy rozdělit ve smyslu TP 82. Pokud tento předpis danou poruchu neřeší, bude vytvořen podklad pro její případné doplnění.

V práci bude popsáno rozdělení poruch dle českého a amerického předpisu a tyto předpisy budou porovnané. Dále bude obsahovat upravené rozdělení českého předpisu tak, aby bylo možné vypracovat listy vybraných poruch. Úpravy se budou týkat zejména poruch dlážděných vozovek.

Hlavní část práce budou tvořit dvě kapitoly s vypracovanými listy poruch vozovek s asfaltovým a dlážděným krytem. Každý list bude obsahovat fotodokumentaci dané poruchy, její umístění, popis a odpovídající katalogový list z TP 82 - pokud takový list bude nalezen. Následně budou popsány možné příčiny vzniku poruchy a vhodná opatření k jejímu odstranění nebo minimalizaci.

Jedna kapitola bude věnována rozboru účinků vodorovných sil na vozovku. Tyto síly působí zejména v blízkosti křižovatek a na komunikacích s velkým podélným sklonem nebo při průjezdu směrovým obloukem. Účinky budou nejdříve rozebrány na modelových příkladech. Následně budou výsledky rozboru aplikované na místa s poruchami, které by mohly být zapříčiněné vodorovnými silami.

K práci budou připojeny dvě přílohy. V první příloze budou vypracované nové katalogové listy pro případné doplnění TP 82. Tyto listy nemohou být kompletní, jelikož vzorek vyhledaných poruch stejného typu nebude dostatečný pro vložení příkladů. Ve druhé příloze nalezneme popis geografických informačních systémů (GIS), které budou využité pro zobrazení lokalizací poruch v jednotlivých listech poruch.

2 Rozdělení poruch a jejich základní charakteristika

V této kapitole uvedu příklady rozdělení poruch na asfaltových a dlážděných vozovkách. Prvním a hlavním podkladem pro mou diplomovou práci je Katalog poruch netuhých vozovek TP 82 [1]. Další informace jsem čerpal z amerického manuálu Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Project SHRP-P-338 [2]. Americký manuál pro určování poruch byl jedním z podkladů pro vypracování TP 82. V závěru kapitoly uvedu rozdělení poruch, které odpovídá mnou vypracovaným listům poruch.

Rozdělení poruch dle TP 82

V tomto předpisu je popsána klasifikace poruch, mechanismy porušování vozovek, způsoby sběru poruch a především katalogové listy poruch.

Klasifikace poruch má za úkol zhodnotit technický stav vozovky s ohledem na bezpečnost silničního provozu a finanční náklady spojené s jejich vznikem. Do klasifikace dále patří zatřídění poruch, které určí konstrukční vrstvy zasažené poruchou. Počet porušených vrstev má vliv na rozsah opravy. O opravě nebo údržbě rozhoduje i rozsah poruchy, který může být od ojedinělé poruchy až po porušení v celé ploše.

Část popisující mechanismy porušování vozovek se zabývá rozborem příčin častých typů poruch. Poruchy zde dělí na čtyři skupiny: Ztráta hmoty, Trhliny, Deformace vozovky a Jiné poruchy.

Pro listy poruch dlážděných vozovek vypracované v této diplomové práci je důležitá část *5.2 Výskyt poruch podle typů netuhé vozovky,* a to z toho důvodu, že se jedná o jedinou část, kde jsou samostatně rozděleny poruchy vozovek s dlážděným krytem.

Pro přehledné znázornění jednotlivých typů poruch je v TP 82 použita tabulka. V této tabulce je zanesené zatřídění poruch dle zasažené konstrukční vrstvy a příslušného mechanismu porušení vozovky. Dále tabulka obsahuje přiřazené katalogové listy a potřebu údržby, nebo opravy dle rozsahu poruchy.

Tab. 1: Schematické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a oprav [1]

Tabulka 1 – Schematické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a oprav

Vozovka			**Poruchy vrstev vozovky / třídění a druhy poruch / údržba a oprava vozovky**																							
povrch vozovky			povrchu																							
vrstvy	obrusná ložní podkladní	asfaltové			obrusné vrstvy					krytu				asfaltových vrstev						krytu				konstrukce vozovky a podloží		
	podkladní	cementem stmelené nebo nestmelené											SC													
	ochranná	nestmelené																								
	podloží	G,S,F																								
Skupina poruch			ztráta hmoty								trhliny															
															deformace											
číslo katalogového listu			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11 12	13 14		15 16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28 29
Název poruchy			ztráta mikrotextury	ztráta makrotextury	kaverny	opotřebení EKZ, EMK	ztráta kameniva z nátěru	ztráta asfaltového tmelu	hloubková koroze	výtluk	vysprávky	mozaikové trhliny	úzké (podélné, příčné)	široké (podélné, příčné)	reflexní (podélné, příčné)	rozvětvené (podélné, příčné	síťové trhliny	olamování okrajů	puchýře v MA	nepravidelné hrboly	vyjeté koleje	místní hrbol	podélný hrbol	místní pokles	podélný pokles	plošná deformace vozovky	prolomení vozovky	jiné poruchy
Výskyt poruch a údržba	lokální				**běžná údržba**																							
	souvislé		**údržba**																									
			oprava (výměna obrusné vrstvy, krytu, zesílení, recyklace krytu nebo podkladu, rekonstrukce)																									

Vysvětlivky a poznámky:
SC – vrstva ze směsi stmelené cementem nebo jiným hydraulickým pojivem.

Přehledné rozdělení poruch dle TP 82 kapitola 4

Ztráta hmoty:

- ztráta protismykových vlastností povrchu vozovky,
- ztráta hmoty z krytu.

Trhliny:

- mrazové trhliny,
- reflexní trhliny,
- nepravidelné a mozaikové trhliny,
- síťové trhliny,
- porušení pracovních spár,
- jiné trhliny.

Deformace vozovky:

- trvalé deformace krytu,
- deformace snížením povrchu vozovky,
- hrboly.

Jiné poruchy

Ztráta hmoty se vyznačuje znehodnocením povrchu nebo krytu vozovky. Povrch vozovky ztrácí protismykové vlastnosti ohlazením zrn kameniva, nebo dlažebních kostek, nebo v důsledku vytlačení asfaltového tmelu na povrch. Kryt ztrácí hmotu nejdříve v podobě asfaltového tmelu, následně dochází k vylamování hrubého kameniva. Posledním stádiem je tvorba výtluků.

Trhliny vznikají z mnoha různých důvodů, jak je zřejmé z jejich přehledného rozdělení. Příčiny vzniku jsou popsány v TP 82 a tato práce nemá za účel je přepisovat. Trhliny se liší místem vzniku, směrem a způsobem šíření.

Definice deformace vozovky dle TP 82 zní: „*Deformace vozovky vznikají kumulací nepružných přetvoření jednak v asfaltových vrstvách, v nestmelených vrstvách vozovky a v podloží, vlivem objemových změn v podloží, zemním tělese včetně podloží násypu nebo poruch zemního tělesa.*“ [1] Trvalé deformace asfaltových vrstev jsou způsobeny zejména pomalou dopravou a změnou vlastností asfaltový vrstev při zvýšení teplot v letním období. Ke snížení povrchu vozovky dochází převážně při nedostatečné únosnosti konstrukčních vrstev nebo při nekvalitně provedeném násypu. Hrboly často vznikají jako výsledek objemových změn podloží nebo konstrukčních vrstev při nedokonalém odvodnění. Mohou vznikat i při nekvalitním provedení oprav [1].

Rozdělení poruch dle SHRP-P-338

Tento manuál byl vytvořen především pro hodnocení stavu dálnic v rámci programu Strategic Highway Research Program. Jeho hlavním cílem bylo definovat typy poruch tak, aby při hodnocení vozovek každý užíval jednotnou terminologii a bylo zřejmé, jak je vozovka poškozená.

Vzhledem k zaměření na diagnostiku dálniční sítě je velká část manuálu napsaná o poruchách vozovek s cementobetonovým krytem. Dlážděnými kryty se nezabývá vůbec. Největší část předpisu zabírá manuál pro průzkum poruch. V této práci se zaměřím pouze na poruchy vozovek s asfaltovým krytem.

Poruchy vozovek s asfaltovým krytem jsou v tomto dokumentu rozděleny na pět základních kategorií: *Trhliny, Záplaty a výtluky, Deformace povrchu, Povrchové vady, Jiné poruchy.* Tyto kategorie jsou dále rozděleny. V závorkách uvádím ekvivalent dle TP 82.

Trhliny:

- únavové trhliny,
- blokové trhliny (síťové trhliny),
- okrajové trhliny (olamování okrajů),
- podélné trhliny,
  - v jízdní stopě vozidel,
  - mimo jízdní stopu vozidel,
- reflexní trhliny na spárách,
- příčné trhliny.

Záplaty a výtluky:

- vysprávky, poškození vysprávek,
- výtluky.

Deformace povrchu:

- vyjeté koleje,
- „*shoving*“ - podélná deformace od vodorovných sil (nepravidelné hrboly).

Povrchové vady:

- krvácení (vystoupení asfaltového tmelu),
- ohlazení zrn kameniva,
- „*raveling*“ (ztráta asfaltového tmelu).

Jiné poruchy:

- pokles nezpevněné krajnice (zvýšená nezpevněná krajnice),
- prosakování a krvácení vody [2].

Porovnání rozdělení poruch

Podle mého názoru rozdělení dle TP 82 lépe vystihuje poruchy na netuhých vozovkách díky detailnějšímu popisu. Je zřejmé, že TP 82 částečně vycházelo z amerického manuálu a doplnilo například poruchy pronikající všemi konstrukčními vrstvami. Na druhou stranu nepopisuje prosakování a krvácení vody.

V obou předpisech se přistupuje rozdílně k popsání stupně poškození. TP 82 rozděluje například trhliny na úzké a široké, zatímco SHRP-P-338 popisuje tři stupně závažnosti poruchy (nízká, průměrná a vysoká).

Rozdělení poruch použité při vypracování listů poruch

Vzhledem k tomu, že jedním z cílů mé diplomové práce je doplnění katalogových listů do TP 82, rozhodl jsem se základní strukturu rozdělení poruch převzít s úpravami, které jsou dle mého názoru důležité. V rozdělení skupin jsem změnil název *Trhliny* na *Liniová porucha*. Změnu jsem provedl kvůli rozlišení trhlin a poruch na pracovních spojích. Dále jsem přesunul *Ztrátu protismykových vlastností* do skupiny *Jiná porucha*.

Rozdělení poruch vozovek s asfaltovým krytem dle příčiny vzniku

Ztráta hmoty:

- ztráta hmoty z krytu.

Liniová porucha:

- mrazové trhliny,
- reflexní trhliny,
- rozvětvené a mozaikové trhliny,
- síťové trhliny,
- porušení pracovních spojů,
- jiné trhliny.

Deformace vozovky:

- trvalé deformace krytu,
- deformace snížením povrchu vozovky,
- hrboly.

Jiná porucha:

- ztráta protismykových vlastností.

Rozdělení poruch vozovek s asfaltovým krytem dle vnějších projevů

Ztráta hmoty:

- ztráta asfaltového tmelu,
- kaverna,

- povrchová koroze (hluboká do 6 mm),
- hloubková koroze (hloubka 6 – 20 mm),
- výtluk.

Liniová porucha:

- dle směru,
  - podélná,
  - příčná,
  - propojení více směrů,
- dle šířky,
  - úzká (do 5 mm),
  - široká (nad 5 mm).

Deformace vozovky:

- dle směru,
  - podélná,
  - příčná,
  - místní,
  - plošná,
- dle tvaru,
  - pokles,
  - hrbol,
  - kombinace hrbolů a poklesů,
  - malý puchýř (do průměru 50 mm),
  - velký puchýř (průměr větší než 50 mm).

Jiná porucha:

- ohlazení zrn kameniva,
- vystoupení asfaltového tmelu,
- úkap provozních kapalin.

Základní rozdělení poruch vozovek s dlážděným krytem

Vozovkám s dlážděným krytem TP 82 nevěnuje velkou pozornost, a proto jsem sestavil následující rozdělení poruch pro tyto vozovky.

Uvolnění dlažebního prvku:

- tvar prvku,
  - dlažební kostka,
  - deska,
  - jiný,
- počet zasažených prvků,
  - samostatný prvek,
  - skupina prvků,

- absence prvku,
  - prvek na místě,
  - absence prvku.

Poškození dlažebního prvku:

- lom desky,
- olamování okrajů,
- koroze betonu.

Deformace povrchu dlážděné vozovky:

- dle směru,
  - podélná,
  - příčná,
  - místní,
  - plošná,
  - vodorovný posun,
- dle tvaru,
  - pokles,
  - hrbol,
  - kombinace hrbolů a poklesů.

Jiná porucha:

- ztráta protismykových vlastností,
- vystoupení ložní vrstvy na povrch,
- výskyt vegetace.

Uvolnění dlažebního prvku se vyskytuje v případě ztráty kontaktu s ložní vrstvou. K tomu může dojít, když nejsou vyplněné spáry mezi prvky, nebo když je prvek plošný.

Poškození prvku je jev, při kterém dlažební prvek ztratí celistvost. K této skupině poruch dochází v případě použití dlažebních desek, nebo nekvalitního betonu pro výrobu dlažby.

Deformace povrchu dlážděné vozovky má převážně stejné příčiny jako u vozovek s asfaltovým krytem. Výjimku tvoří vodorovný posun, který je často způsoben příliš velkou vydlážděnou plochou bez rozdělení obrubníky pro zachycení vodorovných sil.

Jiné poruchy jsou způsobené různými faktory. Ztráta protismykových vlastností je zapříčiněna ohlazením pojížděného povrchu dlažebních kostek. Vystoupení ložní vrstvy je způsobené nedostatečnou únosností konstrukčních vrstev s možným vlivem jejich špatného odvodnění. Vegetace se vyskytuje v případě nedostatečné údržby.

3 Listy vybraných poruch na vozovkách s asfaltovým krytem

Tato kapitola obsahuje listy vybraných poruch na vozovkách s kryty z hutněných asfaltových směsí a z litého asfaltu. Listy jsou řazeny do mnou zvolených kategorií, které jsou zmíněné v předchozí kapitole a částečně vycházejí z předpisu TP 82. Lokality, na kterých se vyskytovalo více poruch, jsou zopakovány a zařazeny do příslušných kategorií a konkrétní porucha je na nich vyznačena červenou šipkou. Jedná se o poruchy získané a hodnocené pouze vizuální prohlídkou vozovky.

Jednotlivé listy poruch obsahují fotodokumentaci poruchy, která obsahuje většinou dva snímky. První snímek je vyfotografován z větší vzdálenosti pro lepší orientaci a pochopení provozního zatížení v porušeném místě. Druhý snímek je detail poruchy.

Další částí je popis místa, kde byla porucha nalezena. Ke zpracování lokalizací poruch byl využit program QGIS 2.18, který pracuje s volně šiřitelnými prostorovými daty, která převádí na podobu mapy. Umožňuje tvořit vrstvy bodů propojených s databází. Pro tuto práci byla použita databáze OpenStreetMap a jejích přispěvatelů, z toho důvodu musí všechny mapy obsahovat zmínku o autorství v pravém dolním rohu. Další informace o autorských právech OpenStreetMap se nacházejí na jejich internetové stránce [3]. Podrobněji jsou možnosti využití geografických informačních systémů pro zpracování poruch popsány v části PŘÍLOHA 2 – Zpracování poruch pomocí GIS.

Následuje popis poruchy, kde je rozvedeno, co je možné vidět na fotografii.

Poruše je v každém listu přiřazen odpovídající katalogový list dle TP 82. V případě, že porucha v Katalogu poruch není nebo se příliš liší, je tento stav v tomto odstavci popsán.

Jeden odstavec je věnován možným příčinám vzniku poruchy, které se daly odvodit pouze povrchovým ohledáním místa a předpoklady o možné technologické nekázni nebo špatném návrhu.

Závěrem každého listu poruchy je návrh vhodných opatření k odstranění nebo minimalizaci dopadu poruchy na provoz.

3.1 Ztráta hmoty

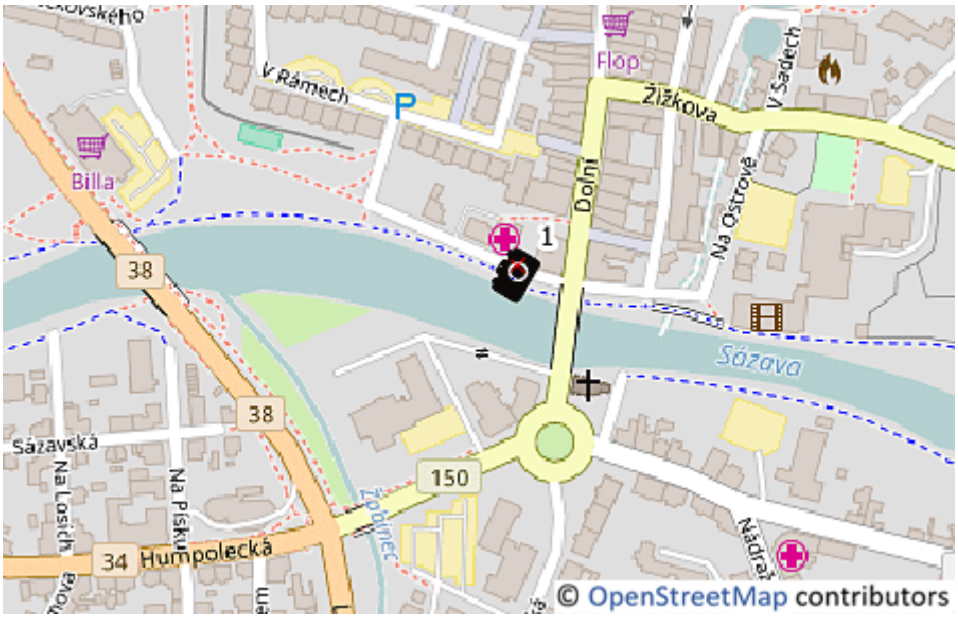
Porucha č.1 - Povrchová koroze

Foto:

Obr. 1: Povrchová koroze

Místo:

Kalinovo nábřeží – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 1

Popis poruchy:

V krytu z hutněné asfaltové směsi dochází ke ztrátě zrn kameniva z jejího povrchu. Poškození zasahuje do maximální hloubky 4 mm.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 03 - Kaverny v povrchu vozovky

Katalogový list – 07 – Hloubková koroze

Katalogový list hloubková koroze popisuje obdobné poruchy, pouze hloubku zasažení vrstvy udává 6 - 20 mm. V tomto případě se tedy jedná o počáteční stádium této poruchy. Katalog poruch TP 82 neobsahuje žádný katalogový list, který by zobrazoval poruchy mezi kavernami v povrchu vozovky a hloubkovou korozí.

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečná míra zhutnění asfaltové směsi při provádění, která vedla ke špatnému spojení zrn kameniva ve směsi s asfaltovým tmelem.

Vzhledem k lokálnímu výskytu poruchy na dané komunikaci je pravděpodobná špatná homogenita směsi při pokládce, čímž byly způsobeny nerovnoměrné vlastnosti vrstvy a v místě segregace zrn může být vozovka náchylnější na poškození.

Vhodná opatření:

Vzhledem k lokálnímu charakteru poruchy by bylo vhodné použít vysprávku vozovky tryskovou metodou dle TP 96, čl. 5.2 *Povrchová úprava*, který popisuje opravy do maximální hloubky 15 mm [4]. Tuto vysprávku je vhodné provádět pouze jako dočasné opatření na méně významných pozemních komunikacích. Na významných pozemních komunikacích je možné opravu provést nátěrovými technologiemi.

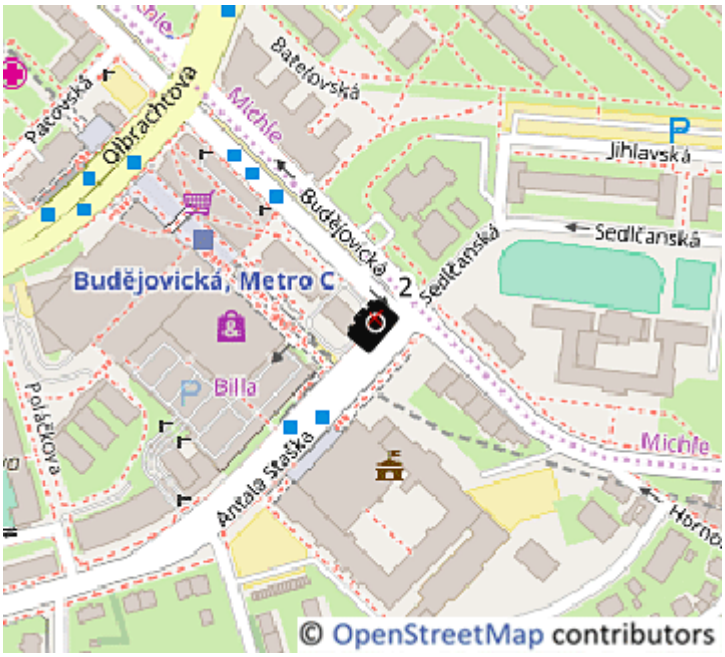
Porucha č.2 - Povrchová koroze a kaverna

Foto:

Obr. 2: Povrchová koroze a kaverna

Místo:

Antala Staška – Praha



Lokalizace poruchy 2

Popis poruchy:

Porucha A je poškození obrusné vrstvy ztrátou zrn kameniva, což je možné označit jako povrchovou korozi. Vzhledem k rozdílné době osychání povrchu bude v místě poruchy zřejmě vyšší mezerovitost. Porucha B je kaverna v obrusné vrstvě.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 03 - Kaverny v povrchu vozovky

Katalogový list – 07 – Hloubková koroze

Porucha A je obdobný případ, jako popisuje Porucha č.1 - *Povrchová koroze*.

Možné příčiny vzniku:

Příčiny vzniku poruchy A jsou shodné s předchozím poruchovým listem. Na rozdíl od předchozího listu je zde patrný rozdílný čas osychání povrchu, což potvrzuje nestejnoměrnou mezerovitost vrstvy.

Porucha B nevypadá, jako klasická kaverna popisovaná v Katalogu poruch, jelikož není patrné uvolnění zrna kameniva. Tato dutina vznikla již v průběhu pokládky, nebo krátce po ní. Ve směsi mohla být hlinitá hrudka, která se průběhem času vymyla, nebo měkčí zrno kameniva, které se postupem času opracovalo a uvolnilo.

Vhodná opatření:

Vzhledem k malému rozsahu a vlivu těchto poruch na provoz, je vhodné jejich opravu odložit. Při dalším rozvoji poruchy A bude opravena dle TP 96 [4].

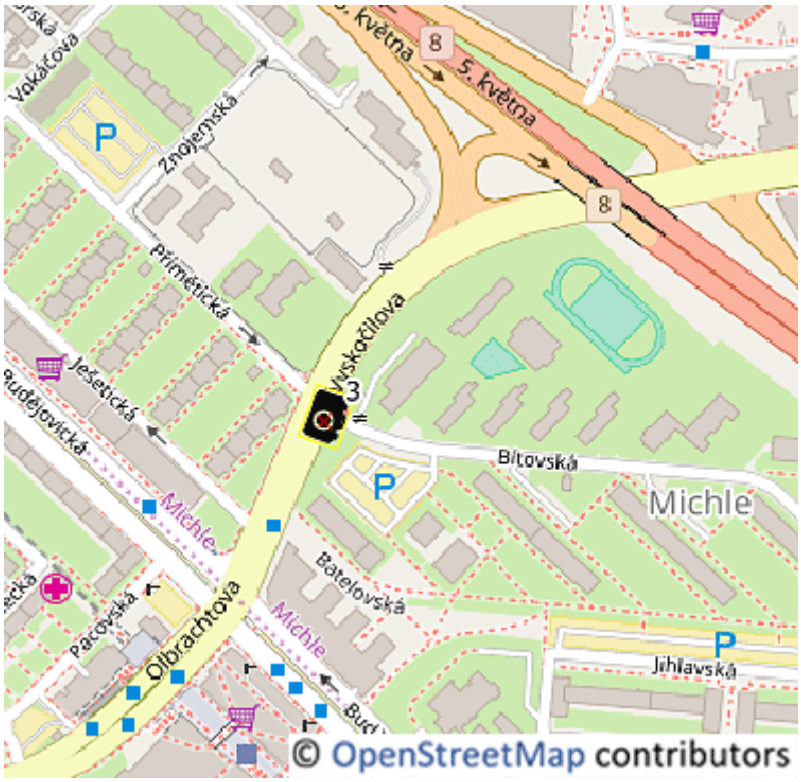
Porucha č.3 - Ztráta asfaltového tmelu z povrchu vozovky

Foto:

Obr. 3: Ztráta asfaltového tmelu z povrchu vozovky

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 3

Popis poruchy:

V jízdním pruhu v blízkosti křižovatky se vytvořila plocha s chybějícím asfaltovým tmelem v hutněné asfaltové směsi. Zbývající zrna tvoří povrch se zvětšenou makrotexturou.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 03 - Kaverny v povrchu vozovky

Katalogový list – 06 – Ztráta asfaltového tmelu

Možné příčiny vzniku:

Nehomogenní pokládaná asfaltová směs neumožnila dokonalé zhutnění v místě zaklínění zrn větší frakce kameniva. Tím měla směs v místě poruchy větší mezerovitost a byla náchylná na vznik poruchy.

Vhodná opatření:

Vzhledem k malému rozsahu a vlivu těchto poruch na provoz, je vhodné jejich opravu odložit. Při dalším rozvoji poruchy bude vozovka opravena dle TP 87 [5].

Porucha č.4 - Hloubková koroze

Foto:

Obr. 4: Hloubková koroze

Místo:

Vyskočilova – Praha

Lokalizace poruchy 4

Popis poruchy:

Na parkovacím stání s povrchem z hutněné asfaltové směsi došlo ke ztrátě asfaltového tmelu a následnému uvolnění zrn kameniva, čímž došlo k hloubkové korozi obrusné vrstvy.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 07 – Hloubková koroze

Možné příčiny vzniku:

Příčiny vzniku jsou stejné, jako v případě povrchové koroze, pouze v pokročilejším stádiu. Ztráta asfaltového tmelu, asfaltové malty a uvolňování zrn kameniva maximální velikosti probíhá na povrchu i ve spodnějších vrstvách kameniva.

Vhodná opatření:

Diagnostikou vozovky určit rozsah poškozené plochy a v závislosti na výsledku provést lokální opravu, nebo výměnu celé obrusné vrstvy na parkovacích stáních.

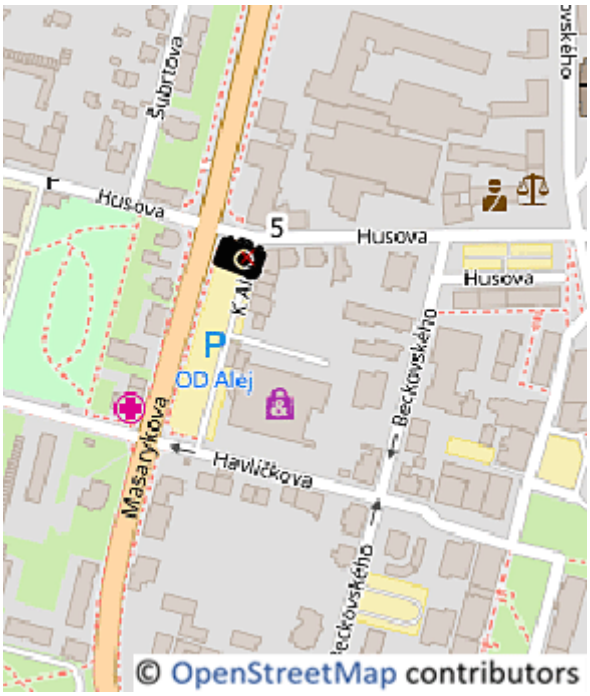
Porucha č.5 - Kaverna s podélnou rozvětvenou trhlinou

Foto:

Obr. 5: Cizorodé zrno kameniva ve vozovce a podélná rozvětvená trhlina

Místo:

K Aleji – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 5

Popis poruchy:

V podélné trhlině je vidět cizorodé zrno kameniva, které svým rozměrem a tvarem neodpovídá zrnům dané směsi. Při jeho uvolnění hrozí vznik kaverny.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 03 Kaverny v povrchu vozovky

Možné příčiny vzniku:

Je těžké hledat příčinu výskytu cizorodého objektu ve směsi, jelikož možností je mnoho. Například mohlo jít o zbytek kameniva na korbě nákladního automobilu z předchozí přepravy, který se do asfaltové směsi dostal po jejím naložení.

Vhodná opatření:

Výměna obrusné vrstvy například pomocí recyklace na místě.

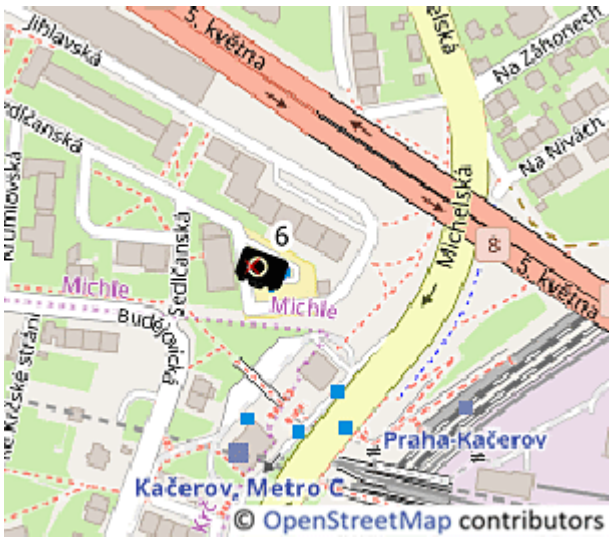
Porucha č.6 - Výtluk

Foto:

Obr. 6: Výtluky

Místo:

Jihlavská – Praha



Lokalizace poruchy 6

Popis poruchy:

Jedná se o výtluky hluboké 30-40 mm s průměrem 150-200 mm ve vozovce s hutněnou asfaltovou obrusnou vrstvou. V okolí levého výtluku je vidět probíhající hloubková koroze a trhliny, které se od něj šíří.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 08 - Výtluk

Možné příčiny vzniku:

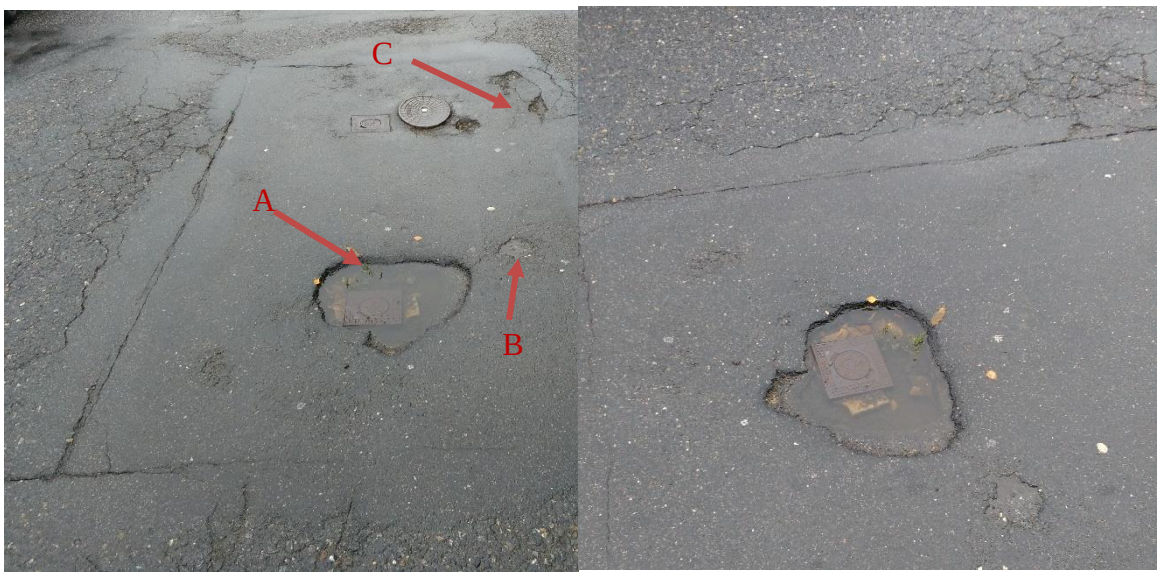
Výtluky vznikají v případě nedostatečné míry zhutnění asfaltové vrstvy nebo při její vysoké mezerovitosti. Výtluk je navazující vývojové stádium hloubkové koroze. Dalším působením klimatických vlivů a dopravy dochází k prohlubování a rozšiřování zasaženého místa. Nakonec dojde k odstranění celé tloušťky obrusné vrstvy v postižené oblasti. Výtluk může zasahovat až do podkladní vrstvy.

Vhodná opatření:

Provedení diagnostiky vozovky a zhodnocení výhodnosti lokální opravy výtluků, vyfrézováním a položením hutněné asfaltové směsi se stejnými parametry, proti kompletní výměně obrusné vrstvy.

Porucha č.7 - Výtluk a další poruchy na opravě vozovky po výkopu

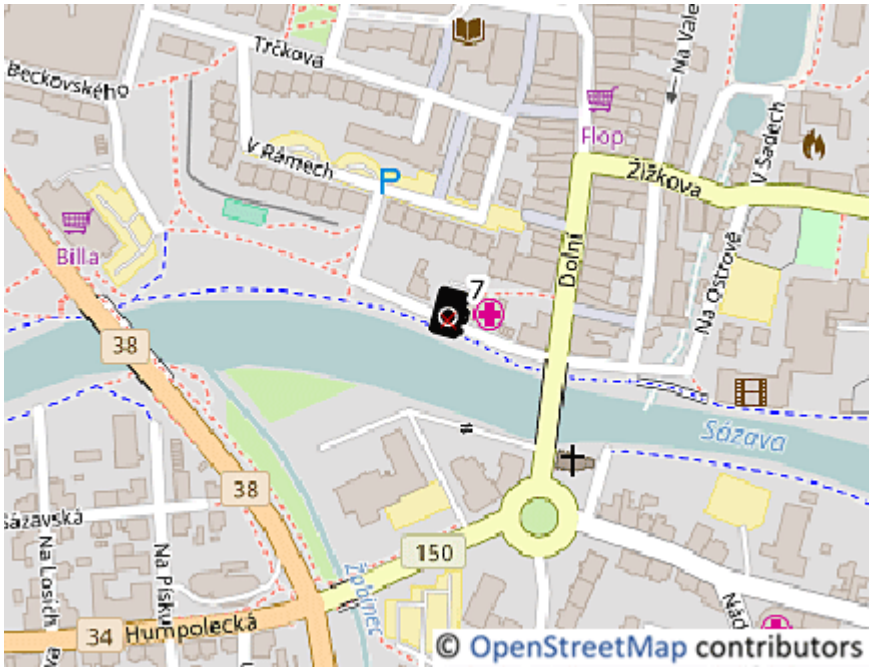
Foto:



Obr. 7: Výtluk a další poruchy na opravě vozovky po výkopu

Místo:

Kalinovo nábřeží – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 7

Popis poruchy:

Největší porucha (A) na tomto místě je výtluk v okolí šoupátkového poklopu v opravené ploše vozovky po výkopu. Tento výtluk prochází dvěma vrstvami litého asfaltu a má průměr až 300 mm. Porucha B je ztráta hmoty z obrusné vrstvy z litého asfaltu. Místo s označením C jsou počínající výtluky v místě poruchy na pracovním spoji. Vlevo od výkopu jsou patrné rozvětvené trhliny.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list – 08 - Výtluk

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečné zhutnění materiálu použitého k zásypu výkopu.

Použití nevhodného materiálu pro zásyp výkopu, jehož parametry neodpovídají TP 146.

Nevhodný materiál použitý v aktivní zóně.

Nekvalitní provedení konstrukčních vrstev nebo možné nedodržení doporučené skladby z Katalogového listu v TP 146.

Porucha A je způsobena přítomností šoupátkového poklopu, který mohl zapříčinit výše zmíněnou technologickou nekázeň, a navíc při jeho přejezdu se zvyšuje zatížení vozovky dalšími dynamickými účinky.

Vzhledem k naplnění výtluku A vodou se dá přisoudit významný vliv na jeho rozšiřování rozpínání vody při změně na led.

Porucha B mohla vzniknout nedokonalým spojením s ložnou vrstvou. Příčinou může být i nedostatečná tloušťka obrusné vrstvy, která neodkázala dostatečně spolupůsobit a oddělila se.

Porucha C vzniká v místě napojení výkopu na původní vozovku, kde vznikly poruchy na pracovním spoji a ty se vlivem dopravního zatížení začaly rozšiřovat do podoby výtluku. V místech mezi poruchami na pracovním spoji došlo k odstranění obrusné vrstvy z litého asfaltu.

Rozvětvené trhliny mohou mít souvislost se špatným zajištěním svislé stěny výkopu, což by vedlo k deformaci podloží vozovky a vozovky samotné.

Vhodná opatření:

Oprava poruchy provedená v souladu s TP 146 *Povolování a provádění výkopů a zásypů rýh pro inženýrské sítě ve vozovkách PK* [6]. Rozvětvené trhliny by byly vyspraveny asfaltovou směsí dle TP 87 [5].

3.2 Liniová porucha

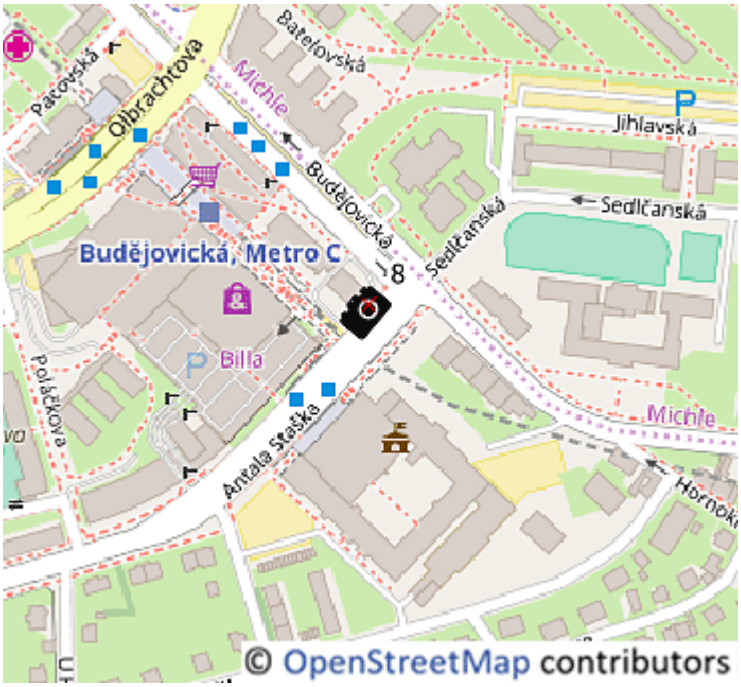
Porucha č.8 - Porucha na pracovním spoji, příčné trhliny a podélná deformace

Foto:

Obr. 8: Porucha na pracovním spoji, příčné trhliny a podélná deformace

Místo:

Antala Staška - Praha



Lokalizace poruchy 8

Popis poruchy:

Jedná se o poruchy na litém asfaltu použitém při opravě vozovky po příčném výkopu rýhy pro sítě. Objevila se počínající porucha na pracovním spoji (A) a dvě trhliny rovnoběžné se směrem pohybu vozidel šířky 1 mm (B). Rýha je provedena přes autobusovou zastávku a jeden jízdní pruh. Na snímku je také patrný podélný pokles vozovky v místě opraveného příčného pásu, který je popisuje Porucha č.23 - *Podélný pokles, porucha na pracovním spoji a příčné trhliny*.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 11 – Trhlina úzká podélná

Katalogový list 12 – Trhlina úzká příčná

Na rozdíl od TP 82 v této práci rozlišuji trhliny a poruchy na pracovních spojích, jelikož mají jinou příčinu vzniku.

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečné zhutnění materiálu použitého k zásypu rýhy.

Použití nevhodného materiálu pro zásyp rýhy, jehož parametry neodpovídají TP 146.

Nevhodný materiál použitý v aktivní zóně.

Nekvalitní provedení konstrukčních vrstev nebo možné nedodržení doporučené skladby z Katalogového listu v TP 146.

Trhliny příčné ke směru výkopu se vyskytují v blízkosti obrubníku, kde autobusy jezdí nejčastěji. Jedná se tedy o nejvíce namáhanou oblast.

Porucha kolmá ke směru pohybu vozidel na pracovním spoji není ošetřena asfaltovou zálivkou a je tedy slabým místem konstrukce.

Vhodná opatření:

Oprava poruchy provedená v souladu s TP 146 *Povolování a provádění výkopů a zásypů rýh pro inženýrské sítě ve vozovkách PK* [6].

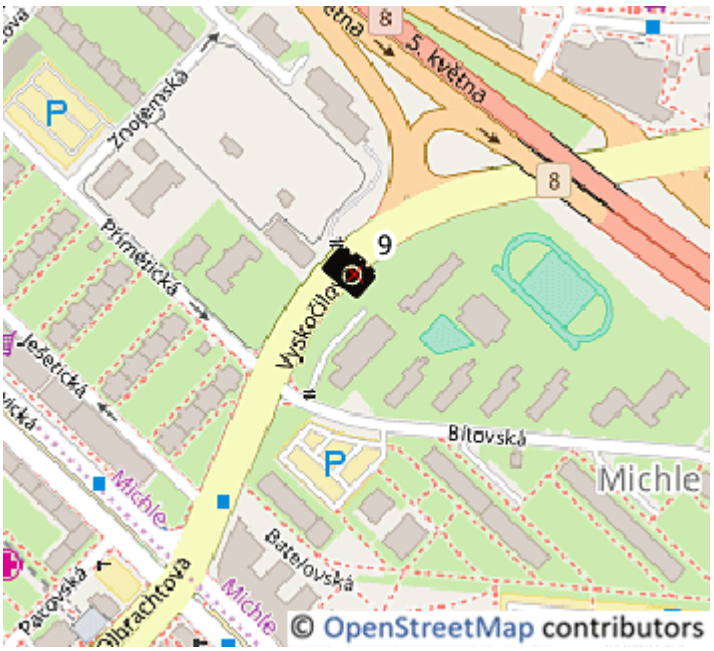
Porucha č.9 - Příčné úzké trhliny

Foto:

Obr. 9: Příčné úzké trhliny

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 9

Popis poruchy:

Na chodníku s povrchem z litého asfaltu se vyskytuje velké množství trhlinek šířky do 1 mm a délky do 100 mm orientovaných kolmo na směr chůze.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 12 – Trhlina úzká příčná

Možné příčiny vzniku:

Tento typ poruchy vzniká vlivem degradace asfaltového tmelu ve směsi.

Vhodná opatření:

V případě, že se na vozovce nevyskytují další závažnější poruchy, je vhodným opatřením obnova obrusné vrstvy.

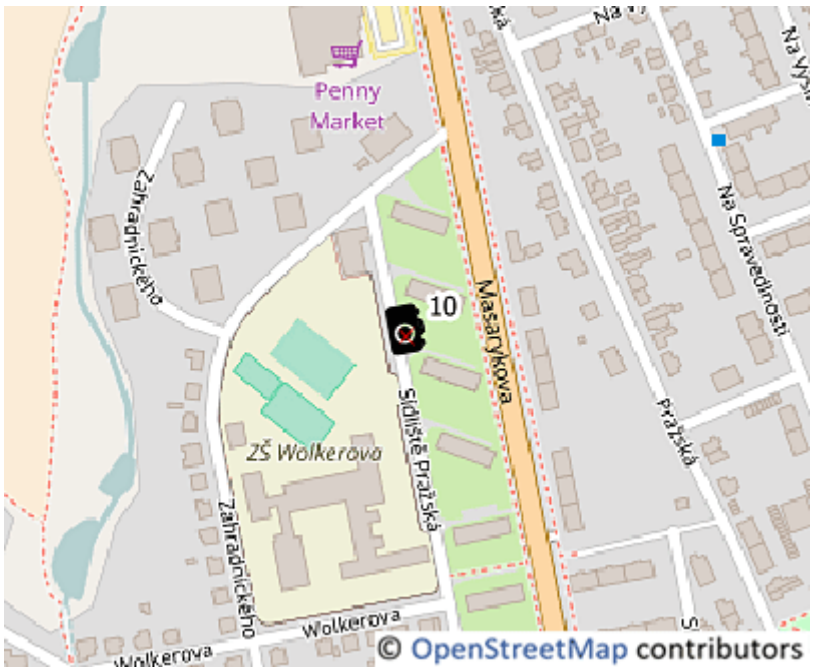
Porucha č.10 - Příčná úzká trhlina

Foto:

Obr. 10: Příčná úzká trhlina

Místo:

Sídliště Pražská – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 10

Popis poruchy:

Příčná úzká trhlina široká 1 mm prochází vozovkou z hutněných asfaltových směsí po poklop kanalizace a za ním pokračuje po dlážděná parkovací stání. Podobné trhliny se na dané komunikaci vyskytují s rozestupy přibližně 20 m.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 12 – Trhlina úzká příčná

Možné příčiny vzniku:

Pravděpodobně se jedná o mrazové trhliny vzniklé v obrusné vrstvě vlivem nízkých teplot. Dochází k nadměrné podélné deformaci obrusné vrstvy, jejímž důsledkem je tahové napětí, které vede ke vzniku rovnoměrně vzdálených příčných mrazových trhlin. Pravděpodobnost výskytu trhliny se zvyšuje v místě oslabení vozovky, jako v tomto případě poklopem kanalizace.

Může se jednat také o trhliny reflexní, které vznikají prokopírováním smršťovací trhliny vytvořené v podkladní vrstvě stmelené hydraulickými pojivy.

Vhodná opatření:

Vhodné opatření je opravit trhlinu v souladu s TP 115 [7].

Porucha č.11 - Příčné široké trhliny

Foto:

Obr. 11: Příčné široké trhliny

Místo:

Plovárenská – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 11

Popis poruchy:

Skupina příčných trhlin širokých do 10 mm v asfaltové vozovce, která se vyskytuje na rozhraní mostní konstrukce a přilehlého zemního tělesa.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 14 – Trhlina široká příčná

Možné příčiny vzniku:

Vzhledem k absenci mostních závěrů na obou koncích mostu došlo v zimním období k dilatačním posunům, které vedly ke vzniku širokých příčných trhlin, které nejsou propojeny.

Vhodná opatření:

Vhodné opatření je proříznutí a pročištění trhliny. Následně bude vytvořená komůrka zalita modifikovanou zálivkovou hmotou s výplňovým kamenivem v souladu s TP 115 [7]. V tomto případě je vhodné zvážit možnost zřízení elastického mostního závěru dle TP 80 [8].

Porucha č.12 - Rozvětvená příčná trhlina u kanalizační vpusti

Foto:

Obr. 12: Rozvětvená příčná trhlina u kanalizační vpusti

Místo:

křížení ul. Žižkova a silnice I/34 – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 12

Popis poruchy:

Na vjezdové větvi okružní křižovatky se vytvořila příčná rozvětvená trhlina, která vede od kanalizační vpusti a napojuje se na dvě podélné trhliny.

Zařazení dle TP 82:

katalogový list 16 – Trhlina rozvětvená příčná

Možné příčiny vzniku:

Příčná rozvětvená trhlina na vjezdu může být způsobená oslabením vozovky kanalizační vpustí a dále rozšiřována brzdnými silami přijíždějících vozidel. V okolí kanalizace je také možné nedostatečné zhutnění asfaltové směsi, což vede k zárodku trhliny.

Vhodná opatření:

Při pokládce hutněných asfaltových vrstev u vstupů inženýrských sítí je třeba dbát na důkladné zhutnění, případně opatřit spoj mezi asfaltovou vrstvou a vstupem asfaltovou zálivkou. Vhodné opatření po vzniku trhlin je proříznutí a vyplnění asfaltovou zálivkou. Při větší ploše zasažené trhlinami pak výměna krytu vozovky.

Porucha č.13 - Rozvětvená příčná trhlina s výtlukem

Foto:

Obr. 13: Rozvětvená příčná trhlina s výtlukem

Místo:

Vyskočilova – Praha

Lokalizace poruchy 13

Popis poruchy:

Příčná trhlina vedoucí přes jeden jízdní pruh. Ve středu jízdního pruhu je nerozvětvená a směrem ke stopám vozidel se větví. V pravé části vozovky došlo ke vzniku výtluku a v levé části jízdního pruhu je vidět oprava asfaltovou zálivkou, kolem které se již tvoří s ní rovnoběžné rozvětvené trhliny.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 16 – Trhlina rozvětvená příčná

Katalogový list – 08 - Výtluk

Možné příčiny vzniku:

Jedná se o poslední vývojové stádium úzkých a širokých příčných trhlin. Trhlina zpravidla zasahuje i do vrstev pod obrusnou, čímž vzniká prostor pro další porušování vozovky v daném místě. U takto otevřené trhliny má vliv i zatékající voda, solanka a její mrznutí.

Výtluk vznikl pouze v pravé stopě vozidel, kde trhlina nebyla sanována a mohla se volně rozvíjet. Je vidět velký rozdíl v poškození vozovky v levé (opravené) a pravé stopě vozidel.

Vhodná opatření:

Odfrézování vozovky nad trhlinou do hloubky minimálně obrusné a ložní vrstvy a provedení plomby dle TP 115 [7].

Porucha č.14 - Široká příčná trhlina

Foto:

Obr. 14: Široká příčná trhlina

Místo:

Michelská – Praha

Lokalizace poruchy 14

Popis poruchy:

Na chodníku s povrchem z litého asfaltu se vytvořila příčná trhlina široká 150 mm. V místě trhliny se povrch chodníku zvedá a tvoří podélnou nerovnost.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 14 – Trhlina široká příčná

Možné příčiny vzniku:

Dlouhodobý vývoj úzké příčné trhliny vlivem teplotních změn a jejího zanášení nečistotami v otevřeném stavu. Po zvýšení venkovní teploty se zanesená trhlina nemohla zacelit a postupně se více otevírala. K tak velkému rozevření trhliny přispívá i relaxace asfaltového pojiva a olamování zvednutých asfaltových okrajů.

Zvednutí okrajů je způsobené objemovými změnami, které nastaly po zmrznutí vody v nečistotách, které se do trhliny dostaly.

Vhodná opatření:

Vzhledem k rozsahu poškození je vhodná kompletní rekonstrukce chodníku, včetně podkladní a ložní vrstvy, aby nedocházelo k objemovým změnám na místě stávajících širokých trhlin.

Porucha č.15 - Trhliny podélné rozvětvené

Foto:

Obr. 15: Trhliny podélné rozvětvené

Místo:

křížení ul. Žižkova a silnice I/34 – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 15

Popis poruchy:

Jedná se o podélné rozvětvené trhliny na okružním jízdním pásu.

Zařazení dle TP 82:

katalogový list 15 – Trhlina rozvětvená podélná

Možné příčiny vzniku:

Vzhledem k tomu, že se tyto podélné trhliny vyskytují na okružní křižovatce, kde na vozovku působí i značné vodorovné síly, jsem se rozhodl tomuto problému podrobněji věnovat v kapitole 5 *Rozbor vlivu vodorovných sil na vznik poruch*. Pokud mají na vznik poruch vliv vodorovné síly, tak se budou nejvíce projevovat právě v obrusné vrstvě. Další možnou příčinou vzniku je konec životnosti vozovky.

Vhodná opatření:

V případě, že by diagnostika vozovky potvrdila předpoklad, že se poruchy vyskytují pouze v obrusné, případně ložní, vrstvě byla by nejlepší oprava výměna krytu vozovky s řádným provedením pracovních spár dle příslušných norem a TKP. V případě průniku poruch do podkladních vrstev by byla nutná rekonstrukce v rozsahu určeném diagnostikou.

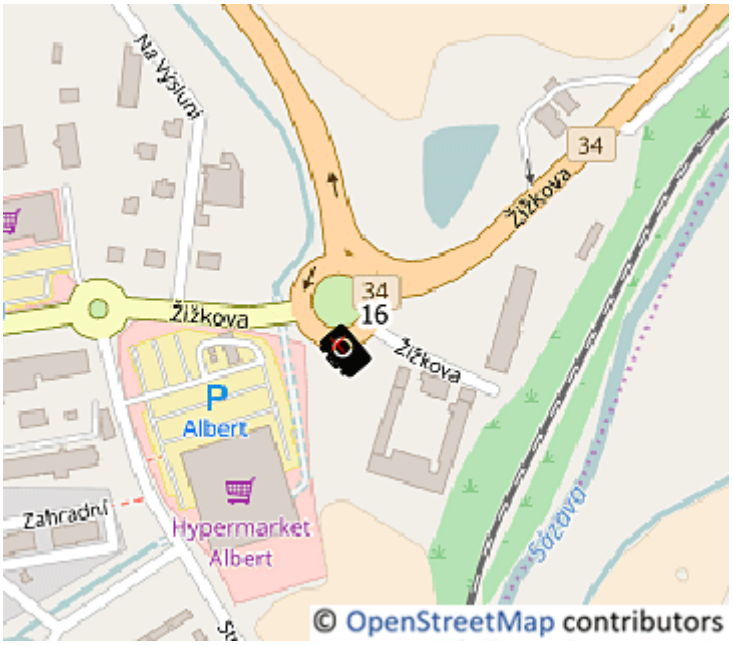
Porucha č.16 - Rozvoj trhlin po provedení lokální opravy

Foto:

Obr. 16: Rozvoj trhlin po provedení lokální opravy

Místo:

křížení ul. Žižkova a silnice I/34 – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 16

Popis poruchy:

Jedná se o navazující úsek okružního jízdního pásu z předchozí poruchy. V místech lokálních oprav dochází k dalšímu rozvoji trhlin a k narušení opravy. Trhliny se šíří v podélném i příčném směru. Místo označené šipkou již podléhá ztrátě materiálu vrstvy a dalšímu rozšiřování trhliny.

Zařazení dle TP 82:

katalogový list 11 – Trhlina úzká podélná

Bylo by vhodné k poruchám vzniklým na již opravované vozovce přistupovat odlišně, jelikož je zřejmý další vývoj poruch a tedy větší závažnost problému.

Možné příčiny vzniku:

Příčiny vzniku poruch na opravované vozovce budou pravděpodobně stejné, jako byly příčiny původních poruch před opravou. V tomto případě totožné s příčinami v předchozí poruše.

Vhodná opatření:

Jelikož se jedná o totožnou stavbu s předchozím listem poruchy, oprava by měla být provedena najednou a ve stejném rozsahu, tedy zajištění diagnostiky vozovky a rekonstrukce dle zjištěných poruch.

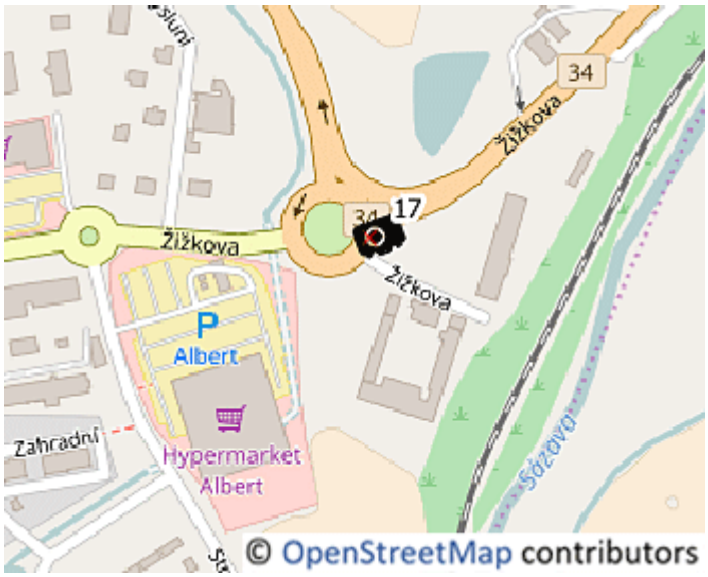
Porucha č.17 - Mozaikové trhliny a porucha na příčném pracovním spoji

Foto:

Obr. 17: Mozaikové trhliny a porucha na příčném pracovním spoji

Místo:

křížení ul. Žižkova a silnice I/34 – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 17

Popis poruchy:

Poruchy A a B se vyskytují v další části okružní křižovatky, která byla zmíněna v předchozích dvou listech poruch.

Porucha označená písmenem A jsou mozaikové trhliny vytvořené propojením řady rozvětvených podélných trhlin. Tyto trhliny mohou být i síťové, což bez provedení vývrtů není možné potvrdit.

Porucha na příčném pracovním spoji B je v místě napojení vrstev okružního jízdního pásu a výjezdové větve ve směru na Ždírec nad Doubravou.

Zařazení dle TP 82:

katalogový list 10 – Mozaikové trhliny

Katalogový list 12 – Trhlina úzká příčná

Na rozdíl od TP 82 v této práci rozlišuji trhliny a poruchy na pracovních spojích, jelikož mají jinou možnou příčinu vzniku.

Možné příčiny vzniku:

Mozaikové trhliny A jsou dalším vývojovým stádiem podélné trhliny úzké a rozvětvené. Příčiny jejich vzniku se tedy shodují. Výskyt mozaikových trhlin může také znamenat dosažení maximální životnosti vrstvy a ztráty potřebných vlastností asfaltového pojiva.

Příčná porucha B na výjezdu z křižovatky je způsobená prokreslením pracovní spáry. Umístění trhliny odpovídá odsazení ložní vrstvy před obrusnou o 200 mm dle ČSN 73 6121 [9].

Vhodná opatření:

Opatření poruchy A jsou shodná s předchozími poruchovými listy týkajícími se této stavby.

Poruchu B by bylo vhodné odstranit proříznutím spáry a vyplnění asfaltovou zálivkou.

Porucha č.18 - Podélná úzká trhlina

Foto:

Obr. 18: Podélná úzká trhlina

Místo:

křížení ul. Žižkova a silnice I/34 – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 18

Popis poruchy:

Na bypassu stejné okružní křižovatky je možné vidět počátek vzniku úzké podélné trhliny v bližší stopě jízdního pásu.

Zařazení dle TP 82:

katalogový list 11 – Trhlina úzká podélná

Možné příčiny vzniku:

Příčiny vzniku trhliny se shodují s listem poruchy: Porucha č.15 - *Trhliny podélné rozvětvené*. Tato porucha předchází trhlinám ve zmíněném listu poruchy.

Vhodná opatření:

Vzhledem k tomu, že se trhlina ještě nestihla dostatečně rozšířit, byla by vhodná oprava proříznutí spáry v rozsahu trhliny a její vyplnění asfaltovou zálivkou dle TP 115 [7].

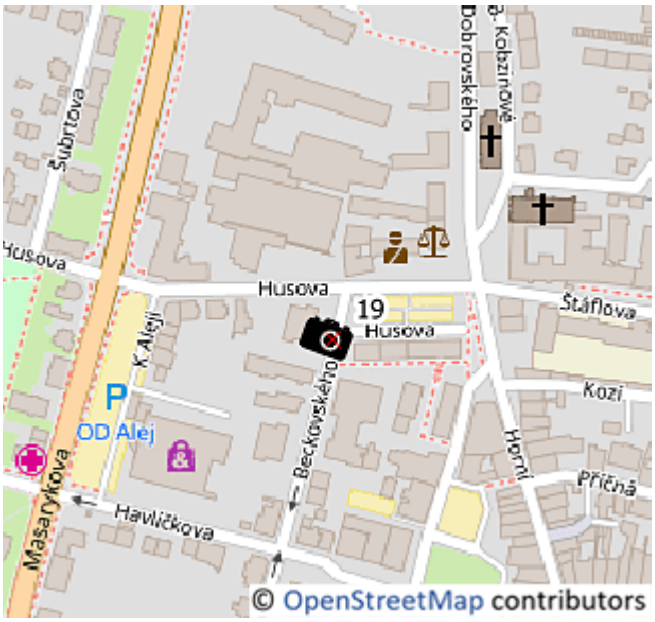
Porucha č.19 - Široká podélná porucha na pracovním spoji

Foto:

Obr. 19: Široká podélná porucha na pracovním spoji

Místo:

Beckovského – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 19

Popis poruchy:

Podélná porucha na pracovním spoji je široká do 20 mm a nalézá se v jízdním pruhu vedle jízdního pruhu pro cyklisty v protisměru a šikmých parkovacích stání.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 13 – Trhlina podélná široká

Možné příčiny vzniku:

V současném stavu není patrné použití asfaltové zálivky na ošetření pracovního spoje. Bez asfaltové zálivky je možné rozevření pracovního spoje a další postup poruchy.

Vhodná opatření:

Vhodné opatření je proříznutí a pročištění trhliny. Následně bude vytvořená komůrka zalita modifikovanou zálivkovou hmotou s výplňovým kamenivem v souladu s TP 115 [7]. S ohledem na další poruchy na této vozovce by byla možnou opravou i recyklace na místě.

Porucha č.20 - Široká podélná porucha na pracovním spoji a místní pokles

Foto:

Obr. 20: Široká podélná porucha na pracovním spoji a místní pokles

Místo:

Sokolská – Praha

Lokalizace poruchy 20

Popis poruchy:

Rozevírající se podélný široký pracovní spoj, který je ovlivněn místním poklesem vozovky nad zásypem rýhy. Šířka poruchy je až 40 mm.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 13 – Trhlina podélná široká

Katalog poruch nerozlišuje poruchy vzniklé na pracovních spojích a trhliny.

Možné příčiny vzniku:

Vznik široké podélné poruchy na pracovním spoji byl způsoben více faktory. Prvotní impuls pro vznik poruchy dala absence asfaltové zálivky na spojení se stávající konstrukcí chodníku. Při poklesu venkovní teploty tedy nic nebránilo rozevření úzké trhliny, která se mohla zanášet nečistotami. Při opětovném vzestupu teploty nad bod mrazu se již nemohla vrstva vrátit do původního stavu a zacelit trhlinu. Opakováním tohoto procesu a s přispěním relaxace asfaltové vrstvy vznikla široká trhlina. Ta se v místě lokálního poklesu ještě rozšířila vlivem napětí v materiálu, který se přemisťoval do místního poklesu.

Vhodná opatření:

Oprava poruchy provedená dle TP 115. Vzhledem k šířce mezery bude zvolena metoda oprava trhliny modifikovanou zálivkovou hmotou s výplňovým kamenivem [7].

Porucha č.21 - Rozvětvená podélná trhlina

Foto:

Obr. 5: Cizorodé zrno kameniva ve vozovce a podélná rozvětvená trhlina

Místo:

K Aleji – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 21 – viz Lokalizace poruchy 5

Popis poruchy:

Podélná trhlina na jednosměrné místní komunikaci, po jejíž levé straně pravidelně parkují vozidla a jízdní pruh je v pravé části. Rozvoj trhliny je převládající v podélném směru s místními výběžky do stran. Šířka trhliny je do 5 mm. V trhlině je cizorodé zrno kameniva, které neodpovídá dalším zrnům v dané směsi.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 15 – Trhlina rozvětvená podélná

Možné příčiny vzniku:

S ohledem na tvar podélné trhliny se nebude jednat o poruchu na pracovním spoji. Možnou příčinou vzniku trhlin tedy je nedokonalé spojení obrusné a ložní vrstvy, které může být způsobeno nedostatkem spojovacího postřiku nebo jeho úplnou absencí. Nedokonalé spolupůsobení vrstev může zapříčinit i špatně očištěný povrch spodní vrstvy před pokládkou nové vrstvy. Trhlina prochází místem s cizorodým zrnem kameniva, jelikož je vozovka tímto tělesem oslabena. Také se může jednat o známku konce životnosti dané vozovky.

Vhodná opatření:

Provedení diagnostiky vozovky a na jejím základě navržení vhodné opravy. Například výměna obrusné vrstvy, pokud nejsou trhlinou zasaženy žádné další vrstvy.

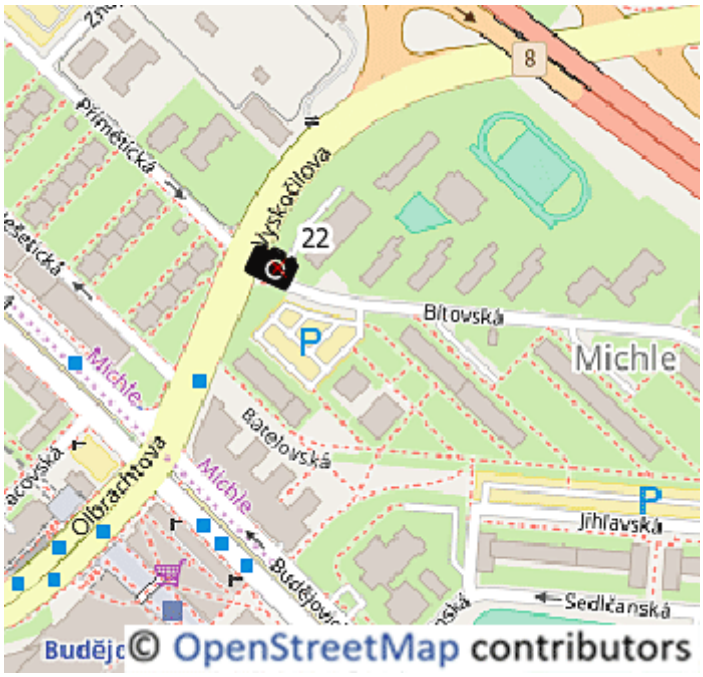
Porucha č.22 - Síťové trhliny

Foto:

Obr. 21: Síťové trhliny

Místo:

Bítovská – Praha



Lokalizace poruchy 22

Popis poruchy:

Na příjezdu ke světelně řízené křižovatce se na vozovce vyskytují síťové trhliny. Síť tvoří trhliny o hranách přibližně 300 mm. Síťové trhliny procházejí všemi stmelenými vrstvami. Trhliny jsou v litém asfaltu použitém při obnově vozovky po provedení výkopu.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 17 – Síťové trhliny

Možné příčiny vzniku:

Příčinou vzniku síťových trhlin může být nekvalitní provedení zásypu výkopu. Porucha může být způsobena i nedokonalým spojením obrusné a ložní vrstvy krytu. Vzhledem k umístění poruchy v blízkosti křižovatky zde dochází k pomalé jízdě vozidel a jejich zastavování, což vede k zatížení vozovky vodorovnými silami. Tyto síly mají vliv především na obrusnou vrstvu vozovky, ale v kombinaci s předešlými problémy mohou ovlivnit rychlost šíření poruchy.

Vhodná opatření:

Zajištění požadovaných vlastností zásypu rýhy a aktivní zóny a výměna poškozených asfaltových vrstev.

3.3 Deformace

Porucha č.23 - Podélný pokles, porucha na pracovním spoji a příčné trhliny

Foto:

Obr. 8: Porucha na pracovním spoji, příčné trhliny a podélná deformace

Místo:

Antala Staška - Praha

Lokalizace poruchy 23 – viz Lokalizace poruchy 8

Popis poruchy:

Jedná se o poruchu na litém asfaltu použitém při opravě vozovky po příčném výkopu rýhy. Opravený pás se ve středu propadá a jsou patrné otlaky pneumatik. Dále jsou přítomny trhliny popsané v listu poruch: *Porucha č.8 - Porucha na pracovním spoji, příčné trhliny a* podélná deformace.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 25 – Podélný pokles

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečné zhutnění materiálu použitého k zásypu rýhy.

Použití nevhodného materiálu pro zásyp rýhy, jehož parametry neodpovídají TP 146.

Nedostatečná kvalita materiálu použitého v aktivní zóně.

Nekvalitní provedení konstrukčních vrstev nebo možné nedodržení doporučené skladby z Katalogového listu v TP 146.

Vhodná opatření:

Oprava poruchy provedená v souladu s TP 146 Povolování a provádění výkopů a zásypů rýh pro inženýrské sítě ve vozovkách PK [6].

Porucha č.24 - Místní pokles a široká podélná porucha na pracovním spoji

Foto:

Obr. 20: Široká podélná porucha na pracovním spoji a místní pokles

Místo:

Sokolská – Praha

Lokalizace poruchy 24 – viz Lokalizace poruchy 20

Popis poruchy:

Jedná se o lokální pokles zásypu rýhy nad plynovým potrubím s povrchem z litého asfaltu. Hloubka poklesu je 80 mm. Vedle poklesu je patná rozevírající se podélná pracovní spára, která je propadem ovlivněna. Popis pracovního spoje je v listu poruchy: Porucha č.20 - *Široká podélná porucha na pracovním spoji a místní pokles*.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 24 – Místní pokles

Na rozdíl od příkladů zobrazených v TP 82 se nejedná o poruchu vzniklou lokálním zásahem do konstrukce vozovky, ale o lokální propad nad podélnou rýhou.

Možné příčiny vzniku:

Vyplavování materiálu z okolí poruchy. Nedostatečné zhutnění materiálu použitého k zásypu rýhy. Použití nevhodného materiálu pro zásyp rýhy. Nekvalitní provedení konstrukčních vrstev nebo možné nedodržení doporučené skladby z Katalogového listu v TP 146.

Vhodná opatření:

Pro opravu poruchy je nutné zjistit příčinu jejího vzniku a tu odstranit. Provedení nových vrstev bude provedeno v souladu s TP 146 [6].

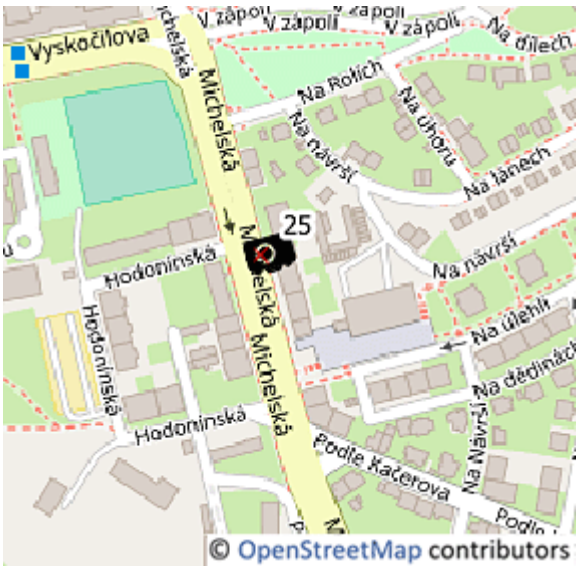
Porucha č.25 - Místní pokles

Foto:

Obr. 22: Místní pokles

Místo:

Michelská – Praha



Lokalizace poruchy 25

Popis poruchy:

Na asfaltové vozovce podél chodníku jsou patrné čtyři místní poklesy, z nichž jeden je kombinovaný se síťovými trhlinami. Na poklesy navazují trvalé příčné deformace. V místě největší deformace je vidět nestmelená podkladní vrstva prostupující na povrch.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 24 – Místní pokles

Možné příčiny vzniku:

Hutněná asfaltová vrstva může být položena na vrstvách, které nejsou dostatečně únosné. Její umístění napovídá, že byla vytvořena dodatečně a její konstrukční vrstvy nemusí odpovídat požadavkům TP 170, čemuž napovídá i nestmelená podkladní vrstva. Hlavní příčinou vzniku trvalých deformací je pravidelné stání kol vozidla v místech poklesů.

Vhodná opatření:

Opatřením může být zajištění dostatečně únosného podloží a nové položení konstrukčních vrstev. Je vhodné ověřit, jestli stávající konstrukce vozovky odpovídá TP 170 [10].

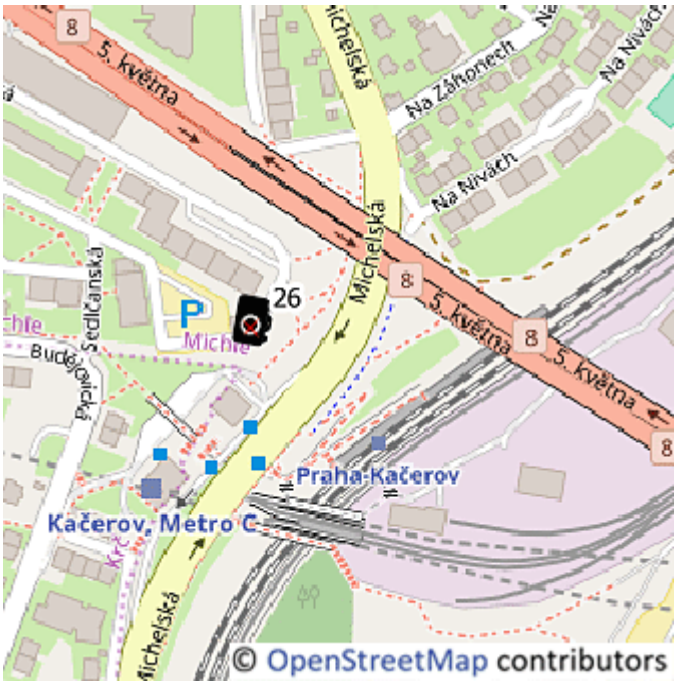
Porucha č.26 - Místní pokles s rozvětvenou trhlinou

Foto:

Obr. 23: Místní pokles s rozvětvenou trhlinou

Místo:

Jihlavská – Praha



Lokalizace poruchy 26

Popis poruchy:

V místě kanalizační vpusti došlo k místnímu poklesu. Na snímku jsou vidět rozvětvené trhliny, které lemují hranici poklesu.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 24 – Místní pokles

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečné zhutnění zemní pláně nebo konstrukčních vrstev v blízkosti kanalizační vpusti může způsobit pokles vozovky i samotné vpusti. Nedostatečná únosnost založení vpusti, která vede k propadu vpusti při zatížení dopravou nebo vlastní tíhou a svislým deformacím konstrukčních vrstev vozovky. Rozvětvené trhliny vznikají jako doprovodný jev poklesu, jelikož konstrukce vozovky je jím ovlivněna a nestandardně namáhána.

Vhodná opatření:

Bude proveden lokální výkop v rozsahu poškozené vozovky, kontrola umístění kanalizační vpusti a její vyrovnání do správné polohy. Dále bude oprava vozovky provedena v souladu s TP 146 [6].

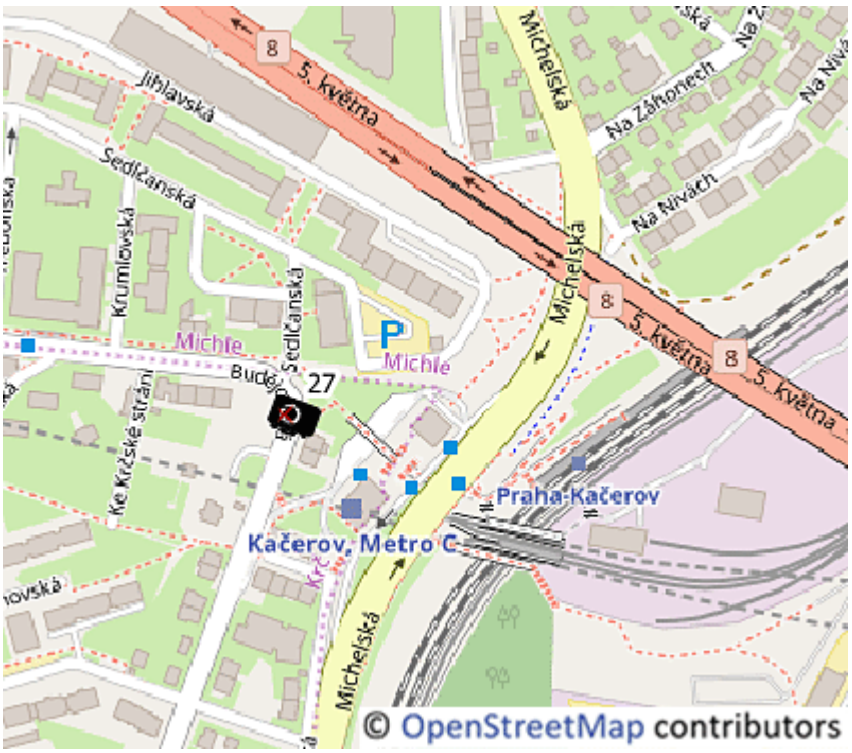
Porucha č.27 - Vyjeté koleje

Foto:

Obr. 24: Vyjeté koleje

Místo:

Budějovická – Praha



Lokalizace poruchy 27

Popis poruchy:

Ve směrovém oblouku o poloměru přibližně 30 m s podélným sklonem přibližně -6,5 % je rozvinutá příčná trvalá deformace vozovky ve tvaru vyjetých kolejí. Vozovka v místě stop kol vozidel vykazuje nevratnou příčnou deformaci. Přibližně 50 m po ukončení oblouku je umístěn přechod pro chodce.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 21 – Vyjeté koleje

Možné příčiny vzniku:

V krytových vrstvách dochází k tvorbě trvalých deformací vlivem pomalé a stojící dopravy. Vzhledem k tomu, že se koleje na dané místní komunikaci vyskytují pouze v tomto směrovém oblouku, dá se předpokládat, že jejich vznik je spojený s působením vodorovných sil. V tomto případě působí síly v příčném i podélném směru.

Vhodná opatření:

Výměna dotčených asfaltových vrstev.

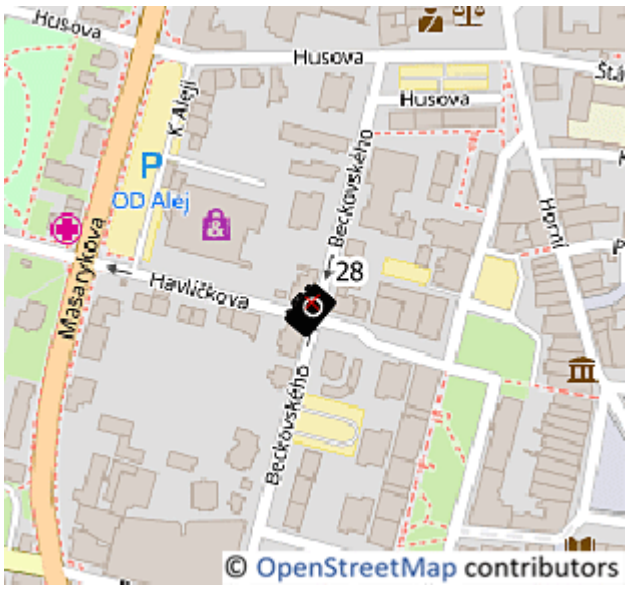
Porucha č.28 - Místní hrbol

Foto:

Obr. 25: Místní hrbol

Místo:

Beckovského – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 28

Popis poruchy:

Jedná se o místní hrbol u kanalizační vpusti před přechodem pro chodce, který zamezuje správnému svedení dešťové vody do této vpusti, což je zřejmé z nahromaděné vody na snímku. Voda navíc hrbol neobtéká a zůstává na vozovce do vyschnutí.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 22 – Místní hrbol

Liší se způsobem vzniku.

Možné příčiny vzniku:

Nekvalitně navržená, nebo provedená oprava kanalizace způsobila, že se mříž kanalizační vpusti dostala do úrovně horní hrany obrubníku. Je možné, že v době realizace opravy byla vozovka provedena tak, aby voda vtékala do vpusti. V tom případě by místní hrbol vnikl technologickou nekázní při provádění zásypu výkopu, což vedlo k poklesu vozovkových vrstev.

Vhodná opatření:

Odstranit asfaltové souvrství v rozsahu potřebném pro napojení vozovky na kanalizační vpust s minimálním podélným sklonem 0,3 %. Následně bude provedeno ověření dostatečné únosnosti odhalených konstrukčních vrstev a její případné zajištění s vytvořením podkladu potřebného tvaru pro položení nového asfaltového souvrství. Další méně náročnou možností je upravit výšku kanalizační vpusti a opravit pouze její nejbližší okolí.

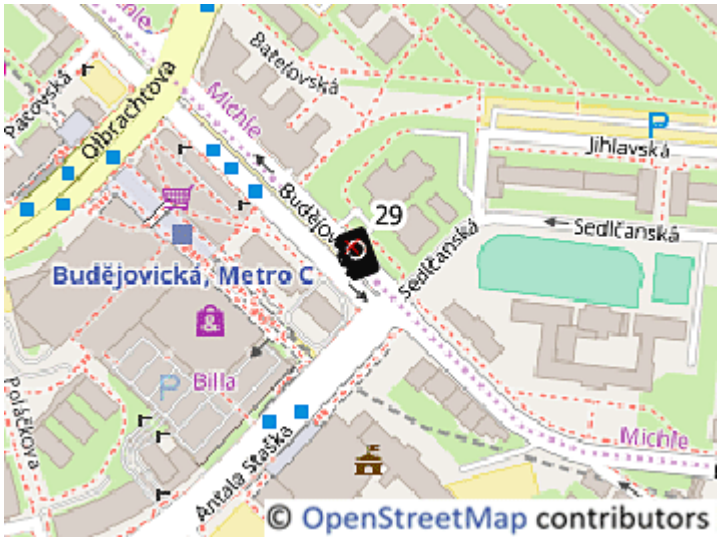
Porucha č.29 - Podélný hrbol a místní hrboly s trhlinami

Foto:

Obr. 26: Podélný hrbol a místní hrboly s trhlinami

Místo:

Budějovická – Praha



Lokalizace poruchy 29

Popis poruchy:

Skupina zdvihů na chodníku z litého asfaltu se šíří různými směry. Podélný hrbol A prochází příčně přes celou šířku chodníku. Poruchy s označením B mají charakter místních hrbolů. Na hrbolech došlo k porušení asfaltové vrstvy a rozvoji úzkých trhlin s šířkou do 5 mm.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 22 – Místní hrbol

Katalogový list 23 – Podélný hrbol

Možné příčiny vzniku:

Tyto hrboly může způsobovat více faktorů. Jedním z nich jsou kořenové systémy stromů, které rostou v blízkosti poruch. Druhým faktorem mohou být objemové změny nestmelených konstrukčních vrstev a podloží v důsledku jejich namrzavosti nebo špatného odvodnění. Trhliny vznikly jako důsledek tahových napětí vyvolaných deformací.

Vhodná opatření:

Odstranění poškozených částí vozovky a zajištění vlastností nestmelených vrstev, které odpovídají příslušným normám a jejich řádné odvodnění. Pokládka nových konstrukčních vrstev. V případě, že poškození způsobily prorůstající kořeny, je nutné tyto kořeny odstranit a vozovku položit znovu.

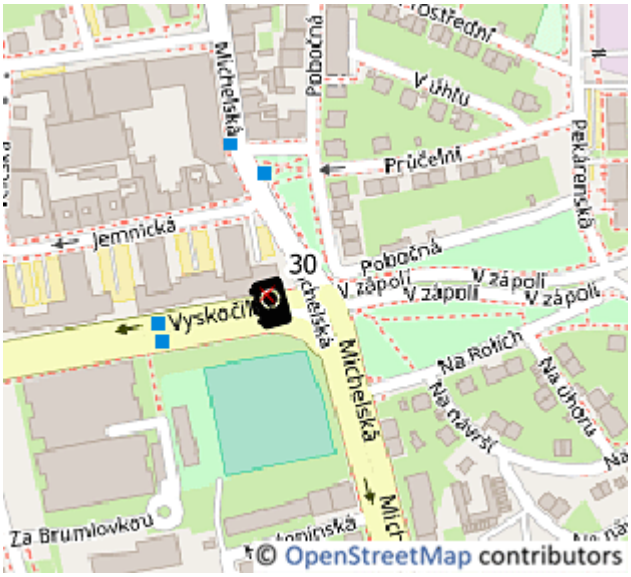
Porucha č.30 - Malé puchýře

Foto:

Obr. 27: Malé puchýře

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 30

Popis poruchy:

Na chodníku s povrchem z litého asfaltu se vyskytují puchýře s průměrem do 50 mm, což určuji jako hranici malých puchýřů.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 19 – Puchýře v MA

Možné příčiny vzniku:

Nahromaděné vodní páry pod vrstvou z litého asfaltu za vysokých letních teplot vyvolávají tlak, který vrstvu zdvihá v nejslabších místech. Vliv na tvorbu puchýřů má i vyšší teplota samotné vrstvy, která způsobuje změnu mechanických vlastností asfaltu ve směsi. Výsledkem jsou nepravidelně umístěná vyboulení na povrchu vozovky. Vodní páry se obecně hromadí, když není dostatečná mezerovitost ložní vrstvy. V takovém případě se zhotovuje dělící vrstva z polyesterové nebo skelné textilie nebo v případě nemotoristických komunikací i z papírové lepenky [11].

Vhodná opatření:

Odstranění stávající poškozené vrstvy a její nahrazení novou provedenou s požadovanými technologickými postupy dle TKP 8 [11].

Porucha č.31 - Malé puchýře

Foto:

Obr. 28: Malé puchýře

Místo:

Michelská – Praha

Lokalizace poruchy 31

Popis poruchy:

Na chodníku s povrchem z litého asfaltu se vyskytují puchýře s průměrem do 50 mm.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 19 – Puchýře v MA

Možné příčiny vzniku:

Příčiny vzniku jsou shodné s listem poruchy: Porucha č.30 - Malé puchýře.

Vhodná opatření:

Vhodná opatření se shodují s předchozím listem poruchy.

Porucha č.32 - Velké puchýře

Foto:

Obr. 29: Velké puchýře

Místo:

Sedlčanská – Praha

Lokalizace poruchy 32

Popis poruchy:

Puchýře s průměrem do 100 mm se nepravidelně vytvořily v jízdním pruhu jednosměrné místní komunikace s povrchem z litého asfaltu.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 19 – Puchýře v MA

Možné příčiny vzniku:

Jelikož se jedná o puchýře na vrstvě z litého asfaltu, jsou příčiny stále stejné, jako byly v listu poruchy: Porucha č.30 - *Malé puchýře*. Jelikož se jedná o motoristickou komunikaci, není možné použít dělící vrstvu z papírové lepenky.

Vhodná opatření:

Vhodná opatření opět odkazují na list poruchy: Porucha č.30 - *Malé puchýře*.

3.4 Jiná porucha

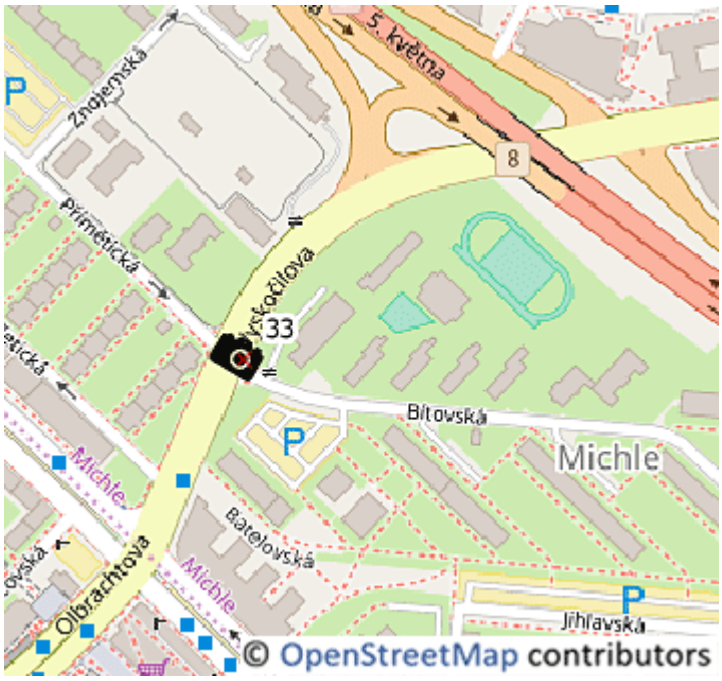
Porucha č.33 - Ztráta protismykových vlastností

Foto:

Obr. 30: Ztráta protismykových vlastností

Místo:

Bítovská – Praha



Lokalizace poruchy 33

Popis poruchy:

Zrna kameniva jsou zatlačena do asfaltového tmelu, což způsobilo ztrátu makrotextury. Tím dojde ke zhoršení protismykových vlastností obrusné vrstvy. Porucha se zde vyskytuje v prostoru pro cyklisty na příjezdu ke křižovatce se světelným signalizačním zařízením.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 02 – Ztráta makrotextury

Možné příčiny vzniku:

V tomto případě může poruchu způsobit špatně navržená, nebo vyrobená hutněná asfaltová směs. Problémem může být použití měkkého asfaltu, nebo špatná skladba jednotlivých frakcí kameniva, což může způsobit nedostatečné zaklínění zrn.

Vhodná opatření:

Vhodná opatření jsou popsána v TP 87, kde zmiňují, že je možné provést údržbu vozovky zlepšující protismykové vlastnosti, ale musí být ověřeno, že životnost obrusné vrstvy nebude negativně ovlivněna stávající konstrukcí vozovky [5]. Možnosti pro zlepšení protismykových vlastností povrchu vozovky jsou nátěry, emulzní kalový zákryt, emulzní mikrokoberec nebo bezpečnostní protismykové úpravy povrchů vozovek. Poslední možnost je podrobně řešena v TP 213 [12].

Porucha č.34 - Úkap provozních kapalin automobilů

Foto:

Obr. 31: Úkap provozních kapalin automobilů

Místo:

Kalinovo nábřeží – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 34 – viz Lokalizace poruchy 1

Popis poruchy:

Na vozovce je vidět úkap pohonné hmoty z automobilu.

Zařazení dle TP 82:

Tato porucha nemá ekvivalent v Katalogu poruch.

Možné příčiny vzniku:

Netěsnost na pohonném ústrojí vozidla. Jelikož benzín a nafta jsou rozpouštědla, mohou způsobit poškození vozovky. Úkapy se více vyskytují na plochách s pomalou dopravou nebo dopravou v klidu, kde vozidla tráví více času a množství uvolněné kapaliny je vyšší.

Vhodná opatření:

Této poruše není možné zabránit. Provoz nenarušuje a oprava je vhodná až při jejím dalším rozvinutí například do asfaltových skvrn vytvořených na vozovce.

Porucha č.35 - Asfaltové skvrny na litém asfaltu

Foto:

Obr. 32: Asfaltové skvrny na litém asfaltu

Místo:

Sedlčanská – Praha

Lokalizace poruchy 35

Popis poruchy:

Na vozovce s obrusnou vrstvou z litého asfaltu se vyskytují asfaltové skvrny s maximálními rozměry 180 x 300 mm. Tyto skvrny nemají na povrchu žádná zrna kameniva a nevykazují žádnou makrotexturu ani mikrotexturu.

Zařazení dle TP 82:

Tato porucha nemá ekvivalent v Katalogu poruch.

Možné příčiny vzniku:

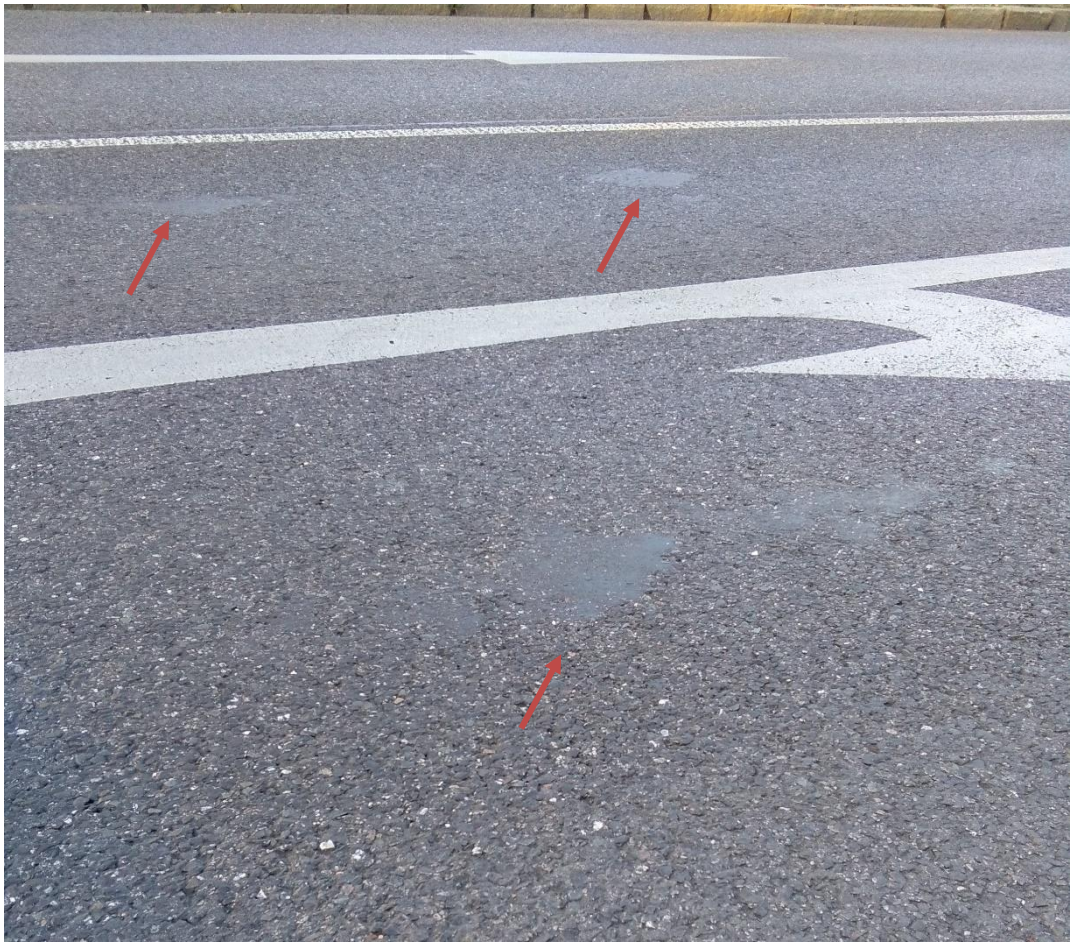
V důsledku rozpouštění asfaltu po úkapech pohonných hmot na vozovku mohlo dojít k vytvoření skvrn. Další možnou příčnou je nadbytečné množství spojovacího postřiku pod obrusnou vrstvou. Přebytečný postřik se smísil s litým asfaltem a změnil jeho složení v postižených místech.

Vhodná opatření:

Výměna obrusné vrstvy v zasažené oblasti.

Porucha č.36 - Asfaltové skvrny na hutněné asfaltové vrstvě

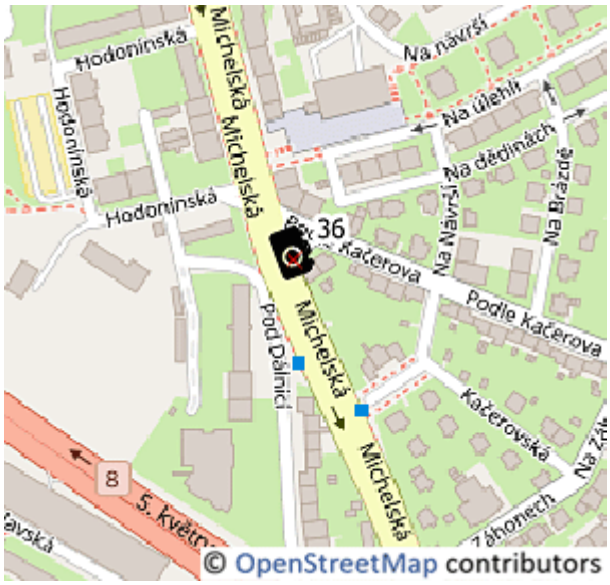
Foto:



Obr. 33: Asfaltové skvrny na hutněné asfaltové vrstvě

Místo:

Michelská – Praha



Lokalizace poruchy 36

Popis poruchy:

Na vozovce s obrusnou vrstvou z hutněné asfaltové směsi se vytvořily asfaltové skvrny ve stopách kol vozidel. Tyto skvrny mají sníženou makrotexturu oproti zbytku vozovky.

Zařazení dle TP 82:

Tato porucha nemá ekvivalent v Katalogu poruch.

Možné příčiny vzniku:

Možnou příčinou vzniku této poruchy je lokální použití nadměrného množství spojovacího postřiku při pokládce obrusné vrstvy. Asfalt, který není přichycen k ložní vrstvě, v průběhu životnosti vozovky vystoupá na povrch vlivem dopravního zatížení. Přebytečný spojovací postřik se do vozovky dostane například při zastavení distributoru asfaltu.

Vhodná opatření:

S přihlédnutím k rozsahu poruchy je vhodné nezasahovat do vozovky.

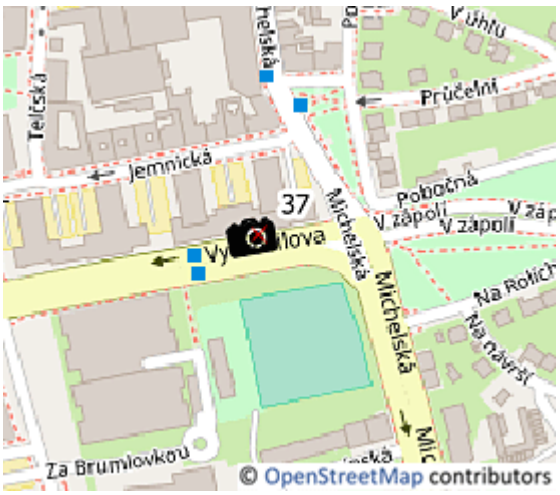
Porucha č.37 - Lokální odfrézování vozovky

Foto:

Obr. 34: Lokální odfrézování vozovky

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 37

Popis poruchy:

U autobusové zastávky v jízdním pruhu byly lokálně odfrézovány dvě plochy do roviny se zbytkem obrusné vrstvy. Tyto plochy vykazují nadměrnou makrotexturu, což má negativní vliv na vozidlo při jejich přejetí.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 21 – Vyjeté koleje

Jedná se o poruchu vzniklou v důsledku vyjetých kolejí.

Možné příčiny vzniku:

Vyfrézované plochy pravděpodobně vznikly, jako oprava trvalé příčné deformace vozovky způsobené zejména změnou rychlosti autobusů v zastávce. Zatlačení vozovkových vrstev ve stopách vozidel způsobuje plastickou deformaci v podobě vyboulení po jejich stranách. Tato vyboulení byla odfrézována pro vyrovnání vozovky.

Vhodná opatření:

Jedná se o frézování v poměrně malém úseku a stav zbytku komunikace naznačuje síťovými a příčnými trhlinami, že bude v dohledné době nutná její rekonstrukce. Tím pádem bude tato porucha opravena při rekonstrukci celého úseku.

4 Listy vybraných poruch na vozovkách s dlážděným krytem

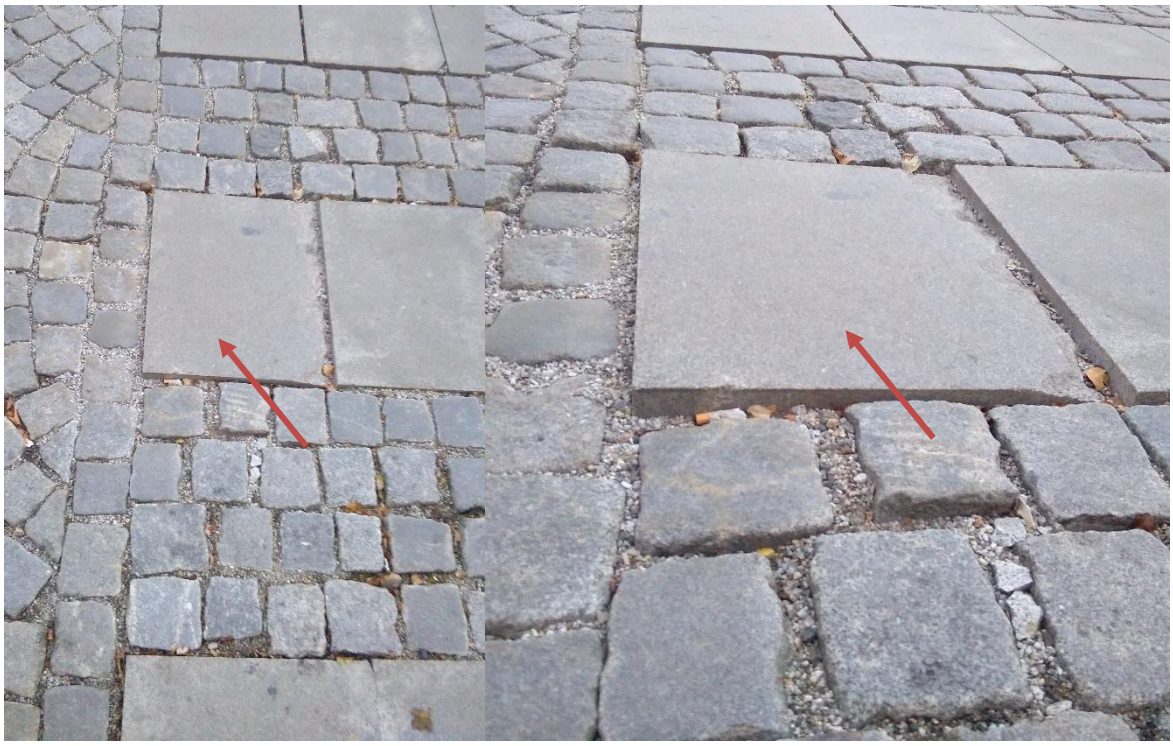
Tato kapitola obsahuje listy vybraných poruch na vozovkách s dlážděnými kryty. Listy jsou řazeny do kategorií, jež jsou zmíněné v kapitole 2 a částečně vycházejí z předpisu TP 82. Jedná se o poruchy získané a hodnocené pouze vizuální prohlídkou vozovky [1].

Členění listů poruch je shodné s předchozí kapitolou.

4.1 Uvolnění dlažebního prvku

Porucha č.38 - Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene, uvolnění a chybná vazba drobných dlažebních kostek

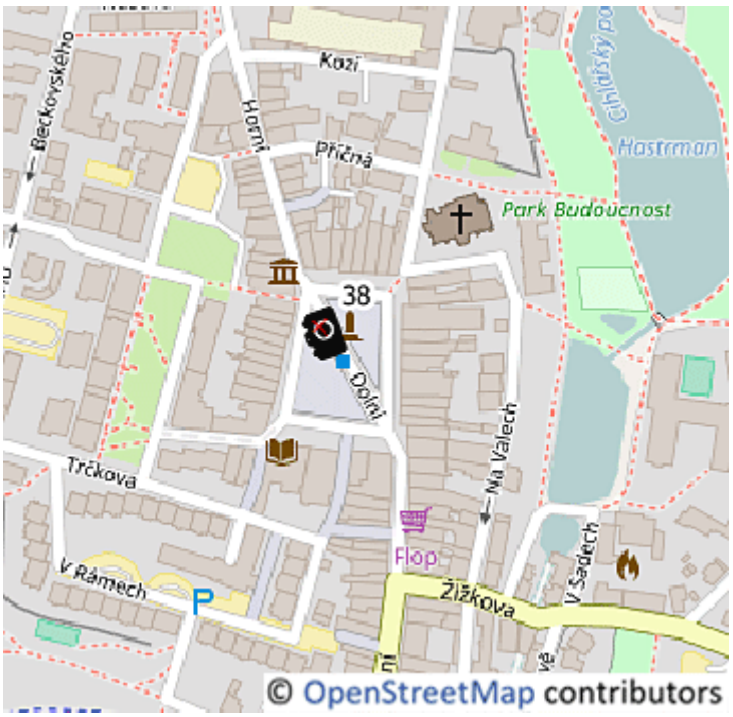
Foto:



Obr. 35: Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene, uvolnění a chybná vazba drobných dlažebních kostek

Místo:

Havlíčkovo náměstí – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 38

Popis poruchy:

Uvolněná dlažební deska z přírodního kamene, která je součástí přechodu pro chodce. Na fotografii je vidět i uvolnění drobných dlažebních kostek a jejich chybná vazba v okolí dlažební desky.

Zařazení dle TP 82:

Uvolněná dlažba je zmíněná v kapitole 5.2 *Výskyt poruch podle typů netuhé vozovky*. Samostatný katalogový list tato poruchy nemá.

Možné příčiny vzniku:

Příčinou je nedostatečné celoplošné podepření. Dlažební deska, u které výrazně převládají plošné rozměry nad její výškou, má větší předpoklady pro uvolnění. Poruchy plochých dlažebních dílů jsou způsobené jejich tvarem, tudíž je na vině už projektová dokumentace, ve které jsou navržené.

Uvolnění drobných dlažebních kostek může být způsobené jejich chybnou vazbou nebo širokými spárami, které mají mít šířku 15 mm pro dlažbu z drobných kostek [13]. Spáry na přechodu dosahují šířky až 25 mm, což nevyhovuje toleranci na šířku spár ± 5 mm [14].

Vhodná opatření:

Rozebrat dlažbu v místě přechodu a předláždit dlažebními kostkami. Odlišení pruhů přechodu pro chodce může být provedeno použitím jiné barvy dlažby.

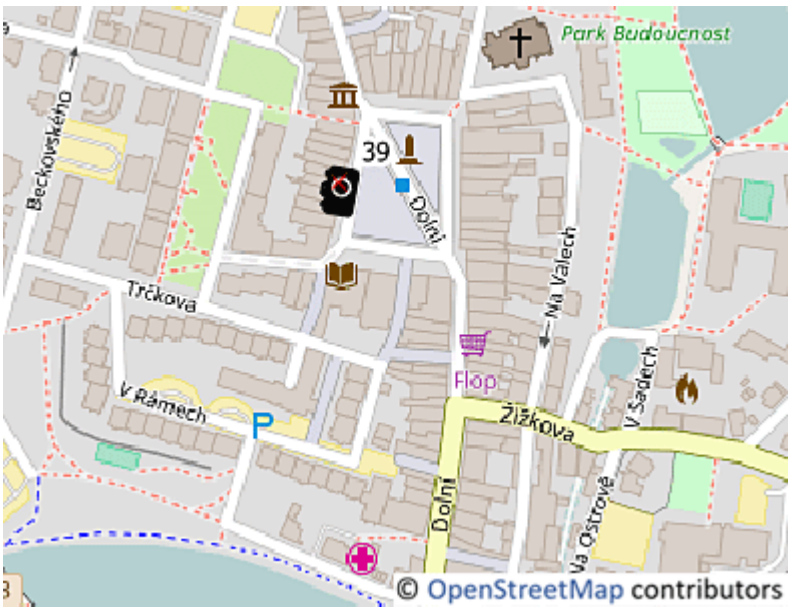
Porucha č.39 - Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene

Foto:

Obr. 36: Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene

Místo:

Havlíčkovo náměstí – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 39

Popis poruchy:

Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene na rozhraní podélného parkovacího stání a chodníku. Další plochy chodníku poruchu nevykazují.

Zařazení dle TP 82:

Uvolněná dlažba je zmíněná v kapitole 5.2 *Výskyt poruch podle typů netuhé vozovky*. Samostatný katalogový list tato poruchy nemá.

Možné příčiny vzniku:

Hlavní příčinou je nerovnoměrné celoplošné podepření a nadměrné zatížení. Dlažební prvek, u kterého výrazně převládají plošné rozměry nad jeho výškou, má větší předpoklady pro uvolnění. Porucha se vyskytuje na chodníku v místě, kde je pravděpodobné, že vozidla opouštějí parkovací stání. Řidič vozidla není nijak nucen opustit stání bez najetí na chodník, což je chyba vycházející z návrhu.

Vhodná opatření:

Vhodným opatřením je předláždit uvolněné dlažební desky a zamezit jejich zatížení vozidly. Další možností je vytvoření výjezdového klínu ze stejné dlažby, jako jsou parkovací stání.

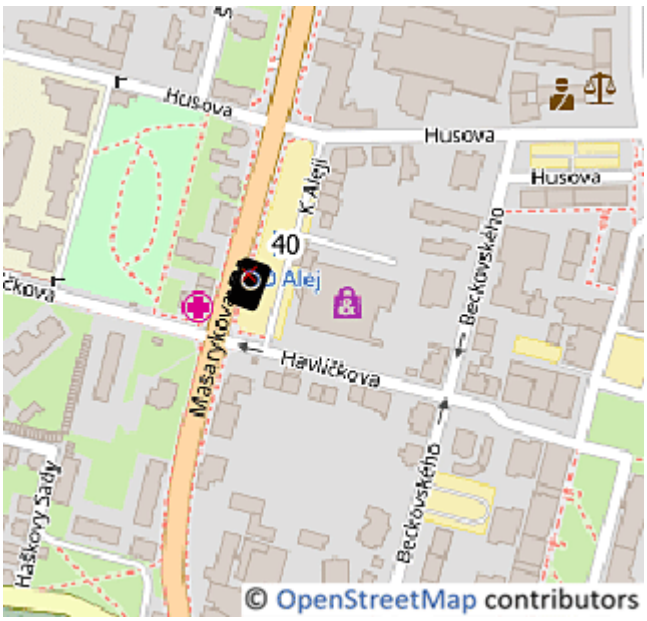
Porucha č.40 - Uvolnění plošných vegetačních dílců 400x600

Foto:

Obr. 37: Uvolnění plošných vegetačních dílců 400x600

Místo:

Parkoviště obchodní dům Alej – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 40

Popis poruchy:

Jednotlivě i skupinově uvolněné vegetační dílce na parkovacích stáních. Je patrné zvýšení uvolněných dílů nad zbytek plochy. Při pohybu dlaždic dochází k vytlačování vody.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

Nedostatečná únosnost zemní pláně nebo dalších konstrukčních vrstev. Nestmelené konstrukční vrstvy pod vegetačními dílci mohou být znehodnoceny nadměrným množstvím hlinitých složek. Přípustné množství udává TP 153. TP 153 dále uvádí doporučené konstrukce zpevněných travnatých parkovišť pro daný typ podloží. Porucha mohla vzniknout volbou jiné konstrukce nebo nedodržením jiných požadavků zmíněného TP [15]. S ohledem na lokální výskyt uvolněných dílců je další možná příčina poruchy jejich rozebrání a špatné zpětné uložení.

Vhodná opatření:

Vhodné opatření je rozebrat dlažbu v okolí postižených míst a zajistit dostatečnou únosnost a kvalitu podloží a konstrukčních vrstev. Následně budou vegetační dílce položené zpět na místo.

Porucha č.41 - Uvolnění podélných dlažebních prvků

Foto:

Obr. 38: Uvolnění podélných dlažebních prvků

Místo:

Parkoviště Bezručova – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 41

Popis poruchy:

Uvolnění podélného dlažebního prvku oddělujícího kolmá parkovací stání. Na fotografii je vidět pohyb zrn kameniva vyplňujícího spáru u podélného prvku směrem pod něj.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

Hlavní příčinou vzniku této poruchy je nevhodný tvar dlažebních prvků. Na vině je tedy už projektová dokumentace, ve které jsou navrženy. Vozidla tyto dílce při parkovacích manévrech přejíždějí, což způsobuje jejich nerovnoměrné zatěžování a postupné uvolňování.

Vhodná opatření:

Je vhodné nenavrhovat dlažební prvky s jedním převládajícím půdorysným rozměrem. V tomto případě je vhodné podélné dlažební dílce nahradit dlažebními kostkami odlišné barvy.

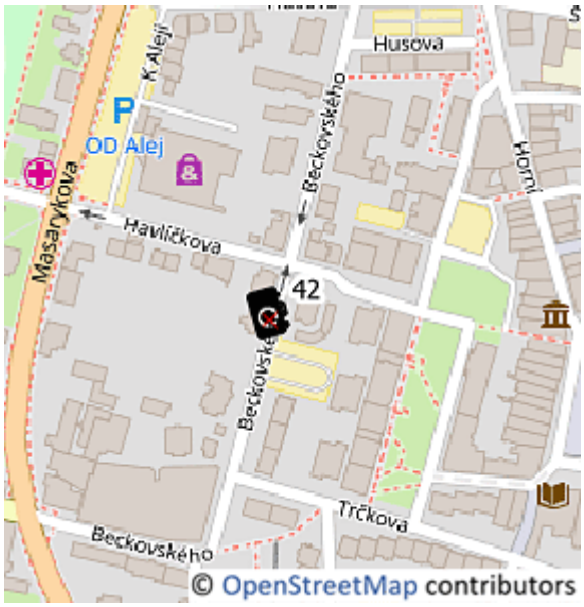
Porucha č.42 - Uvolnění skupiny mozaikových dlažebních kostek

Foto:

Obr. 39: Uvolnění skupiny mozaikových dlažebních kostek

Místo:

Beckovského – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 42

Popis poruchy:

Uvolnění skupiny mozaikových dlažebních kostek umístěných pod svodem okapu na chodník.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

Dlažební kostky jsou umístěny přímo pod svodem okapu, který může produkovat proud vody, který vymílá materiál mezi jednotlivými kostkami. V případě absence materiálu vyplňujícího spáry a ložní vrstvy dojde k uvolnění dlažebních prvků.

Na této vozovce je také zřejmé nedodržení povolené odchylky rozměrů štípaných dlažebních kostek, která má pro mozaikovou dlažbu být maximálně 10 mm [13]. Vazba mezi dlažebními kostkami v důsledku nevhodných rozměrů není správně a neodpovídá ani šířka spár, která je velmi proměnlivá.

Vhodná opatření:

Je vhodné svody okapů zaústit pod povrchem do kanalizace. Předejde se tím vzniku poruch a zvýší se pohodlí při užívání komunikace.

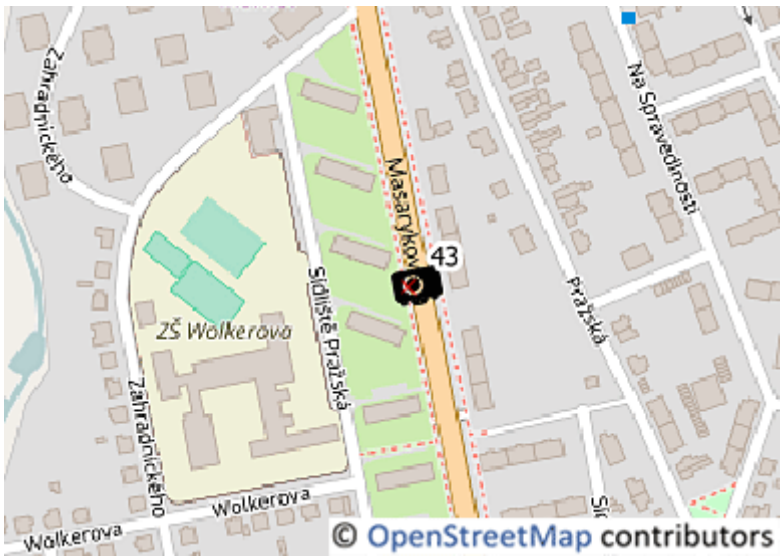
Porucha č.43 - Uvolnění skupiny betonových dlažebních desek a jejich poškození

Foto:

Obr. 40: Uvolnění skupiny plošných dlažebních prvků a jejich poškození

Místo:

Masarykova - Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 43

Popis poruchy:

Na chodníku vydlážděném z betonových dlažebních desek došlo k jejich uvolnění a následnému poškození. Jsou zde vidět zlomené prvky a jejich posun.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

Plošný charakter dlažebních prvků způsobí nerovnoměrné zatížení ložní vrstvy, což vede k jejich uvolnění. Tato porucha má počátek již v projektové dokumentaci, která navrhuje použití plošných dlažebních dílců. Následují další poruchy, jako je lom prvku a olamování okrajů.

Vhodná opatření:

Je vhodné provést rekonstrukci chodníku s použitím jiného druhu dlažby.

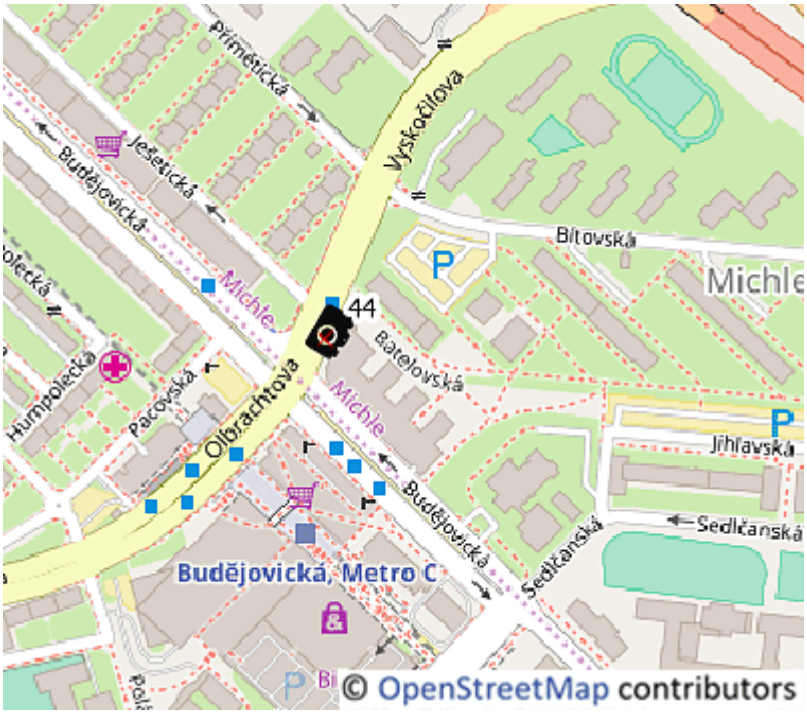
Porucha č.44 - Uvolnění dlažebních velkých dlažebních kostek

Foto:

Obr. 41: Uvolnění dlažebních velkých dlažebních kostek

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 44

Popis poruchy:

Na dlážděné autobusové zastávce došlo k uvolnění velkých dlažebních kostek, jejich vodorovnému posunu a porušení vazby.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

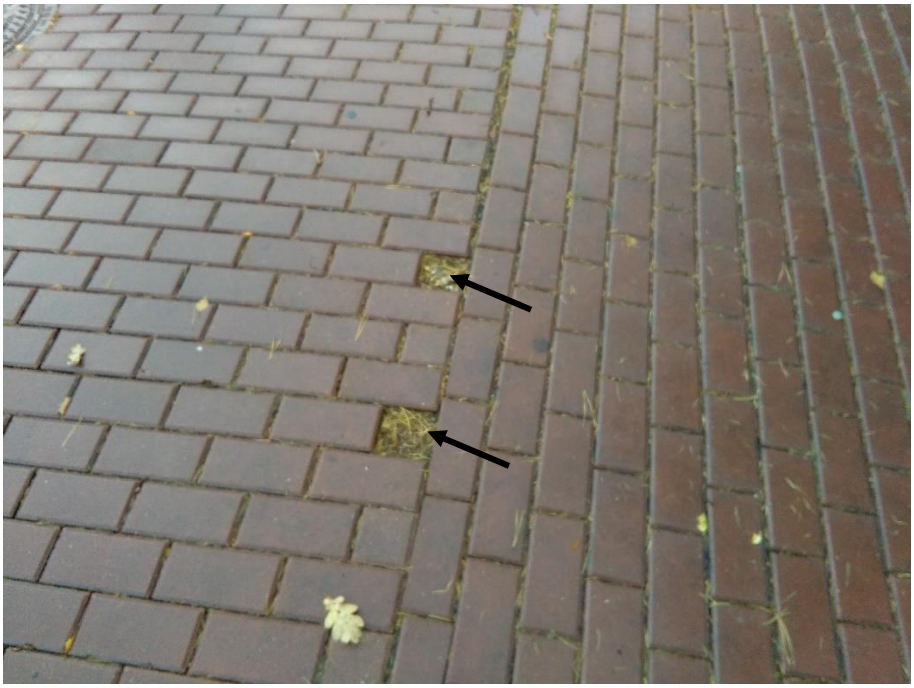
Mezi dlažebními kostkami chybí výplňový materiál, který zajišťuje přenos vodorovných sil do dalších prvků. Ty pak spolupůsobí a nedojde k poškození vozovky. V tomto případě brzdné a akcelerační síly přenášejí pouze kostky na styku s kolem, což vede k jejich uvolnění z ložní vrstvy a následnému vodorovnému posunu. Na tomto místě ve směru jízdy, jelikož v této části zastávky autobusy zpomalují.

Vhodná opatření:

Návrh opatření při této poruše je rozebrání uvolněné dlažby a obnovení správného tvaru vazby. Nakonec dojde k vyplnění spár dle požadavků ČSN 73 6131 [13].

Porucha č.45 - Absence betonových dlažebních bloků

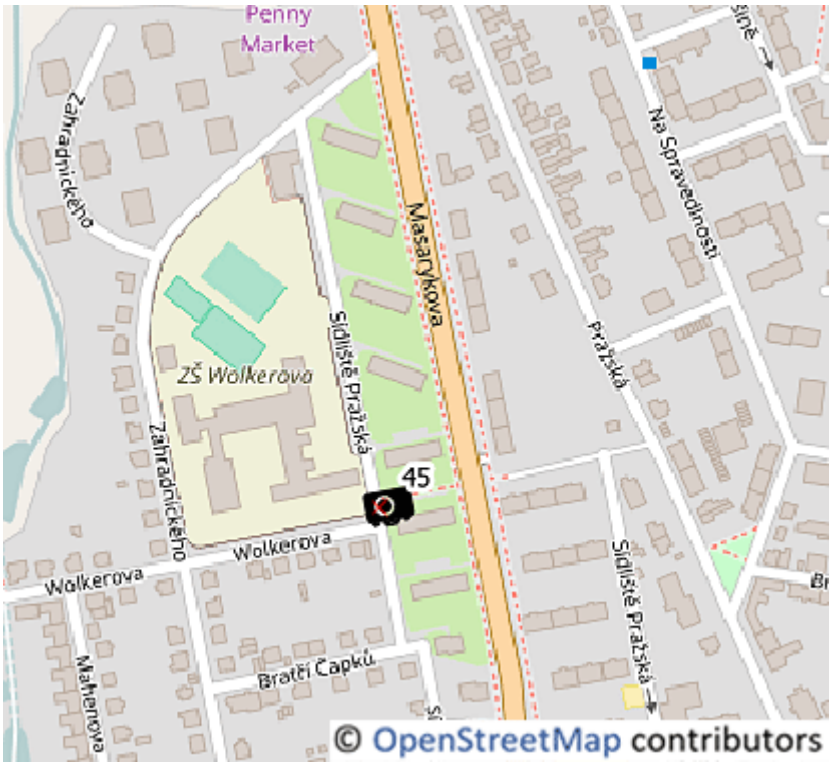
Foto:



Obr. 42: Absence betonových dlažebních bloků

Místo:

Sídliště Pražská – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 45

Popis poruchy:

V místě připojení dlážděného sjezdu ze zvýšené dlážděné plochy místní komunikace chybí dva poloviční bloky. Jejich původní místo se postupně zaplňuje nečistotami.

Zařazení dle TP 82:

Této poruše neodpovídá žádný katalogový list z TP 82. V celém předpisu není rozlišeno uvolnění dlažebních prvků a jejich absence.

Možné příčiny vzniku:

V tomto případě chybí dlažební bloky na rozhraní kolmých směrů pokládky kvádrových bloků. Tato hrana byla vytvořena za pomoci rozpůlených bloků, které jsou náchylnější k uvolnění, jelikož mají jednu společnou podélnou spáru s bloky v sousedních řadách. Tyto rozpůlené dlažební bloky se uvolnily a následně vypadly ze své pozice v dlažbě.

Vhodná opatření:

Jelikož došlo k uvolnění pouze dvou rozpůlených bloků, je nutné je nahradit. Před nahrazením je třeba pročistit prázdná místa a zajistit kvalitní ložnou vrstvu, do které budou uloženy.

Porucha č.46 - Absence skupiny mozaikových dlažebních kostek

Foto:

Obr. 43: Absence skupiny mozaikových dlažebních kostek

Místo:

Beckovského – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 46

Popis poruchy:

V jedné ploše na chodníku chybí několik mozaikových dlažebních kostek. Zbylé kostky v ploše jsou uvolněné a zabořené do ložní vrstvy. Červenými liniemi jsou vyznačené chyby ve vazbě. Ve vozovce jsou použité dlažební kostky nerovnoměrných velikostí a tvarů.

Zařazení dle TP 82:

Této poruše neodpovídá žádný katalogový list z TP 82. V celém předpisu není rozlišeno uvolnění dlažebních prvků a jejich absence.

Možné příčiny vzniku:

Porucha pravděpodobně vznikla v důsledku použití nevhodně tvarovaných dlažebních kostek, které mají mít maximální odchylku půdorysných rozměrů 10 mm, a jejich nesprávného provázání [13]. S ohledem na špatnou vazbu podél plochy s chybějícími kostkami se dá předpokládat, že byla vazba nesprávně provedena i v místě poruchy. Další možnou příčinou je nevhodná technologie použitá při odklízení sněhu. TP 192 požaduje, aby hrana pluhu byla opatřena gumovým břitem [14].

Vhodná opatření:

Vhodným opatřením je rozebrat poškozenou dlažbu v okolí poruchy, zajistit únosnost ložní vrstvy odpovídající TP 170 [16] a chodník znovu vydláždit z vhodných dlažebních kostek se správnou obloukovou vazbou dle TP 192 - *Výkres 2 – Drobná dlažba z přírodního kamene* [14].

4.2 Poškození dlažebního prvku

Porucha č.47 - Lom betonové dlažební desky

Foto:

Obr. 44: Lom betonové dlažební desky

Místo:

Sokolská – Praha

Lokalizace poruchy 47

Popis poruchy:

Jedná se o poškození dlážděného varovného pásu pro osoby s omezenou schopností orientace, ve smyslu Vyhlášky č. 398/2009, mezi chodníkem a místem pro zásobování. Betonová dlažební deska je poškozena lomem.

Zařazení dle TP 82:

Vzhledem k tomu, že TP 82 se poruchám vozovek s dlážděným krytem věnuje minimálně, není v něm tato porucha uvedena.

Možné příčiny vzniku:

Nejpravděpodobnější příčinou poškození prvku je jeho podepření, které nebude plošné (nerovný podklad, který vede k ohybovému namáhání dílu při zatížení). Nerovnoměrné podepření desky může být důsledek jejího uvolnění. Dlažební prvek, u kterého výrazně převládají plošné rozměry nad jeho výškou, má větší předpoklady pro uvolnění. Poruchy plochých dlažebních dílů jsou způsobené jejich tvarem, a tudíž je na vině už projektová dokumentace, ve které jsou navrženy.

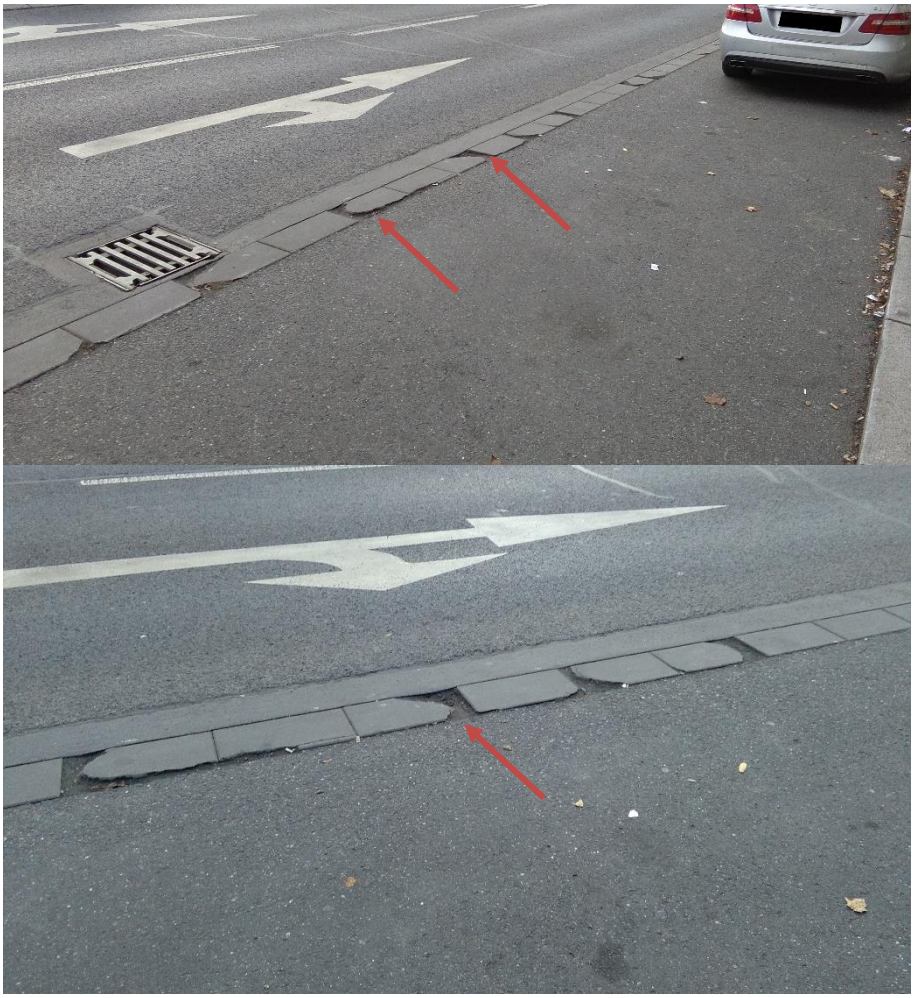
Poškození dlažebního prvku může být způsobeno i nevhodným zacházením při přepravě nebo pokládce.

Vhodná opatření:

U poškozeného prvku je možné řešení jeho výměna, ale je třeba počítat s opakováním této opravy. Nejlepší řešení je vyhnout se použití deskových dlažebních prvků, což v tomto případě není možné, jelikož slouží k hmatovému odlišení povrchů.

Porucha č.48 - Olamování okrajů betonových dlažebních desek

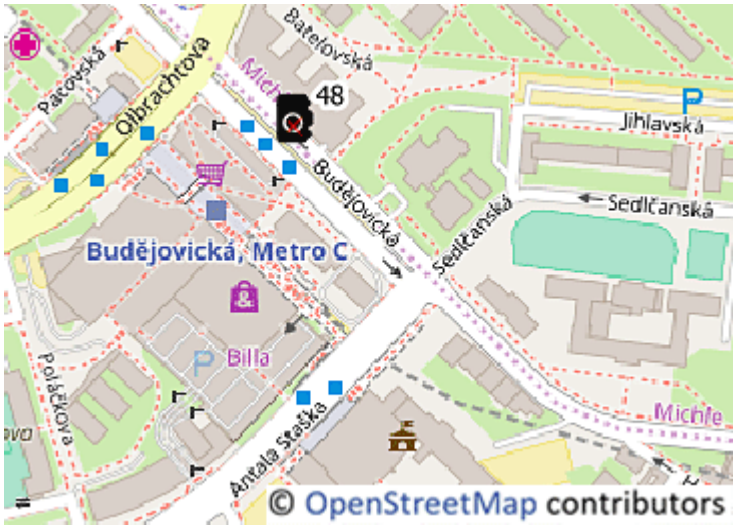
Foto:



Obr. 45: Olamování okrajů betonových dlažebních desek

Místo:

Budějovická – Praha



Lokalizace poruchy 48

Popis poruchy:

Rozhraní jízdního pruhu a parkovacího pruhu je tvořeno betonovými dlažebními deskami, jejich okraje se vlivem provozu olamují a odlomené části jsou postupně odnášeny.

Zařazení dle TP 82:

Tato porucha není součástí katalogu poruch TP 82.

Možné příčiny vzniku:

Podepření betonových dlažebních desek není plošné, což vede ke zvýšenému ohybovému namáhání, jehož důsledkem je právě olamování okrajů. Vzhledem k vyšší frekvenci přejíždění tohoto rozhraní, než byla v předchozím listu poruch, dochází k odnosu odlomených částí dlažby.

Vhodná opatření:

Je vhodné poškozené desky vyjmout a nahradit je například dvěma řadami přídlažby z velkých dlažebních kostek z přírodního kamene.

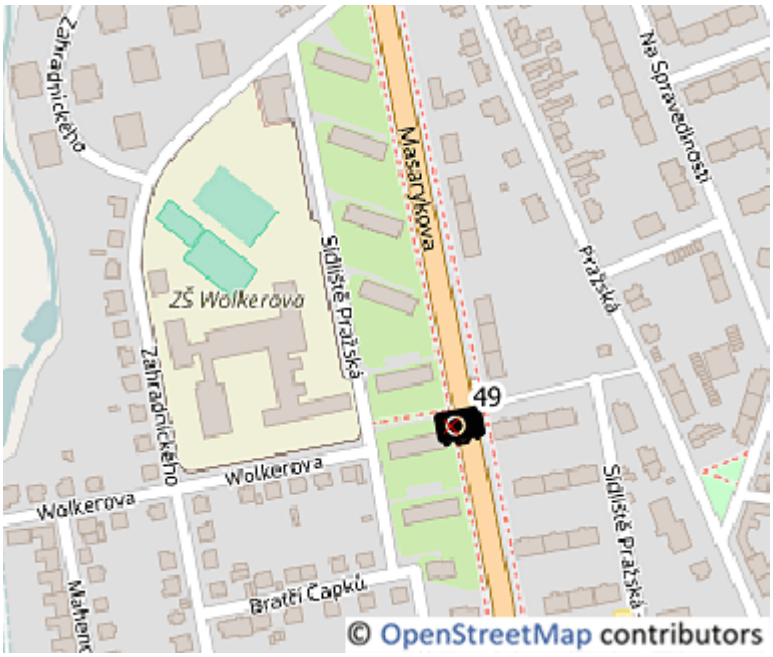
Porucha č.49 - Koroze betonové dlažby

Foto:

Obr. 46: Koroze betonové dlažby

Místo:

Masarykova – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 49

Popis poruchy:

Na chodníku se přibližně u 1 % betonových dlažebních bloků vyskytují drobné rozvětvené praskliny šířky do 1 mm.

Zařazení dle TP 82:

V TP 82 se tato porucha nevyskytuje ani v textové části ani v katalogových listech.

Možné příčiny vzniku:

Drobné rozvětvené praskliny naznačují, že daný kus podléhá chemickým a fyzikálním vlivům. Tyto vlivy působí především v zimním období při používání chemických rozmrazovacích látek a při střídání kladných a záporných teplot. Toto působení způsobuje korozi betonu dlažebních bloků. Definice koroze betonu dle webu e-beton.cz zní: „*Koroze betonu je poškození, rozrušení a znehodnocení betonových konstrukcí působením chemických a fyzikálních vlivů a vnějším prostředím*.“ [17]

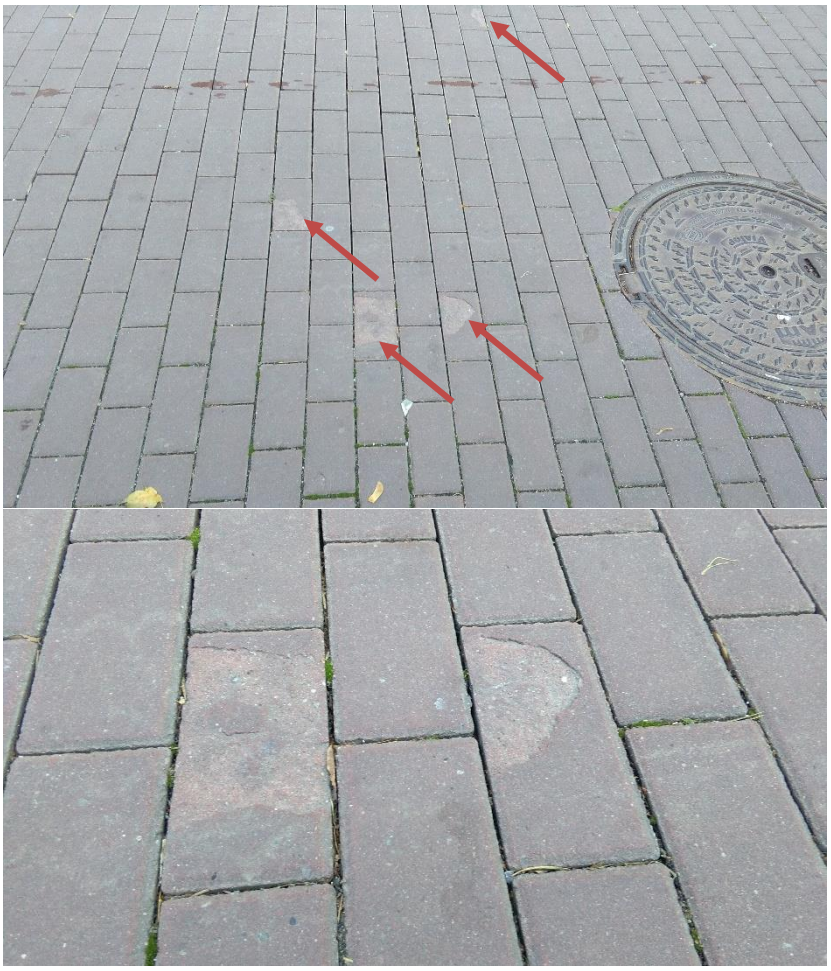
Další možnou příčinou je nekvalitní várka betonu použitého pro výrobu dlažby.

Vhodná opatření:

Je vhodné vyměnit poškozené bloky, než dojde k jejich další korozi a rozdrolení.

Porucha č.50 - Poškození pojížděné plochy betonové dlažby

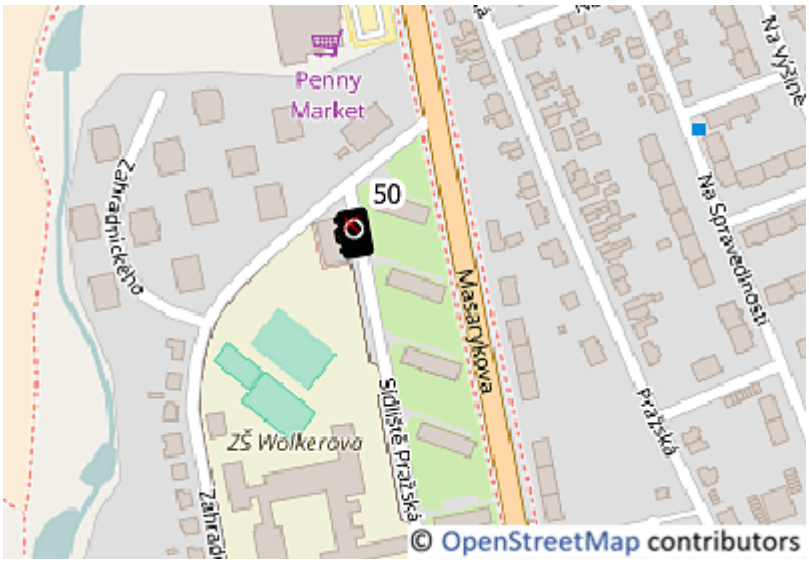
Foto:



Obr. 47: Poškození pojížděné plochy betonové dlažby

Místo:

Sídliště Pražská – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 50

Popis poruchy:

Na několika betonových dlažebních blocích na zvýšené dopravní pojížděné ploše došlo k odloučení povrchové vrstvy betonu. Na prvním snímku jsou patrné úkapy provozních kapalin vozidel.

Zařazení dle TP 82:

TP 82 se tímto typem poruch nezabývá.

Možné příčiny vzniku:

Tato porucha mohla vzniknout nekvalitní várkou betonové směsi použité pro výrobu dlažebních bloků.

Na betonové dlažební bloky působí chemické a fyzikální procesy, které mohly způsobit narušení jejich povrchu. Následným působením provozu došlo k odnosu poškozených vrstev.

Vhodná opatření:

Je vhodné poškozené betonové dlažební bloky vyměnit před jejich dalším poškozením a zhoršením provozního stavu vozovky.

4.3 Deformace povrchu vozovky

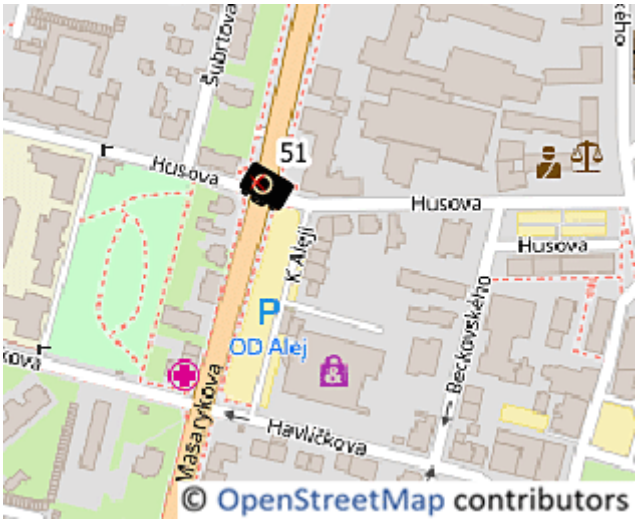
Porucha č.51 - Příčný pokles

Foto:

Obr. 48: Příčný pokles

Místo:

Masarykova - Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 51

Popis poruchy:

Na dlážděném chodníku jsou v délce přibližně 200 m patrné příčné trvalé deformace ve tvaru vyjetých kolejí. Nejvýraznější jsou v blízkosti podchodu, kde dochází ke kanalizaci provozu vozidel údržby a dosahují příčné deformace pod dvoumetrovou latí až 45 mm.

Zařazení dle TP 82:

Této poruše nejvíce odpovídá Katalogový list 21 – *Vyjeté koleje*. Tento list ovšem popisuje podélnou deformaci způsobenou vytlačováním asfaltové směsi provozem mimo jízdní stopu. Toto nemůže být příčina vzniku podélné deformace na dlážděném krytu, proto této poruše neodpovídá žádný katalogový list.

Možné příčiny vzniku:

Za poruchu může být odpovědná špatná projektová dokumentace. Zadavatel projektanta nemusel informovat o pohybu vozidel Technických služeb, nebo projektant tuto informaci podcenil. V tomto případě by poruchu způsobilo nadměrné zatížení dopravou.

Na vině může být také nedostatečná únosnost podloží, špatné provedení konstrukčních vrstev, nebo další technologická nekázeň při provádění chodníku.

Vhodná opatření:

Rozebrat dlažbu a zajistit dostatečnou únosnost zemní pláně a konstrukčních vrstev. Následně vozovku znovu vydláždit.

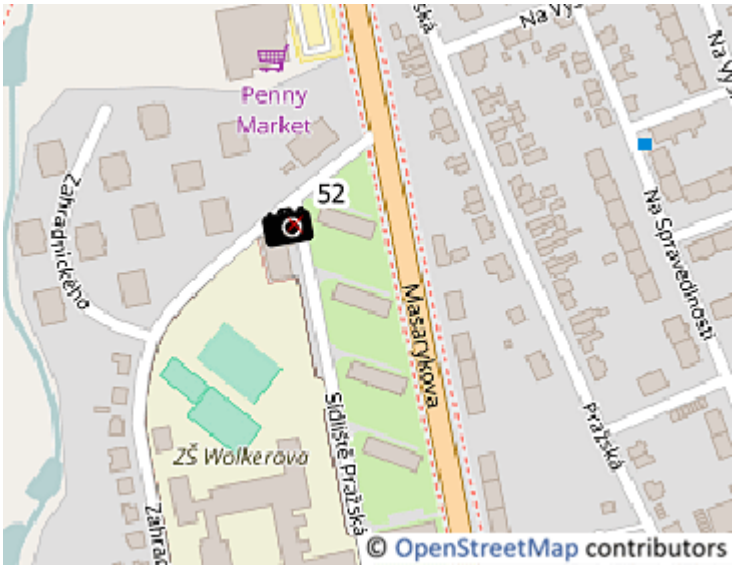
Porucha č.52 - Místní pokles

Foto:

Obr. 49: Místní pokles

Místo:

Sídliště Pražská – Havlíčkův Brod



Lokalizace poruchy 52

Popis poruchy:

Místní pokles chodníku z betonových dlažebních bloků, který je doprovázen poškozením jednotlivých prvků. Pokles dosahuje příčné deformace cca 50 mm. Poškozené bloky jsou zlomené, případně mají olámané okraje. Ve středu poklesu je patrný prostup ložní vrstvy na povrch.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 24 – Místní pokles

Současný katalogový list neobsahuje příklad s dlážděnou vozovkou, ale tato porucha by se k němu dala přiřadit.

Možné příčiny vzniku:

Porucha mohla vzniknout v důsledku lokálně snížené únosnosti konstrukčních vrstev a zemní pláně. V tomto místě je vadný okapový žlab, což způsobuje soustředné dopadání dešťové vody na povrch chodníku. Tato voda mohla postupem času oslabovat ložnou a podkladní vrstvu. Důsledek tohoto oslabení je místní pokles.

Vhodná opatření:

Před samotnou opravou chodníku je nutné opravit okapový žlab. Chodník bude následně rozebrán v poškozeném místě a konstrukční vrstvy budou uvedeny do požadovaného tvaru a únosnosti. Při dláždění budou poškozené bloky nahrazeny novými.

Porucha č.53 - Vodorovný posun dlažebních bloků

Foto:

Obr. 50: Vodorovný posun dlažebních bloků

Místo:

Sídliště Pražská – Havlíčkův Brod

Lokalizace poruchy 53 – viz Lokalizace poruchy 45

Popis poruchy:

Na sjezdu z místní komunikace, který je vybudovaný na zvýšené dlážděné ploše došlo k trvalému posunu dlažby ve vodorovném směru.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list odpovídající této poruše není součástí TP 82.

Možné příčiny vzniku:

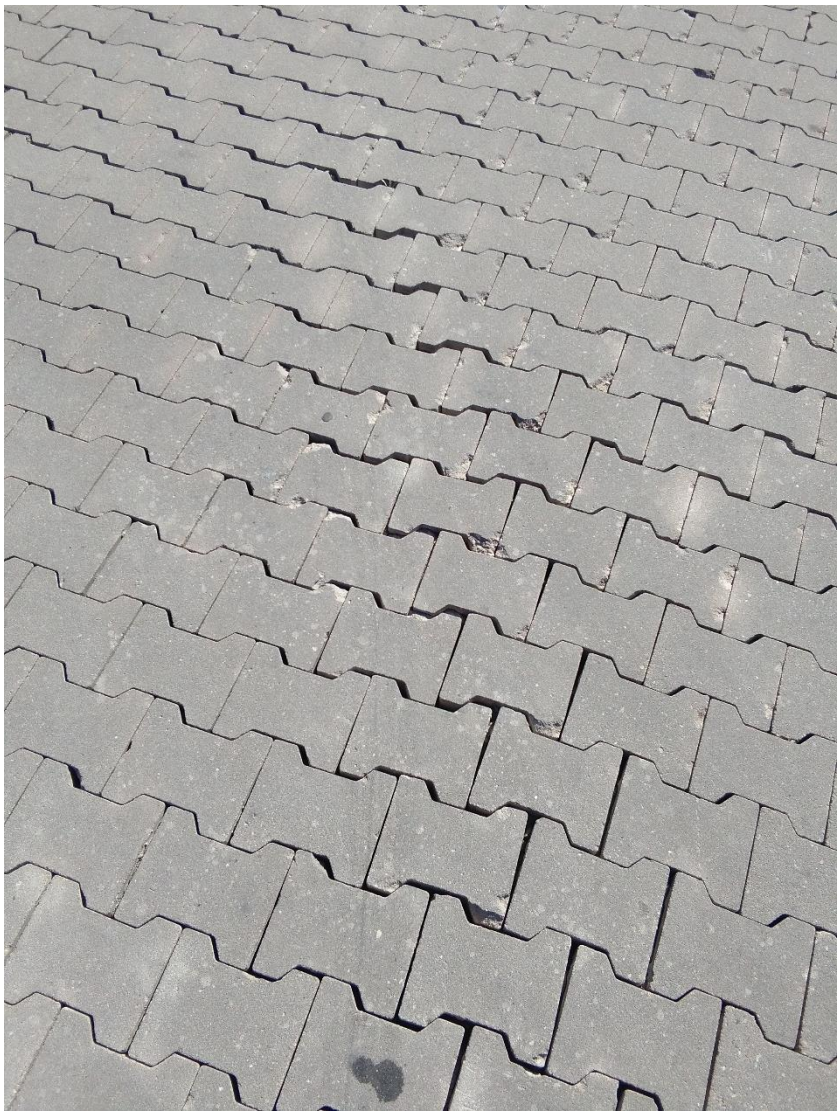
Ke vzniku vodorovného posunu dlažby nejčastěji dochází v důsledku působení vodorovných sil. V tomto případě mají vozidla při sjíždění i vyjíždění shodnou stopu a akcelerační a decelerační účinky sil působících proti podélnému sklonu sjezdu se sčítají. Dalším nedostatkem, který způsobuje tento typ poruchy je nedostatečné zajištění opory pro dlažební bloky například obrubou v úrovni vozovky.

Vhodná opatření:

Jelikož tato porucha nevykazuje žádné doprovodné jevy, jako je olamování rohů dlažebních bloků nebo nadměrné rozšíření spár, nemá porucha zásadní vliv na provozuschopnost vozovky a je vhodné do ní nezasahovat.

Porucha č.54 - Vodorovný posun zámkové betonové dlažby s poškozením hran

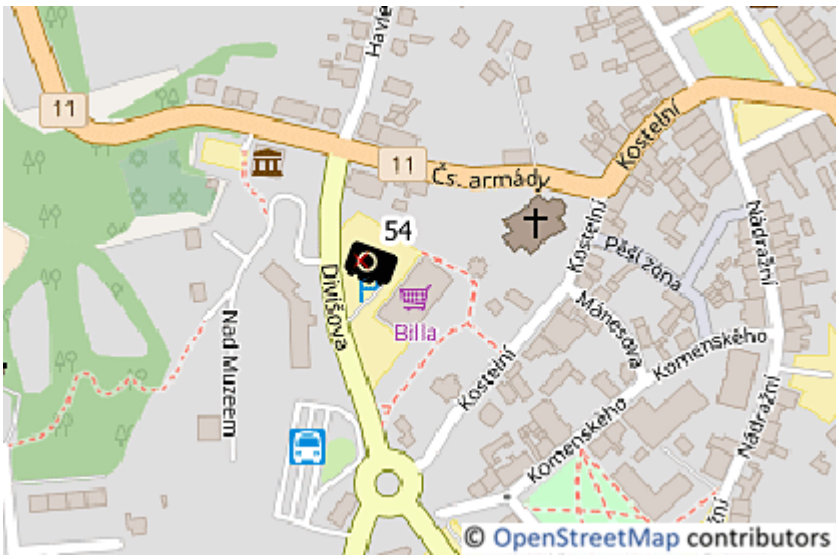
Foto:



Obr. 51:Vodorovný posun zámkové betonové dlažby s poškozením hran

Místo:

Parkoviště Billa – Žamberk



Lokalizace poruchy 54

Popis poruchy:

Na parkovišti u supermarketu Billa se bloky zámkové dlažby posunuly ve vodorovném směru, čímž došlo k nadměrnému zvětšení spár a porušení vazby. Na blocích jsou olámané rohy.

Zařazení dle TP 82:

Žádný katalogový list neodpovídá této poruše.

Možné příčiny vzniku:

Působením vodorovných sil na plochu parkoviště došlo k vodorovnému posunu dlažebních bloků. Tomuto posunu by mělo být zamezeno rozčleněním velké dlážděné plochy na menší úseky ohraničené obrubníkem v úrovni vozovky, což na této dopravní ploše nebylo provedeno. K olámání rohů došlo v důsledku nestandardního zatížení působícího na dlažební bloky.

Vhodná opatření:

Je vhodné rozebrat posunutou dlažbu a dopravní plochu řádně rozčlenit obrubníky, které budou zachytávat vodorovné síly. Po rozebrání dlažby je vhodné ověřit vlastnosti ložní vrstvy. Po zřízení obrubníků se znovu položí dlažební bloky a poškozené se nahradí novými.

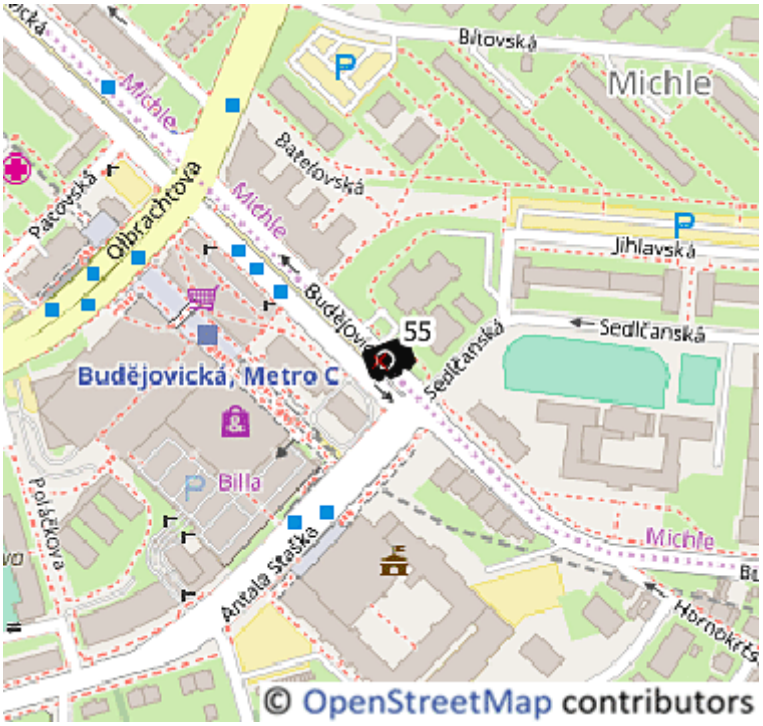
Porucha č.55 - Plošná deformace povrchu

Foto:

Obr. 52: Plošná deformace povrchu

Místo:

Budějovická – Praha



Lokalizace poruchy 55

Popis poruchy:

Na chodníku z betonových dlažebních bloků se střídavě vyskytují místní hrboly a místní poklesy. Výsledkem tohoto střídání je plošně deformovaná plocha chodníku.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 26 – Plošná deformace vozovky

Možné příčiny vzniku:

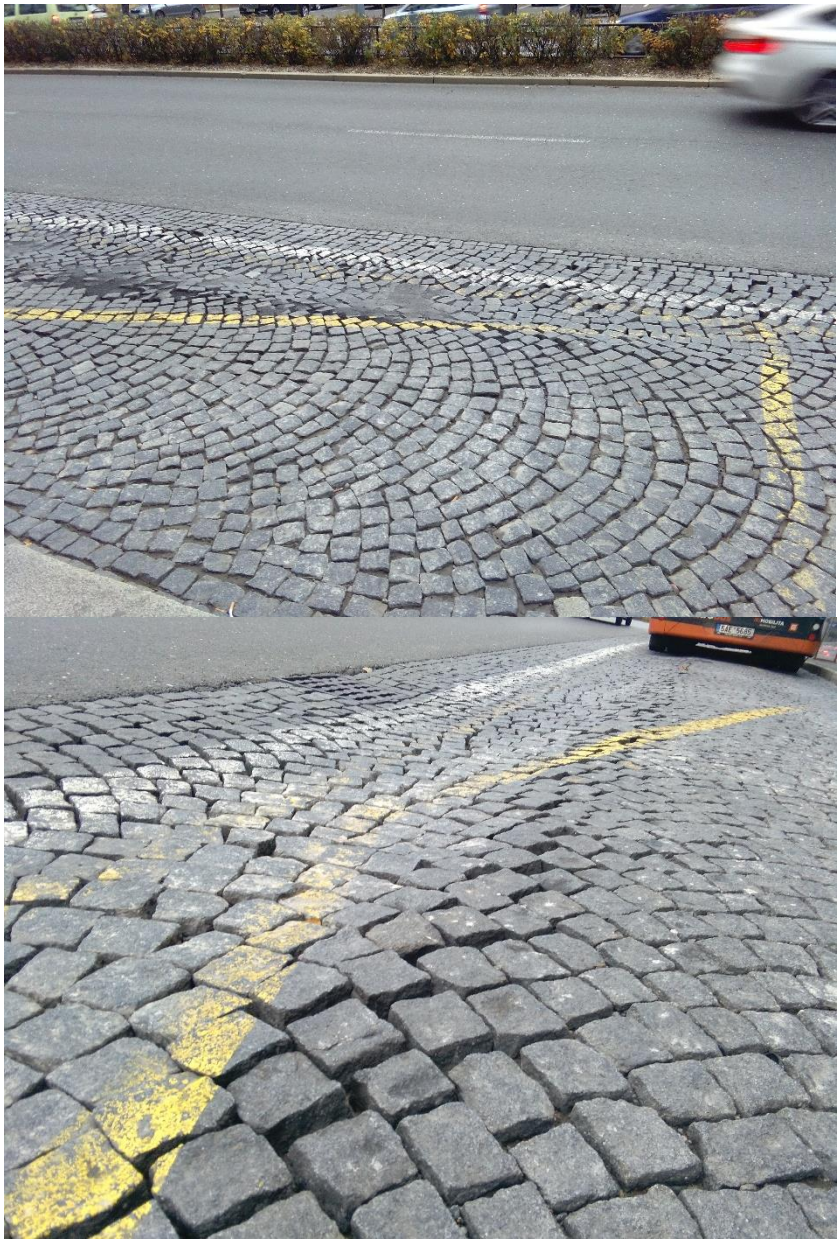
Tato porucha je způsobena nedostatečnou únosností konstrukčních vrstev. Nedostatečná únosnost může být způsobena nedostatečným zhutněním zemní pláně nebo nestmelených konstrukčních vrstev, nevhodnými materiály nebo špatným odvodněním konstrukce vozovky. Dalším negativním faktorem působícím na chodník může být provoz motorizované dopravy.

Vhodná opatření:

Je nutné zajistit požadované vlastnosti konstrukčních vrstev včetně podloží a zamezit vjezdu vozidel na chodník.

Porucha č.56 - Plošná deformace povrchu

Foto:



Obr. 53: Plošná deformace povrchu

Místo:

Vyskočilova – Praha

Lokalizace poruchy 56

Popis poruchy:

Na dlážděné autobusové zastávce došlo ke kombinaci trvalé příčné a podélné deformace, která vedla na plošnou deformaci celé zastávky. Vlivem deformací došlo k uvolnění dílů a porušení vazby. Dále ložní vrstva vystoupila na povrch, což je popsané v samostatném listu poruchy.

Zařazení dle TP 82:

Katalogový list 26 – Plošná deformace vozovky

Možné příčiny vzniku:

Možnou příčinou vniku těchto poruch je špatný návrh konstrukce vozovky a jejího odvodnění. Dále se může jednat o nedodržení technologické kázně při pokládání jednotlivých konstrukčních vrstev nebo nedostatečně únosnou zemní pláň.

Na zastávce působí velké vodorovné síly při brždění a rozjíždění autobusů. Doprava je zde kanalizovaná a na vozovku působí i značné statické zatížení při stání autobusů.

Vhodná opatření:

Pro určení vhodného opatření by bylo třeba zjistit, zda je konstrukce vozovky řádně odvodněna, případně její odvodnění zajistit a znovu položit celé konstrukční souvrství.

4.4 Jiná porucha

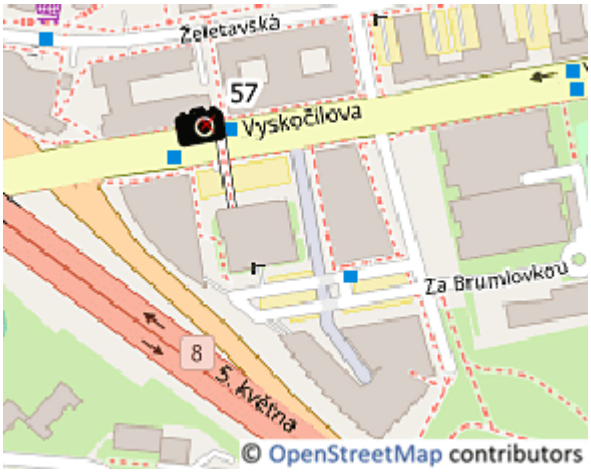
Porucha č.57 - Vystoupení ložní vrstvy na povrch

Foto:

Obr. 54: Vystoupení ložní vrstvy na povrch

Místo:

Vyskočilova – Praha



Lokalizace poruchy 57

Popis poruchy:

V místě poklesu dlážděné vozovky autobusové zastávky došlo k vystoupení ložní vrstvy na povrch.

Zařazení dle TP 82:

Porucha na dlážděné vozovce má podobnou vlastnost, jako prolomení asfaltové vozovky, kterou je projevení spodních konstrukčních vrstev na povrchu.

Katalogový list 27 – Prolomení vozovky

Možné příčiny vzniku:

Hlavní příčinou průniku ložní vrstvy na povrch je deformace povrchu vozovky. Dlažební kostky jsou do ložní vrstvy zatlačené a ta vystoupí spárami na povrch. Příčiny deformace vozovky jsou popsány v listu poruchy: Porucha č.56 - *Plošná deformace povrchu*.

Vhodná opatření:

Vhodným opatřením je rozebrat dlažbu a zajistit požadovaný tvar a vlastnosti konstrukčních vrstev včetně podloží. Následně se dlažba znovu položí a provede se vyplnění spár.

Porucha č.58 - Vegetace

Foto:

Obr. 55: Vegetace

Místo:

Sokolská – Praha

Lokalizace poruchy 58 – viz Lokalizace poruchy 47

Popis poruchy:

Náletová vegetace prorůstá spárami dlážděné konstrukce na rozhraní stání pro zásobování a chodníku.

Zařazení dle TP 82:

Odpovídající katalogový list v TP 82 není.

Možné příčiny vzniku:

Náletová vegetace ukazuje na přítomnost organických látek ve spárách a možná i v ložní vrstvě, což může ovlivnit namrzavost. Při zmrazování a rozmrazování následně může dojít k uvolnění dlažebních prvků. Porucha vznikla nedostatečnou údržbou.

Vhodná opatření:

Při pravidelné údržbě používat herbicidy. V případě uvolnění některého dlažebního prvku postupovat podle listů v kapitole 4.1 *Uvolnění dlažebního prvku*.

5 Rozbor vlivu vodorovných sil na vznik poruch

Na vozovky mají vodorovné síly obecně negativní vliv. Tento vliv se nejvíce projevuje na povrchu obrusné vrstvy, přes který dochází k přímému přenosu vodorovné síly z pneumatiky na vozovku. Poruchy způsobené vodorovnými silami se nejčastěji vyskytují na vozovkách s asfaltovými vrstvami a na dlážděných vozovkách. V této kapitole jsem rozebral vliv vodorovných sil na vozovky z hutněných asfaltových směsí.

Vodorovné síly jsem rozdělil na dva základní typy podle směru jejich působení. Prvním typem jsou síly působící ve směru pohybu vozidla, což jsou akcelerační síla, decelerační síla a složka tíhy vozidla vyvolaná podélným sklonem komunikace. Druhým typem jsou síly působící kolmo ke směru jízdy vozidla. K těmto silám patří odstředivá síla při průjezdu vozidla směrovým obloukem a složka tíhy vozidla vyvolaná příčným sklonem.

K porovnání životnosti vozovky zatížené pouze svislým zatížením a kombinací svislého a vodorovného zatížení jsem využil program LayMED-TP170_CSN_EN.

V prvním kroku jsem vytvořil modelový příklad pro porovnání. Vycházel jsem z návrhové nápravy se zatížením 100 kN [10]. K tomuto ztížení jsem přidal vodorovný účinek o hodnotě 60 kN (0,6 * 100 kN) ve směru pohybu vozidla, otočený o 45° a o 90°. Vodorovný účinek odpovídá přibližně zpomalení vozidla 6 m/s^2. Pro tyto tři případy jsem provedl posouzení vozovky s následující konstrukcí:

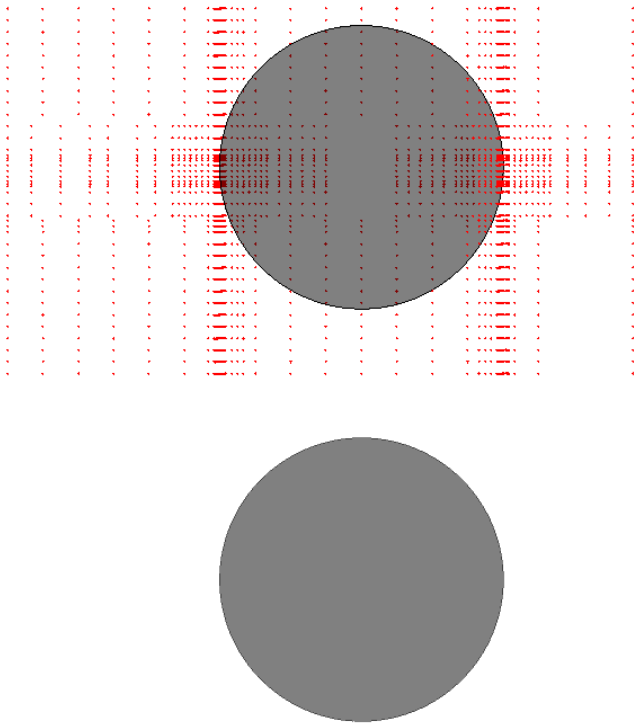
- SMA 11 S 40 mm
- ACL 16 S 70 mm
- ACP 22 S 90 mm
- MZK 200 mm
- $ŠD_A$ 150 mm

Další parametry posouzení jsou:

- návrhová úroveň porušení D0,
- podloží PII,
- počet TNV za 24 hodin 2400,
- délka návrhového období 25 let,
- C1 0,45,
- C2 1,00,
- C3 0,70,
- C4 1,00 při zatížení vodorovnými silami a 2,00 bez vlivu vodorovných sil,
- meziroční nárůst dopravy 3 %.

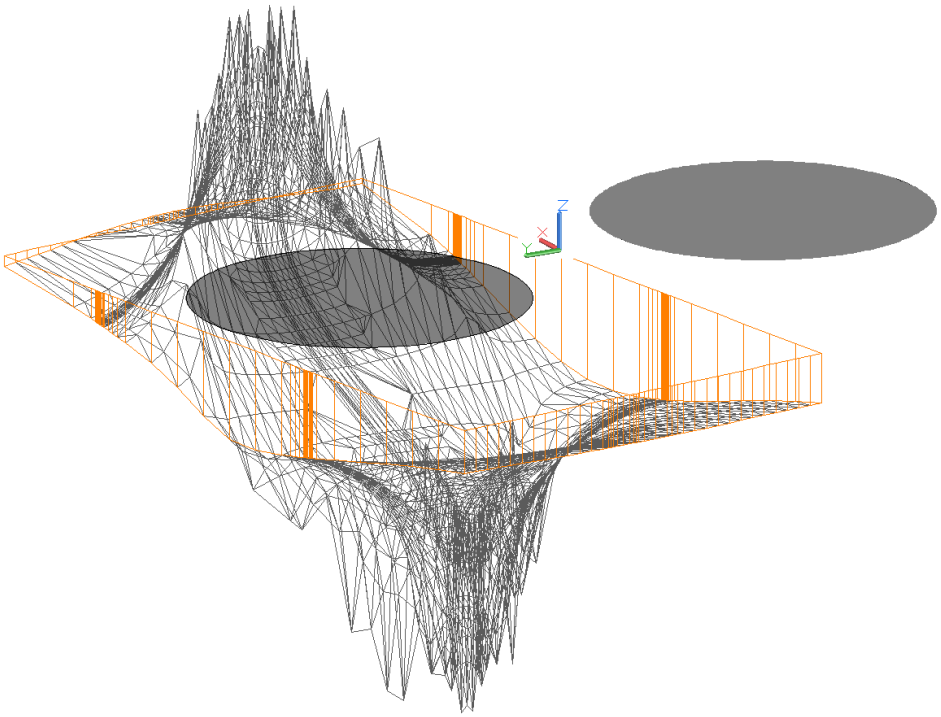
Zatížení ve směru jízdy

Pro posouzení prvního vodorovného zatížení ve směru pohybu vozidel jsem zvolil následující síť 2190 výpočetních bodů. Síť je zahuštěná u obvodu zatěžovací plochy ve směru působení vodorovného zatížení, kde se nachází největší poměrné deformace povrchu obrusné vrstvy.



Obr. 56: Výpočetní body ve směru jízdy

Z bodů jsem vytvořil 3D těleso, které zobrazuje poměrné přetvoření povrchu obrusné vrstvy ve směru osy x. Z tvaru tělesa je zřejmé, že v okrajích zatěžovací plochy ve směru působení vodorovné síly vznikají velké deformace na relativně malé ploše. Tyto vrcholy způsobují, že celkové poměrné porušení takto zatížené vozovky vychází D_{cd} = 31,72 v obrusné vrstvě. Celkové poměrné porušení podkladní asfaltové vrstvy je D_{cd} = 0,823, při zatížení pouze svislými silami s volbou C4 = 2,0.

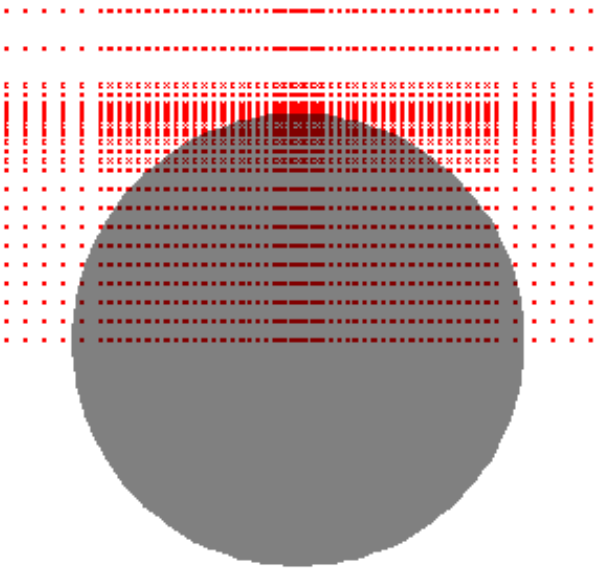


Obr. 57: Zatížení ve směru x - ε_x

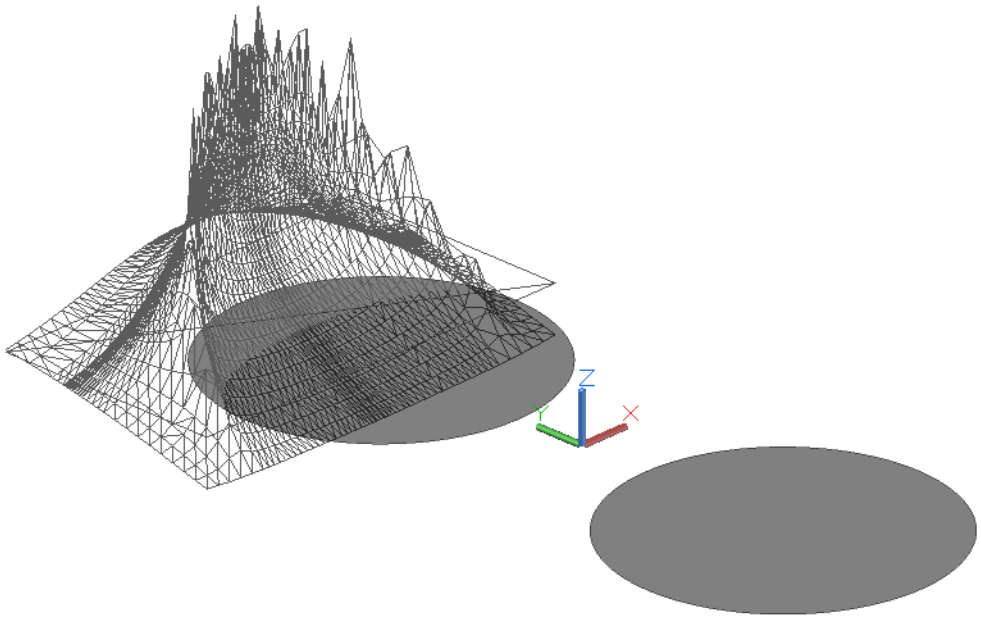
Vzhledem k tomu, že program LayMED určil místa s největším celkovým poměrným porušením vozovky v tažené oblasti, jsem se rozhodl pro posouzení dalších natočení vodorovné síly použít výpočetní body v blízkosti předpokládaného taženého extrému.

Zatížení kolmo na směr jízdy

Pro vytvoření 3D modelu poměrného přetvoření ve směru y jsem použil 1802 bodů.



Obr. 58: Výpočetní body - zatížení kolmo na směr jízdy

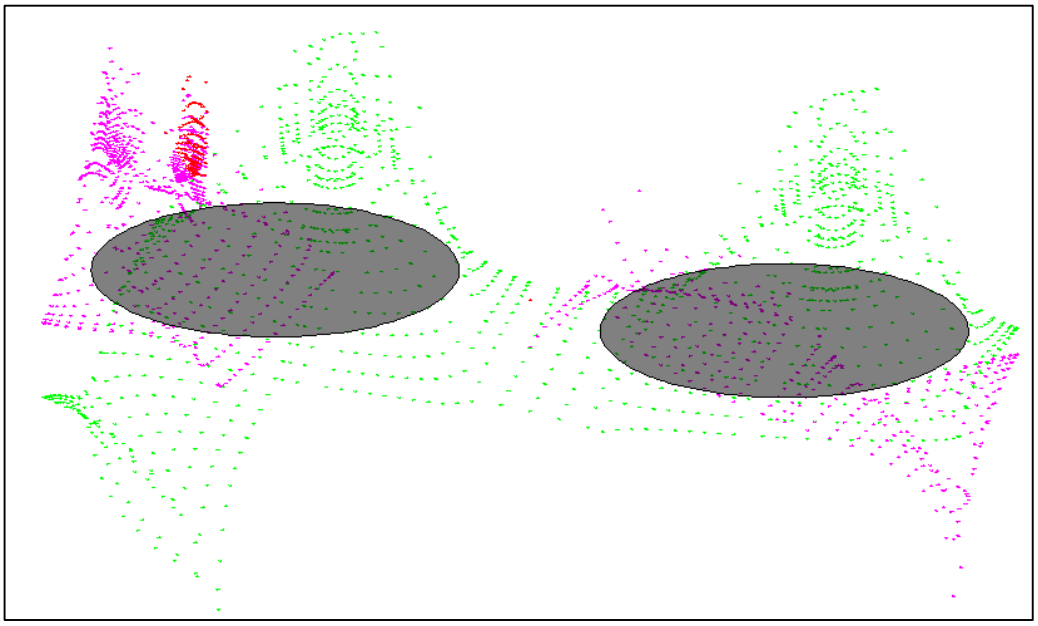


Obr. 59: zatížení ve směru y - ε_y

Při zatížení ve směru osy y došlo opět k výraznému překročení požadované hodnoty 0,85 celkového poměrného porušení. V tomto případě vyšlo D_{cd} = 55,63.

Zatížení pod úhlem 45°

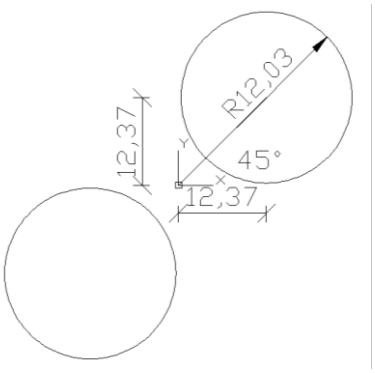
Při vodorovném zatížení s úhlem 45° došlo k výraznému snížení poměrných deformací ve směru x a y. I při vektorovém součtu kladných poměrných deformací ve směru x a y nedosahovaly v místě předpokládaného maxima ani poloviny deformací v předchozích případech. Vynesené body jsou zobrazené na následujícím obrázku.



Obr. 60: Body přetvoření od zatížení pod úhlem 45°

Zelené body zobrazují relativní přetvoření ve směru x (ε_x), růžové body jsou relativní přetvoření ve směru y (ε_y) a červené body jsou kombinace ε_x a ε_y v místě předpokládaného extrému. Největší celkové poměrné porušení vozovky pro tento typ zatížení je D_{cd} = 7,9 pro ε_y.

Toto nevhodné chování výpočtového modelu jsem se pokusil eliminovat otočením návrhové nápravy tak, aby vodorovná síla působila ve směru osy x. Schémata náprav jsem v celé práci kótoval v cm. Otočení nápravy mělo pozitivní vliv na podobnost výsledků. Celkové poměrné porušení vozovky vyšlo D_{cd} = 53,77.



Obr. 61: Půdorys otočených otisků kol o 45°

Omezení lokálních extrémů

Vliv lokálních extrémů jsem se pokusil omezit zprůměrováním. K získání průměrné hodnoty poměrné deformace jsem přistoupil dvěma metodami.

Prvním způsobem bylo vytvoření tělesa z výpočetních bodů, kterým jsem přiřadil výšku odpovídající jejich dominantnímu přetvoření. Následně jsem pomocí programu Civil 3D 2014 změřil „objem“ nad nulovou rovinou. Tento „objem“ jsem vydělil plochou vrstevnice s nulovou výškou a získal tím průměrné poměrné přetvoření na celé tažené ploše. Tento postup jsem zopakoval pro tři případy natočení vodorovné síly, abych získal přepočtový koeficient, který bych aplikoval na extrémy získané posouzením reálných případů vozovek. V následující tabulce je přehled výsledků této metody.

Tab. 2: Výsledky první metody k získání průměru

úhel vodorovného zatížení	extrém	$D_{cd,extr}$	plocha	objem	průměr	$D_{cd,prum}$	poměr
[°]	[mikrostrain]		[cm^2]	[cm^2*mikrostrain]	[mikrostrain]		
bez zatížení	-	0.823	-	-	-		-
0	181.1	31.72	124	5138	41.44	0.020	0.23
45	201.3	53.77	292	10457	35.81	0.010	0.18
90	202.6	55.63	283	10730	37.92	0.013	0.19
průměr							**0.20**

Z posledního sloupce tabulky je zřejmé, že úvaha o využití přepočtového koeficientu na libovolně natočené vodorovné zatížení by mohla být platná vzhledem k malým rozdílům poměrů průměrných a extrémních poměrných přetvoření. Nicméně hodnoty celkového poměrného porušení vozovky po použití průměrné hodnoty relativního přetvoření jsou velmi malé. Hlavním důvodem je příliš velká plocha, která byla ve výpočtu použita.

Abych potvrdil možnost použít jeden koeficient upravující nalezený extrém, spočítal jsem průměrnou hodnotu relativního přetvoření nad kruhem s průměrem 1 cm, se středem v místě s největší deformací. Výsledky zobrazuje následující tabulka.

Tab. 3: Výsledky první metody se zmenšenou plochou

úhel vodorovného zatížení	extrém	$D_{cd,extr}$	plocha	objem	průměr	$D_{cd,prum}$	poměr
[°]	[mikrostrain]		[cm^2]	[cm^2*mikrostrain]	[mikrostrain]		
bez zatížení	-	0.823	-	-	-		-
0	181.1	31.72	0.785	82.8	105.42	2.120	0.58
45	201.3	53.77	0.785	99.4	126.56	5.287	0.63
90	202.6	55.63	0.785	105.8	134.71	7.223	0.66
průměr							**0.63**

Stejně jako při počítání průměrné hodnoty pro celou taženou plochu vidíme, že se poměr extrémní a průměrné deformace liší málo. Z tohoto důvodu si myslím, že je možné extrémní deformaci vynásobit vhodně zvoleným koeficientem. Ten by měl být nižší než zde vypočtených 0,63 a vyšší než 0,43, což je hodnota, při které se celkové poměrné porušení vozovky dostane pod hranici určenou posouzením bez vlivu vodorovných sil se zvýšením C4 na hodnotu 2,0. Snížení hodnoty koeficientu je možné i s ohledem na poměrně velkou vodorovnou sílu, která pravděpodobně nebude vozovku zatěžovat při každém přejezdu TNV.

Druhý způsob průměrování extrémních hodnot mi poskytl Ing. Bohuslav Novotný, DrSc., který vytvořil program, který z výsledků programu LayMED-TP170_CSN_EN spočítá upravené celkové poměrné porušení vozovky. Program určí extrémní kladné poměrné deformace (ε_x, ε_y nebo ε_z) ze souboru SOUHRN_VYSLEDKU.txt příslušného posouzení se zvolenou výpočetní sítí. Síť musí být dostatečně hustá a v místě předpokládaného extrému. Dále program vypočítá průměr všech kladných hodnot deformací v kritickém směru a průměr několika intervalů v blízkosti kritického bodu. Velikost intervalů je definována poloměrem intervalu, což je počet bodů zahrnutých do výpočtu ve všech směrech od kritického bodu (poloměr intervalu 2 znamená zprůměrování hodnot ze čtverce o straně tvořené pěti body).

V následujících tabulkách jsou výsledky průměrování pomocí druhé metody. Program jsem použil na výsledky posouzení hustých sítí v místech extrémů. Tyto sítě mají maximální rozestup bodů 0,5 cm ve směru X a 1,0 cm ve směru Y se zahuštěním ve středu intervalu. Tabulky obsahují sloupec s poměrem maximální poměrné deformace a zprůměrovaných poměrných deformací.

Tab. 4: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 0°

Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 0°				
Poloměr intervalu	**počet bodů**	**průměr epsilon**	**$D_{cd,prum}$**	**poměr**
		[mikrostrain]		
0	1	181.10	31.72	1.00
1	9	136.49	7.71	0.75
2	25	121.73	4.35	0.67
3	49	112.81	2.98	0.62
všechny hodnoty	225	80.02	0.53	0.44

Tab. 5: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 45°

Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 45°				
Poloměr intervalu	**počet bodů**	**průměr epsilon**	**$D_{cd,prum}$**	**poměr**
		[mikrostrain]		
0	1	201.26	53.77	1.00
1	9	156.23	15.16	0.78
2	25	141.12	9.11	0.70
3	49	128.49	5.70	0.64
všechny hodnoty	225	98.00	1.47	0.49

Tab. 6: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 90°

Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 90°				
Poloměr intervalu	**počet bodů**	**průměr epsilon**	**$D_{cd,prum}$**	**poměr**
		[mikrostrain]		
0	1	202.64	55.63	1.00
1	9	153.93	14.07	0.76
2	25	137.29	7.94	0.68
3	49	126.74	5.32	0.63
všechny hodnoty	225	100.52	1.67	0.50

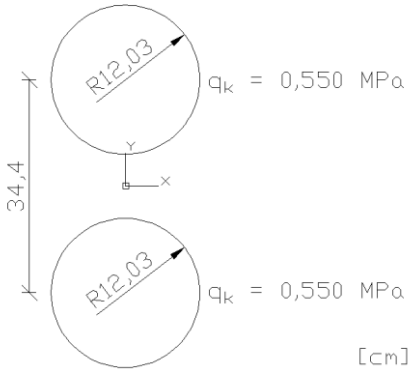
Z těchto tří tabulek vyplývá, že poměry jsou opět podobné pro každou velikost intervalu. Tato podobnost je daná zejména podobnou výpočetní sítí. Je tedy patrné, že síť výpočetních bodů je zásadní faktor při posouzení vozovky na účinky vodorovných sil.

Při porovnání poměrů z první metody se zmenšenou plochou a druhé metody vychází, že nejblíže jsou si výsledky s poloměrem intervalu 3 body. Vzhledem k náročnosti první metody je lepší používat metodu druhou s uvažováním poloměru intervalu 3 body,

nebo určit konstantní hodnotu snižující kritickou poměrnou deformaci, jak jsem popisoval v závěru první metody.

Výpočet velikostí vodorovných sil a jejich dalších účinků

Při pohybu vozidla dochází ke vzniku mnoha sil působících na vozovku a postihnout skutečné účinky a velikosti všech těchto sil je nereálný úkol. Důvodem je, že každé vozidlo má jinou hmotnost a její rozložení na jednotlivé nápravy, jinou výšku těžiště, jiný rozchod kol a mnoho dalších vlastností. S ohledem na tento fakt jsem se rozhodl jako základní model pro další práci využít návrhovou nápravu se zatížením 100 kN definovanou v TP 170 [10].

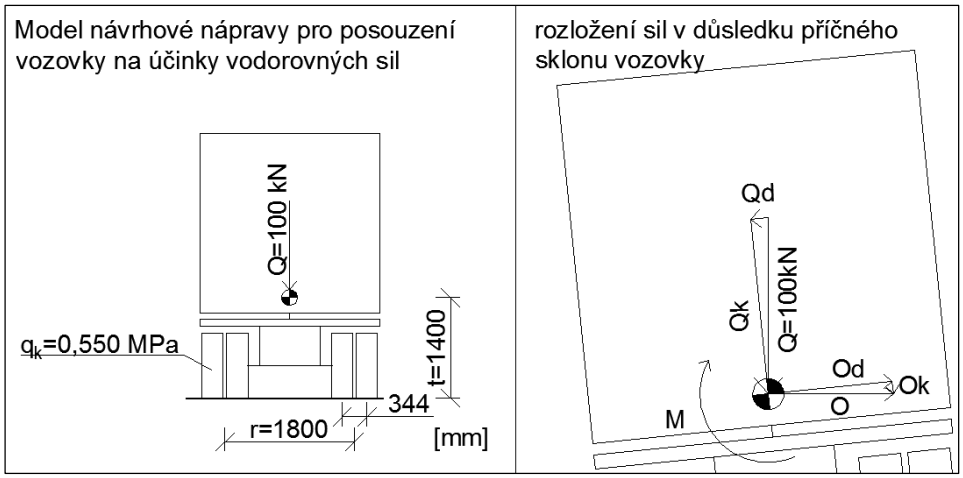


Obr. 62: Otisky kol návrhové nápravy dle TP 170

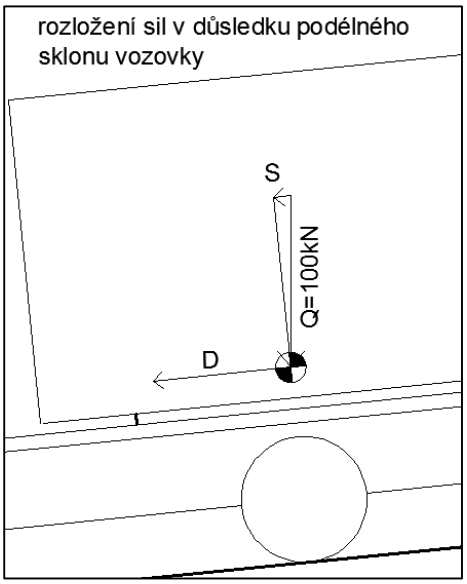
Nejvýraznější složku výsledné vodorovné síly tvoří síly způsobené změnou rychlosti vozidla. Velikost zrychlení jsem určoval s ohledem na místní podmínky. Druhou složkou vodorovné síly působící ve směru jízdy vozidla je složka gravitační síly vyvolaná podélným sklonem. Kola vozidla musí tuto sílu přenášet do vozovky i v případě pohybu rovnoměrnou rychlostí, jinak by došlo k jeho zrychlování, nebo zpomalování v závislosti na směru pohybu vozidla.

Další méně výrazná složka vodorovné síly je síla odstředivá, která se projevuje při pohybu vozidla ve směrovém oblouku. Tato síla reaguje na změnu směru vozidla a vrací ho na přímou dráhu. Poslední složkou výsledné vodorovné síly, kterou budu v následujících posouzeních uvažovat, je složka gravitační síly vyvozená příčným sklonem.

Odstředivá síla působí v těžišti vozidla, čímž kolem něj vzniká moment. Tento moment má za následek, že vnější dvoukolí je přitížené a vnitřní odlehčené ve svislém směru. Na velikost přitížení má vliv stavba podvozku a výška těžiště. V následujících posouzeních jsem zahrnul celý vliv momentu bez ovlivnění podvozkem, abych získal představu o jeho působení. Polohu těžiště jsem odhadl podle běžné výšky točnice 1100 mm a přidal k ní 300 mm. Symboly jsou vysvětleny v kapitole *Seznam použitých zkratek a symbolů*.



Obr. 63: Příčné účinky na návrhovou nápravu



Obr. 64: Podélné účinky na návrhovou nápravu

Konstantní vstupní údaje pro výpočet zatížení:

t=	1,4	m
r=	1,8	m
g=	9,81	m/s^2
Q=	100	kN
q_k=	0,55	MPa
ZATR=	120,3	mm

Následují vztahy použité pro výpočet charakteristik vodorovného zatížení vozovky a dodatečného svislého zatížení vyvolaného momentem od odstředivé síly. Do vztahů se dosazují následující jednotky: síla v N, sklon v %, rychlost v m/s, zrychlení v m/s^2, délka v mm a tlak v MPa.

Rovnoběžná složka tíhy nápravy:

$$Q_d = Q * \sin\left(arctg\left(\frac{p}{100}\right)\right) \tag{5.1}$$

Kolmá složka tíhy nápravy:

$$Q_k = Q * \cos\left(arctg\left(\frac{p}{100}\right)\right) \tag{5.2}$$

Odstředivá síla:

$$O = \frac{Q * v^2}{g * R} \tag{5.3}$$

Rovnoběžná složka odstředivé síly:

$$O_d = O * \cos\left(arctg\left(\frac{p}{100}\right)\right) \tag{5.4}$$

Kolmá složka odstředivé síly:

$$O_k = O * sin\left(arctg\left(\frac{p}{100}\right)\right) \tag{5.5}$$

Rovnoběžná složka tíhy nápravy vyvolaná podélným sklonem:

$$S = Q * \sin\left(arctg\left(\frac{s}{100}\right)\right) \tag{5.6}$$

Brzdná síla:

$$D = \frac{Q * d}{g} \tag{5.7}$$

Výsledná příčná síla v rovině vozovky:

$$V = O_d - Q_d \tag{5.8}$$

Moment vyvolaný příčnými silami:

$$M = V * t \tag{5.9}$$

Výsledná svislá síla na vnější dvoukolí s vlivem momentu:

$$Q_{k1} = \frac{Q_k + O_k}{2} + \frac{2 * M}{r} \tag{5.10}$$

Výsledná svislá síla na vnitřní dvoukolí s vlivem momentu:

$$Q_{k2} = \frac{Q_k + O_k}{2} - \frac{2 * M}{r} \tag{5.11}$$

Výslednice vodorovných sil od jednoho dvoukolí:

$$C = \frac{\sqrt{\mathrm{V}^2 + (\mathrm{S} + \mathrm{D})^2}}{2} \tag{5.12}$$

Velikost úhlu mezi výslednicí a směrem jízdy:

$$\varphi = arctg\left(\frac{V}{S + D}\right) \tag{5.13}$$

Velikost vodorovného tlaku na kontaktní plochu dle TP 170:

$$ZAT_{QT} = \frac{C}{2 * \pi * ZATR^2} \tag{5.14}$$

Poloměr kontaktní plochy při přitížení od momentu:

$$ZATR_M = \sqrt{\frac{Q_{k1}}{2 * q_k * \pi}} \tag{5.15}$$

Velikost vodorovného tlaku na zvětšenou kontaktní plochu:

$$ZAT_{QTM} = \frac{C}{2 * \pi * ZATR_M^2} \tag{5.16}$$

Posouzení vlivu vodorovných sil v ulici Budějovická

K rozboru této ulice na vliv vodorovných sil mě přivedla Porucha č.27 - *Vyjeté koleje*. Jedná se o vytvoření trvalých příčných deformací, které se vyskytují na vozovce s poměrně velkým podélným sklonem v malém směrovém oblouku o poloměru přibližně 30 m.

Počet přejezdů TNV za 24 hodin jsem určil z jízdních řádů MHD, jelikož tato komunikace není sledována Technickou správou komunikací hlavního města Prahy. Počet vozů MHD jsem navýšil o 100 % s ohledem na poměr vozů MHD a pomalých vozidel na okolních sledovaných úsecích. Výsledný počet TNV za 24 hodin v jednom směru je 362.

Jelikož nebylo v mých silách udělat vývrt a zjistit, jaká je použita konstrukce vozovky, zvolil jsem vozovku z katalogových listů v TP 170 s návrhovou úrovní porušení D1, TDZ III a podložím P II.

Konstrukce vozovky:

- ACO 11 + 40 mm
- ACL 16 + 60 mm
- ACP 16 + 50 mm
- MZK 170 mm
- $ŠD_A$ 150 mm

Další parametry posouzení jsou:

- návrhová úroveň porušení D1,
- podloží PII,
- počet TNV za 24 hodin 362,
- délka návrhového období 25 let,
- C1 1,00,
- C2 1,00,
- C3 0,50,
- C4 1,00 při zatížení vodorovnými silami a 2,00 bez vodorovných sil,
- meziroční nárůst dopravy 2 %.

Pro výpočet zatížení vozovky jsem uvažoval následující hodnoty:

R= 30 m,
v= 25 km/h = 6,94 m/s,
d= -4 m/s^2,
p= 4,0 %,
s= -6,5 %.

Dosazením do vzorců 5.1 - 5.16 jsem získal hodnoty zatížení.

Q_d=	4,00	kN
Q_k=	99,92	kN
O=	16,39	kN
O_d=	16,37	kN
O_k=	0,65	kN
S=	-6,49	kN
D=	-40,77	kN
V=	12,38	kN
M=	17,33	kNm
Q_{k1}=	69,54	kN
Q_{k2}=	31,04	kN
C=	**24,43**	**kN**
φ=	**-14,67**	**°**
ZAT_{QT}=	**0,2687**	**MPa**
$ZATR_M$=	**141,86**	**mm**
ZAT_{QTM}=	**0,1932**	**MPa**

V dalším kroku jsem vozovku posoudil v programu LayMED-TP170_CSN_EN, kde jsem použil několik zatěžovacích schémat pro porovnání výsledků.

Schéma 1:

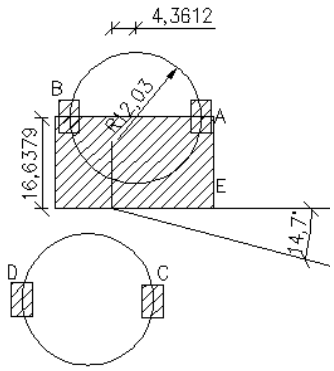
Návrhová náprava s tíhou 100 kN dle TP 170 se součinitelem C4=2,0.

Výpočetní síť je základní z programu LayMED pro tuto nápravu.

Schéma 2:

Návrhová náprava s tíhou 100 kN dle TP 170 se součinitelem C4=1,0 otočená o 14,67° a doplněná o vodorovné zatížení ZAT_{QT}=0,2687 MPa.

Výpočetní síť sestavená pro čtyři možné kritické účinky vodorovných sil a pro největší účinek na podloží.

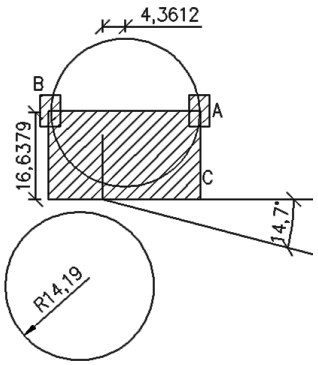


Obr. 65: Budějovická - Schéma 2

Schéma 3:

Návrhová náprava se zvětšeným poloměrem kontaktní plochy na ZATR=141,86 mm, součinitelem C4=1,0, otočená o 14,67° a doplněná o vodorovné zatížení ZAT_{QT}=0,1932 MPa.

Výpočetní síť je sestavená pro tři možné kritické účinky. V tažené oblasti zatěžovacího kruhu, v tlačené oblasti a v oblasti nejvíce namáhané svislým zatížením.



Obr. 66: Budějovická - Schéma 3

Při posouzení vozovky v ulici Budějovická nebylo nutné používat redukované poměrné deformace. S ohledem na nízký počet přejezdů TNV nebylo poškození obrusné vrstvy v návrhovém období rozhodující. Výsledné celkové poměrné porušení vozovky všech zatěžovacích stavů je vypsané v následující tabulce.

Tab. 7: Výsledky posouzení v ulici Budějovická

Výsledky posouzení v ulici Budějovická					
Schéma	**síť**	**vrstva**	**D_{cd}**	**krit. směr**	**hodnocení**
1	LayMED	obrusná	0,050	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,716	x	VYHOVÍ
		podloží	0,864	z	NEVYHOVÍ
2	A	obrusná	0,225	x	VYHOVÍ
		podkladní	0,016	y	VYHOVÍ
		podloží	0,188	z	VYHOVÍ
	B	obrusná	0,477	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,064	x	VYHOVÍ
		podloží	0,336	z	VYHOVÍ
	C	obrusná	0,111	x	VYHOVÍ
		podkladní	0,035	x	VYHOVÍ
		podloží	0,269	z	VYHOVÍ
	D	obrusná	0,458	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,049	y	VYHOVÍ
		podloží	0,282	z	VYHOVÍ
	E	obrusná	0,125	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,287	x	VYHOVÍ
		podloží	0,433	z	VYHOVÍ
3	A	obrusná	0,011	x	VYHOVÍ
		podkladní	0,050	y	VYHOVÍ
		podloží	0,875	z	NEVYHOVÍ
	B	obrusná	0,414	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,143	x	VYHOVÍ
		podloží	1,544	z	NEVYHOVÍ
	C	obrusná	0,181	z	VYHOVÍ
		podkladní	0,974	x	NEVYHOVÍ
		podloží	2,118	z	NEVYHOVÍ

Z této tabulky je zřejmé, že zvolená konstrukce vozovky nevyhoví ani na standardní posouzení návrhovou nápravou při uvažování součinitele C4=2,0. Při užití zatěžovacího schématu 2 vozovka ve všech posuzovaných bodech vyhověla s nejhorším celkovým poměrným porušením D_{cd}=0,477 na povrchu obrusné vrstvy. Zatížení schématem 3 vedlo ke snížení vlivu vodorovné síly a snížilo celkové poměrné porušení obrusné vrstvy v tlačené oblasti na D_{cd}=0,414. Vliv zvětšení svislého zatížení se projevil na podkladní vrstvě a v podloží. Třetí schéma zatěžuje vozovku mnohem výrazněji než první, jelikož svislá síla odpovídá zatížení nápravou o tíze téměř 140 kN. Maximální povolená hmotnost na nápravu

je 11,5 t (přibližně 115kN) pro jednotlivou hnanou nápravu [18]. Je tedy nevhodné na takovou sílu posuzovat vozovku, i když se výjimečně může taková síla na vozovce vyskytovat.

V tomto případě je podle mě nejvhodnější posouzení vozovky dle TP 170. Jak už jsem psal výše, nemám k dispozici vývrt dané komunikace, a tedy nemohu posoudit, jestli byl návrh vozovky proveden s uvažováním pomalé dopravy. S ohledem na výsledky posouzení mohou být vyjeté koleje způsobeny nedostatečnou únosností konstrukčních vrstev nebo zemní pláně.

Posouzení vlivu vodorovných sil na okružní křižovatce v Havlíčkově Brodě

Na tomto místě se vyskytují poruchy z listů poruch č. 15 – 18, které popisují trhliny v jízdní stopě vozidel. Jedná se o okružní křižovatku s poloměrem přibližně 28 m, která je koncovým bodem současného městského okruhu.

Počet přejezdů TNV za 24 hodin jsem určil z celostátního sčítání dopravy v roce 2010. S ohledem na uspořádání křižovatky s bypassem a celkové intenzity jsem odhadem určil nejzatíženější úsek okružního jízdního pásu.

Tab. 8: Intenzity TNV - okružní křižovatka

Směr z okružní křižovatky	Ždírec nad Doubravou	Centrum	I/38
Sčítací úsek č.	5-1766	5-1761	5-2953
Komunikace č.	34	150	34
TNV [voz/den]	1999	409	2086

Zatížení okružního jízdního pásu **1240 voz/den**

Konstrukci vozovky jsem volil z katalogových listů v TP 170. Zvolil jsem návrhovou úroveň porušení D0, TDZ I a podloží P II. Třídu dopravního zatížení jsem zvolil I, protože 1240 TNV jede v jednom jízdním pruhu a jedná se o pomalou dopravu, což je ekvivalent 4960 TNV na dvoupruhové komunikaci.

Konstrukce vozovky:

- SMA 11 S 40 mm
- ACL 22 S 80 mm
- ACP 22 S 110 mm
- MZK 200 mm
- $ŠD_A$ 150 mm

Další parametry posouzení jsou:

- návrhová úroveň porušení D0,
- podloží PII,
- počet TNV za 24 hodin 1240,
- délka návrhového období 25 let,
- C1 1,00,
- C2 1,00,
- C3 0,70,
- C4 1,00 při zatížení vodorovnými silami a 2,00 bez vodorovných sil,
- meziroční nárůst dopravy 3 %.

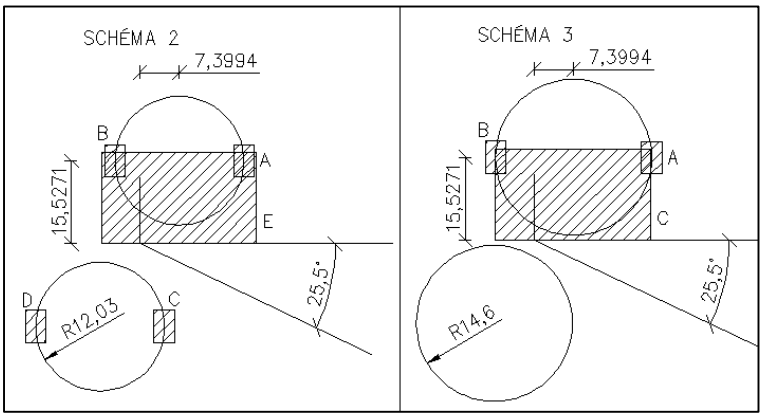
Pro výpočet zatížení vozovky jsem uvažoval následující hodnoty:

R=	28	m,		
v=	25	km/h =	6,94	m/s,
d=	3	m/s^2,		
p=	2,5	%,		
s=	1,0	%.		

Dosazením do vzorců 5.1 - 5.16 jsem získal hodnoty zatížení.

Q_d=	2,50	kN
Q_k=	99,97	kN
O=	17,56	kN
O_d=	17,55	kN
O_k=	0,44	kN
S=	1,00	kN
D=	30,58	kN
V=	15,05	kN
M=	21,07	kNm
Q_{k1}=	73,62	kN
Q_{k2}=	26,79	kN
C=	**17,49**	**kN**
φ=	**25,48**	**°**
ZAT_{QT}=	**0,1924**	**MPa**
$ZATR_M$=	**145,96**	**mm**
ZAT_{QTM}=	**0,1307**	**MPa**

Pro posouzení jsem opět použil tři zatěžovací schémata stejného typu, jako v předchozím případě.



Obr. 67: Okružní křižovatka - Schémata

Tab. 9: Výsledky posouzení na okružní křižovatce

Výsledky posouzení na okružní křižovatce							
Schéma	**síť**	**vrstva**	**D_{cd}**	**poloměr intervalu**	**$D_{cd,prum}$**	**krit. směr**	**hodnocení**
1	LayMED	obrusná	0.130			z	VYHOVÍ
		podkladní	0.457			x	VYHOVÍ
		podloží	0.623			z	VYHOVÍ
2	A	obrusná	1.922	1	0.144	x	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.024			y	VYHOVÍ
		podloží	0.162			z	VYHOVÍ
	B	obrusná	1.914	1	0.316	z	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.094			x	VYHOVÍ
		podloží	0.276			z	VYHOVÍ
	C	obrusná	0.775			x	VYHOVÍ
		podkladní	0.067			x	VYHOVÍ
		podloží	0.251			z	VYHOVÍ
	D	obrusná	1.649	1	0.258	z	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.048			y	VYHOVÍ
		podloží	0.223			z	VYHOVÍ
	E	obrusná	1.577	nelze		z	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.152			x	VYHOVÍ
		podloží	0.317			z	VYHOVÍ
3	A	obrusná	0.126			x	VYHOVÍ
		podkladní	0.120			y	VYHOVÍ
		podloží	1.005			z	NEVYHOVÍ
	B	obrusná	1.896	1	0.694	z	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.383			x	VYHOVÍ
		podloží	1.762			z	NEVYHOVÍ
	C	obrusná	1.105	nelze		z	NEVYHOVÍ
		podkladní	0.850			x	VYHOVÍ
		podloží	2.084			z	NEVYHOVÍ

Tabulka s výsledky je rozšířena o sloupec s redukovaným celkovým poměrným porušením vozovky. V případech, kde redukce byla možná, jsem použil druhou metodu s poloměrem intervalu 1 s ohledem na výsledky větších poloměrů, které byly velmi malé. Metodu nebylo možné použít v případech s příliš řídkou sítí výpočetních bodů.

V tomto příkladu vidíme velmi rozdílné výsledky mezi schématem 2 a 3 v tažené oblasti A. Hlavní příčinou těchto rozdílů může být velikost zatěžovací plochy. Větší zatěžovací plocha má menší kontaktní napětí ve vodorovném směru a tím pádem nevznikají tak výrazné deformace na jejím okraji. V tlačené oblasti takový rozdíl nenastane.

Redukční metody popisované v první části této kapitoly je vhodné aplikovat až při velkých vodorovných silách a velké intenzitě dopravy. Výsledky druhého posouzení bych bez vlivu redukce interpretoval tak, že se jedná o porušení obrusné vrstvy, jejíž životnost se uvažuje přibližně 8 let. Při zatížení vozovky schématem 2A po dobu 8 let vyšlo D_{cd}=0,451.

Poruchy na okružním jízdním pásu, dle mého názoru, mohly být způsobeny působením vodorovných sil. Nicméně je pravděpodobné, že kdyby došlo k výměně obrusné vrstvy po uplynutí její životnosti, byly by trhliny daleko menšího rozsahu, jako je trhlina na bypassu, kde došlo k opravě.

6 Závěr

Hlavním cílem této práce bylo doplnění Katalogu poruch netuhých vozovek TP 82. K dosažení tohoto cíle byl shromážděn vzorek vybraných poruch, u kterých byla provedena vizuální prohlídka. Z vizuálních prohlídek bylo možné určit, o jaké poruchy se pravděpodobně jedná. K vybraným poruchám byly následně přiřazeny odpovídající katalogové listy. V případě, že poruše žádný list neodpovídal, nebo že se porucha lišila od popisu v katalogovém listu, byl tento stav popsán v příslušné části vypracovaného listu poruchy. Z listů, které v současném TP 82 nebyly zahrnuty, nebo dostatečně specifikovány jsou vytvořeny nové katalogové listy, které je možné, po doplnění dalších příkladů ke konkrétním poruchám a úpravách textové části TP 82, do tohoto předpisu začlenit.

Nové katalogové listy obsahují pět poruch na asfaltových vozovkách, které většinou upřesňují stávající rozdělení. Za nejvýznamnější změnu je možné považovat rozdělení trhlin a poruch vzniklých na pracovních spojích. Poruchy dlážděných vozovek popisuje zbylých osm nových katalogových listů. Pro tyto poruchy bylo vytvořené nové rozdělení, jelikož v TP 82 jsou zmíněny pouze okrajově a ani TP 192 neobsahuje jasně definované poruchy dlážděných vozovek s uvedenými příklady.

V části zabývající se vodorovným zatížením vozovek byly vytvořeny tři modely pro ověření vlivu natočení vodorovného zatížení na porušení vozovky. Zatížením vozovky ve vodorovném směru vznikají na obvodu zatěžovací plochy extrémní poměrné deformace na relativně malé ploše. Tyto deformace vedly k nereálným výsledkům. Z toho důvodu byly v kapitole řešeny způsoby omezení těchto kritických hodnot. Nejjednodušší způsob je použití programu, který vytvořil Ing. Bohuslav Novotný, DrSc. Tento program pracuje s výsledkovými soubory programu LayMED-TP170_CSN_EN a vypočítá celkové poměrné porušení vozovky z průměrné deformace bodů v okolí kritického místa. Další metoda vycházela z prostorového modelu poměrného přetvoření a průměrné hodnoty nad určitou plochou. V kapitole byly dále řešeny případy zatížení konkrétních vozovek, které mohly být poškozeny právě působením vodorovných sil. Toto téma je velmi obsáhlé a bylo by vhodné ho podrobněji rozebrat.

V této práci by bylo možné dále rozvinout téma využití GIS pro správu poruch, jelikož je to dle mého názoru vhodný způsob jejich shromažďování a správy. Vytyčené cíle se s tímto tématem shodovaly pouze okrajově a z toho důvodu bylo umístěno na úplný konec do samostatné přílohy.

Seznam použité literatury

[1] PavEx Consulting, s.r.o., Ing. Luděk Mališ, TP 82 - Katalog poruch netuhých vozovek, Brno: Ministerstvo dopravy, odbor silniční infrastruktury, 2010.

[2] Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington D.C., SHRP-P-338, Distress Identification Manual for the Long Term Pavement Performance Project, Washington, DC: National Academy of Sciences, 1993, ISBN: 0-309-05271-8.

[3] „Autorská práva a licence," [Online]. Available: http://www.openstreetmap.org/copyright. [Přístup získán 25 11 2016].

[4] IMOS Brno, a.s., divize silniční vývoj, TP 96 - VYSPRÁVKY VOZOVEK TRYSKOVOU METODOU, Brno: Ministerstvo dopravy, Odbor pozemních komunikací a územního plánu, 2011.

[5] C. doc. Ing. Jan Kudrna, TP 87 - Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek, Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury, 2010.

[6] Doc. Ing. František Luxemburk, CSc. a Ing. Ludvík Vébr, CSc., TP 146 - Povolování a provádění výkopů a zásypů rýh pro inženýrské sítě ve vozovkách pozemních komunikací, Praha: Ministerstvo dopravy a spojů České republiky, 2001.

[7] NIEVELT-Labor Praha, spol. s r.o., Ing. Václav Neuvirt, CSc., TP 115 - Opravy trhlin na vozovkách a asfaltovým krytem, Praha: Ministerstvo dopravy, odbor infrastruktury, 2009.

[8] Ing. Jan Volek a Ing. Jaroslav Dostál, TP 80 - ELASTICKÝ MOSTNÍ ZÁVĚR, Ministerstvo dopravy, odbor pozemních komunikací, 2013.

[9] ČSN 73 6121 - Stavba vozovek - Hutněné asfaltové vrstvy - Provádění a kontrola shody, Český normalizační institut, 2008.

[10] Doc. Ing. Jan Kudrna, CSc., TP 170- Navrhování vozovek pozemních komunikací, upravený dotisk, Ministerstvo dopravy Ceské republiky, 2006.

[11] Ing. Lubomír Žalman (SKANSKA DS, a.s.), Doc. Ing. Václav Hanzík, CSc. (PSVS, a.s.), TKP 8, Litý asfalt, Praha: Ministerstvo dopravy, Obdor infrastruktury, 2008.

[12] IMOS Brno, a.s., divize silniční vývoj, TP 213 - BEZPEČNOSTNÍ PROTISMYKOVÉ ÚPRAVY POVRCHŮ VOZOVEK, Brno: Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury, 2009.

[13] ČSN 73 6131 - Stavba vozovek - Kryty z dlažeb a dílců, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

[14] STÚ-K, a. s., Ing. R. Vimmrová, TP 192 - DLAŽBY PRO KONSTRUKCE POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ, Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2008.

[15] Silniční vývoj, spol. s r.o., Brno a ASPK, s.r.o., TP 153 - ZPEVNĚNÁ TRAVNATÁ PARKOVIŠTĚ, Brno: Ministerstvo dopravy a spojů, obdor pozemních komunikací, 2001.

[16] Vysoké učení technické v Brně, České vysoké učení technické v Praze, Ing. Jan Zajíček – APT Servis, EUROVIA CS a.s., Dodatek TP 170 - NAVRHOVÁNÍ VOZOVEK POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ, Brno: Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury, 2010.

[17] „eBeton," Svazu výrobců betonu ČR, [Online]. Available: http://www.ebeton.cz/pojmy/koroze-betonu. [Přístup získán 03 12 2016].

[18] Vyhláška č. 341/2014 Sb., Vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, 2014.

[19] Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy, „Geoportal Praha," [Online]. Available: http://www.geoportalpraha.cz/cs/clanek/11/co-je-gis#.WG1aKVwYG6g. [Přístup získán 12 2016].

[20] OpenStreetMap, Přispěvatelé, „OpenStreetMap," [Online]. Available: https://www.openstreetmap.org/about. [Přístup získán 12 2016].

Seznam použitých zkratek a symbolů

ACL - asfaltový beton pro ložní vrstvy

ACO - asfaltový beton pro obrusné vrstvy

ACP - asfaltový beton pro podkladní vrstvy

C1 - součinitel vyjadřující podíl intenzity TNV na nejvíce zatíženém jízdním pruhu

C2 - součinitel vyjadřující fluktuaci stop vozidel

C3 - součinitel spektra hmotnosti náprav

C4 - součinitel vyjadřující vliv rychlosti pohybu vozidel na vozovce s vrstvami z asfaltových směsí

d - zrychlení

D - síla od změny rychlosti

D_{cd} - celkové poměrné porušení za návrhové období

$D_{cd,extr}$ - celkové poměrné porušení v místě extrému

$D_{cd,prum}$ - celkové poměrné porušení po zprůměrování poměrných přetvoření

ε - poměrné přetvoření ve směru dle indexu

g - gravitační zrychlení

GIS - geografický informační systém

φ - úhel výslednice vodorovných sil a směru pohybu

M - moment od příčných sil

MHD - městská hromadná doprava

MZK - mechanicky zpevněné kamenivo

O - odstředivá síla

O_d - odstředivá síla rovnoběžná s vozovkou

O_k - odstředivá síla kolmá na vozovku

p - příčný sklon (dostředný)

Q - celkové zatížení nápravy

Q_d - dostředivá síla od příčného sklonu

q_k - průměrný dotykový tlak

Q_k - síla kolmá k vozovce s vlivem příčného sklonu

Q_{k1} - výsledná svislá síla od vnějšího dvojkolí

Q_{k2} - výsledná svislá síla od vnitřního dvojkolí

R - poloměr oblouku

r - rozchod kol

s - podélný sklon

S - síla v rovině vozovky ve směru jízdy od podélného sklonu

SMA - asfaltový koberec mastixový

$ŠD_A$ - štěrkodrť

t - výška těžiště

TDZ - třída dopravního zatížení

TNV - těžké nákladní vozidlo

v - rychlost vozidla

V - výsledná příčná síla v rovině vozovky

ZAT_{QT} - vodorovný tlak na otisk kola TP 170

ZAT_{QTM} - vodorovný tlak na otisk kola se zvětšenou svislou složkou

ZATR - poloměr dotykových ploch

$ZATR_M$ - poloměr otlaku kola s vlivem momentu (síla $Q_{k1}/2$)

Seznam tabulek

Tab. 1: Schematické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a oprav [1] 9
Tab. 2: Výsledky první metody k získání průměru 131
Tab. 3: Výsledky první metody se zmenšenou plochou 132
Tab. 4: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 0° 133
Tab. 5: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 45° 133
Tab. 6: Výsledky druhé metody k získání průměru pro úhel 90° 133
Tab. 7: Výsledky posouzení v ulici Budějovická 141
Tab. 8: Intenzity TNV - okružní křižovatka 142
Tab. 9: Výsledky posouzení na okružní křižovatce 144
Tab. 10: Čísla skupin poruch 170

Seznam obrázků

Obr. 1: Povrchová koroze 16
Obr. 2: Povrchová koroze a kaverna 18

Obr. 3: Ztráta asfaltového tmelu z povrchu vozovky 20
Obr. 4: Hloubková koroze 22
Obr. 5: Cizorodé zrno kameniva ve vozovce a podélná rozvětvená trhlina 24
Obr. 6: Výtluky 26
Obr. 7: Výtluk a další poruchy na opravě vozovky po výkopu 28
Obr. 8: Porucha na pracovním spoji, příčné trhliny a podélná deformace 30
Obr. 9: Příčné úzké trhliny 32
Obr. 10: Příčná úzká trhlina 34
Obr. 11: Příčné široké trhliny 36
Obr. 12: Rozvětvená příčná trhlina u kanalizační vpusti 38
Obr. 13: Rozvětvená příčná trhlina s výtlukem 40
Obr. 14: Široká příčná trhlina 42
Obr. 15: Trhliny podélné rozvětvené 44
Obr. 16: Rozvoj trhlin po provedení lokální opravy 46
Obr. 17: Mozaikové trhliny a porucha na příčném pracovním spoji 48
Obr. 18: Podélná úzká trhlina 50
Obr. 19: Široká podélná porucha na pracovním spoji 52
Obr. 20: Široká podélná porucha na pracovním spoji a místní pokles 54
Obr. 21: Síťové trhliny 57
Obr. 22: Místní pokles 61
Obr. 23: Místní pokles s rozvětvenou trhlinou 63
Obr. 24: Vyjeté koleje 65
Obr. 25: Místní hrbol 67
Obr. 26: Podélný hrbol a místní hrboly s trhlinami 69
Obr. 27: Malé puchýře 71
Obr. 28: Malé puchýře 73
Obr. 29: Velké puchýře 75
Obr. 30: Ztráta protismykových vlastností 77
Obr. 31: Úkap provozních kapalin automobilů 79
Obr. 32: Asfaltové skvrny na litém asfaltu 80
Obr. 33: Asfaltové skvrny na hutněné asfaltové vrstvě 82
Obr. 34: Lokální odfrézování vozovky 84
Obr. 35: Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene, uvolnění a chybná vazba drobných dlažebních kostek 86

Obr. 36: Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene 88
Obr. 37: Uvolnění plošných vegetačních dílců 400x600 90
Obr. 38: Uvolnění podélných dlažebních prvků 92
Obr. 39: Uvolnění skupiny mozaikových dlažebních kostek 94
Obr. 40: Uvolnění skupiny plošných dlažebních prvků a jejich poškození 96
Obr. 41: Uvolnění dlažebních velkých dlažebních kostek 98
Obr. 42: Absence betonových dlažebních bloků 100
Obr. 43: Absence skupiny mozaikových dlažebních kostek 102
Obr. 44: Lom betonové dlažební desky 104
Obr. 45: Olamování okrajů betonových dlažebních desek 106
Obr. 46: Koroze betonové dlažby 108
Obr. 47: Poškození pojížděné plochy betonové dlažby 110
Obr. 48: Příčný pokles 112
Obr. 49: Místní pokles 114
Obr. 50: Vodorovný posun dlažebních bloků 116
Obr. 51:Vodorovný posun zámkové betonové dlažby s poškozením hran 118
Obr. 52: Plošná deformace povrchu 120
Obr. 53: Plošná deformace povrchu 122
Obr. 54: Vystoupení ložní vrstvy na povrch 124
Obr. 55: Vegetace 126
Obr. 56: Výpočetní body ve směru jízdy 128
Obr. 57: Zatížení ve směru x - ε_x 129
Obr. 58: Výpočetní body - zatížení kolmo na směr jízdy 129
Obr. 59: zatížení ve směru y - ε_y 130
Obr. 60: Body přetvoření od zatížení pod úhlem 45° 130
Obr. 61: Půdorys otočených otisků kol o 45° 131
Obr. 62: Otisky kol návrhové nápravy dle TP 170 134
Obr. 63: Příčné účinky na návrhovou nápravu 135
Obr. 64: Podélné účinky na návrhovou nápravu 135
Obr. 65: Budějovická - Schéma 2 139
Obr. 66: Budějovická - Schéma 3 140
Obr. 67: Okružní křižovatka - Schémata 144

PŘÍLOHA 1 – Doplnění katalogových listů do TP 82

V této příloze budou vytvořeny katalogové listy pro doplnění do TP 82. Tyto listy jsou vybrány ze souboru poruch použitých v této práci. Z tohoto důvodu nebudou listy úplné a pro použití do TP 82 je nutné doplnit další vzorové fotografie.

Pro vložení nových katalogových listů do TP 82 je nutné provést další úpravy v textové části. Například úprava Tabulky 1 - *Schematické znázornění vrstev, poruch a jejich údržby a oprav*, která obsahuje vrstvy dotčené příslušnou poruchou a název katalogového listu. V případě doplnění katalogových listů s dlážděnými vozovkami by bylo vhodné vytvořit druhou tabulku, nebo ve stávající tabulce odlišit typ obrusné vrstvy.

Následující katalogové listy jsou číslované od jedné s doplněním „N“, protože jejich zařazení do TP 82 záleží na konkrétním přístupu nového zpracování, jak je psáno výše.

Katalogový list 01N

Název poruchy: Úkapy provozních kapalin

Název skupiny: Jiná porucha

Popis poruchy: Na vozovce se vyskytují skvrny od úkapů provozních kapalin z automobilů.

Výskyt: Lokální - v místech pomalé dopravy nebo dopravy v klidu.

Obdobné poruchy: 02N – asfaltové skvrny

Ovlivňuje: Trvanlivost krytu.

Příčina vzniku: Netěsnost na pohonném ústrojí vozidla.

Možný vývoj: Jelikož benzín a nafta jsou rozpouštědla, dochází k poškození vozovky. Může se rozvinout v asfaltové skvrny.

Návrh opravy: Této poruše není možné zabránit. Provoz nenarušuje a oprava je vhodná až při jejím dalším rozvinutí, například do asfaltových skvrn vytvořených na vozovce.

Perokresba:

Katalogový list 02N

Název poruchy: **Asfaltové skvrny**

Název skupiny: Jiná porucha

Popis poruchy: Na vozovce s asfaltovou obrusnou vrstvou se vyskytují asfaltové skvrny. Tyto skvrny nemají na povrchu žádná zrna kameniva a nevykazují žádnou makrotexturu ani mikrotexturu.

Výskyt: Lokální.

Obdobné poruchy: 01N - úkapy provozních kapalin
02 – ztráta makrotextury

Ovlivňuje: Bezpečnost silničního provozu.

Příčina vzniku: V důsledku rozpouštění asfaltu po úkapech pohonných hmot na vozovku mohlo dojít k vytvoření skvrn. Další možnou příčnou je nadbytečné množství spojovacího postřiku pod obrusnou vrstvou. Přebytečný spojovací postřik vlivem dopravního zatížení vystoupá na povrch.

Možný vývoj: Zvětšení zasažené plochy.

Návrh opravy: V případě velkého rozsahu poruchy je nutné vyměnit obrusnou vrstvu v poškozených místech. Poškození menší velikosti nemá zásadní vliv na bezpečnost silničního provozu a není nutné ho opravovat.

Perokresba:

Katalogový list 03N

Název poruchy: **Povrchová koroze**

Název skupiny: Ztráta hmoty

Popis poruchy: V krytu z hutněné asfaltové směsi dochází ke ztrátě zrn kameniva z jejího povrchu. Poškození zasahuje do maximální hloubky 6 mm.

Výskyt: Lokální.

Obdobné poruchy:
03 - kaverny v povrchu vozovky
04 - opotřebení EKZ, EMK
06 - ztráta asfaltového tmelu
07 – hloubková koroze
08 – výtluk

Ovlivňuje: Trvanlivost krytu.

Příčina vzniku: Jedná se pokračující vývoj ztráty asfaltového tmelu a asfaltové malty, který vede k obnažení povrchových zrn kameniva, která se následně vlivem dopravy uvolní.

Možný vývoj: Vznik hloubkové koroze a výtluků.

Návrh opravy: Vyspravení nátěrovou vysprávkovou soupravou, nebo tryskovou metodou.

Perokresba:

Katalogový list 04N

Název poruchy: **Úzká příčná porucha pracovního spoje**

Název skupiny: Liniová porucha

Popis poruchy: Úzká příčná porucha na pracovním spoji, široká do 5 mm.

Výskyt: Ojedinělý, v místech pracovních spár nebo dodatečných výkopů.

Obdobné poruchy: 12, 14 a 16 - trhlina úzká příčná, trhlina široká příčná a rozvětvená příčná

Ovlivňuje: Trvanlivost krytu.

Příčina vzniku: Provedení pracovního spoje bez ošetření asfaltovou zálivkou. Nevhodně vyřešený detail napojení různých konstrukcí vozovky zejména v křižovatkách. Nedostatečné zhutnění asfaltové směsi v místě napojení.

Možný vývoj: Porucha se dále zvětšuje do šířky i hloubky a vzniká široká příčná porucha pracovního spoje širší než 5 mm. Dochází k porušení dalších konstrukčních vrstev.

Návrh opravy: Vhodné opatření je proříznutí trhliny a zalití modifikovanou asfaltovou zálivkou provedené v souladu s TP 115.

Perokresba:

Katalogový list 05N

Název poruchy: **Široká podélná porucha pracovního spoje**

Název skupiny: Liniová porucha

Popis poruchy: Široká podélná porucha na pracovním spoji, širší než 5 mm.

Výskyt: Liniový.

Obdobné poruchy: 11, 13 a 15 - trhlina úzká podélná, trhlina široká podélná a rozvětvená podélná

Ovlivňuje: Trvanlivost krytu.

Příčina vzniku: Provedení pracovního spoje bez ošetření asfaltovou zálivkou. Nedostatečné zhutnění v místě napojení.

Možný vývoj: Rozevření pracovního spoje a jeho vyplnění nečistotami. Pronikání vody do konstrukce vozovky. Vznik hloubkové koroze v pracovním spoji a rozvoj trhlin.

Návrh opravy: Oprava poruchy provedená dle TP 115. Vzhledem k šířce mezery bude zvolena metoda oprava trhliny modifikovanou zálivkovou hmotou s výplňovým kamenivem.

Perokresba:

Katalogový list 06N

Název poruchy: Uvolnění dlažebních kostek

Název skupiny: Uvolnění dlažebního prvku

Popis poruchy: Dlažební kostky ztratily kontakt s ložnou vrstvou a ostatními kostkami a uvolnily se. Tím došlo k porušení vazby.

Výskyt: Lokální až celoplošný.

Obdobné poruchy: 07N – uvolnění plošných dlažebních prvků

08N - absence dlažebního prvku

Ovlivňuje: Pohodlí a bezpečnost silničního provozu.

Příčina vzniku: Chybějící výplňový materiál mezi dlažebními kostkami, který zajišťuje přenos vodorovných sil do dalších dlažebních prvků. Nedostatečně únosná ložní vrstva. Nevhodné odvodnění.

Možný vývoj: Nadměrné vodorovné posuny kostek a jejich následná absence ve vozovce.

Návrh opravy: Rozebrání uvolněné dlažby a obnovení správného tvaru vazby. Nakonec dojde k vyplnění spár vhodným materiálem. Tento materiál musí být průběžně doplňován, pokud je nestmelený.

Perokresba:

Katalogový list 07N

Název poruchy: Uvolnění plošných dlažebních prvků

Název skupiny: Uvolnění dlažebního prvku

Popis poruchy: Plošné dlažební prvky ztratily kontakt s ložnou vrstvou a uvolnily se. Uvolnění má za důsledek kývavý pohyb prvku při zatížení.

Výskyt: Lokální až celoplošný.

Obdobné poruchy: 06N – uvolnění dlažebních kostek

08N - absence dlažebního prvku

Ovlivňuje: Pohodlí silničního provozu.

Příčina vzniku: Převládající plošný rozměr dlažebních desek není vhodný pro zatížení silniční dopravou, protože je těžké takový prvek rovnoměrně celoplošně podepřít. Příčina vzniku tedy vychází už z projektu, který dlažební desky navrhnul.

Možný vývoj: Zvětšování výkyvu a nadzvedávání desky materiálem ze spár, který se dostává mezi ní a ložnou vrstvu.

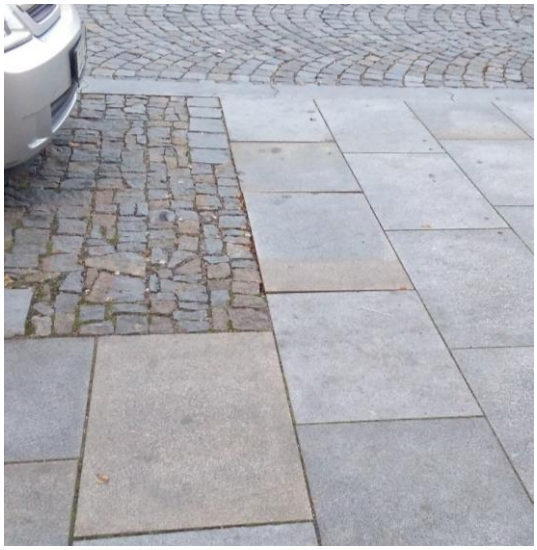
Návrh opravy: Nahradit dlažební desky kostkami.

Perokresba:

Katalogový list 07N

Příklady porušení:

Uvolnění plošných vegetačních dílců



Uvolnění dlažebních desek z přírodního kamene

Uvolnění podélných dlažebních prvků

Katalogový list 08N

Název poruchy: **Absence dlažebního prvku**

Název skupiny: Uvolnění dlažebního prvku

Popis poruchy: Na dlážděné vozovce chybí dlažební prvky v důsledku jejich předchozího uvolnění.

Výskyt: Jednotlivě nebo ve skupinách.

Obdobné poruchy: 06N – uvolnění dlažebních kostek

07N – uvolnění plošných dlažebních prvků

Ovlivňuje: Pohodlí a bezpečnost provozu.

Příčina vzniku: Nesprávně provedená vazba. Rozdílný tvar dlažebních prvků. Nevhodně navržený detail připojení. Použití nevhodných technologií při údržbě vozovky. Další příčiny jsou shodné s uvolněnými prvky.

Možný vývoj: Zvětšení plochy zasažené poruchou.

Návrh opravy: Rozebrat poškozenou dlažbu v okolí poruchy, zajistit únosnost ložní vrstvy odpovídající TP 170 a vozovku znovu vydláždit z vhodných dlažebních prvků se správnou vazbou.

Perokresba:

Katalogový list 09N

Název poruchy: **Poškození dlažebního prvku**

Název skupiny: Poškození dlažebního prvku

Popis poruchy: Dlažební prvek je mechanicky nebo chemicky poškozen.

Výskyt: Ojediněle.

Obdobné poruchy: -

Ovlivňuje: Trvanlivost dlažby.

Příčina vzniku: Nekvalitní materiál použitý pro výrobu dlažebního prvku. Neceloplošné uložení dlažebních desek. Nadměrné dopravní zatížení.

Možný vývoj: Celkové znehodnocení dlažebního prvku.

Návrh opravy: Výměna poškozených prvků, případně jejich náhrada za prvky vhodnějšího tvaru a vlastností.

Perokresba:

Katalogový list 09N

Příklady porušení:

Olamování okrajů betonových dlažebních desek

Koroze betonové dlažby vlivem chemických a fyzikálních procesů

Katalogový list 10N

Název poruchy: Vodorovný posun dlažby

Název skupiny: Deformace povrchu dlážděné vozovky

Popis poruchy: Posunutí dlažebních prvků ve vodorovném směru. Místy dochází k rozšíření spár a poškození prvků.

Výskyt: Liniový.

Obdobné poruchy: -

Ovlivňuje: Trvanlivost krytu.

Příčina vzniku: Nedostatečné zachycení vodorovných sil působících na vozovku.

Možný vývoj: Uvolnění a absence prvků. Rozšíření spár.

Návrh opravy: Je vhodné rozebrat posunutou dlažbu a dopravní plochu řádně rozčlenit obrubníky, které budou zachytávat vodorovné síly. Po rozebrání dlažby je vhodné ověřit vlastnosti ložní vrstvy. Po zřízení obrubníků se znovu položí dlažební prvky a poškozené se nahradí novými.

Perokresba:

Katalogový list 11N

Název poruchy: **Příčný pokles**

Název skupiny: Deformace povrchu dlážděné vozovky

Popis poruchy: Na dlážděné vozovce se vyskytují trvalé příčné deformace ve tvaru vyjetých kolejí.

Výskyt: V souvislých délkách.

Obdobné poruchy: 21 – vyjeté koleje

Ovlivňuje: Bezpečnost provozu.

Příčina vzniku: **N**edostatečná únosnost podloží, špatné provedení konstrukčních vrstev nebo další technologická nekázeň při provádění vozovky. Nadměrné dopravní zatížení.

Možný vývoj: Prohlubování poklesu.

Návrh opravy: Rozebrat dlažbu a zajistit dostatečnou únosnost zemní pláně a konstrukčních vrstev.

Perokresba:

Katalogový list 12N

Název poruchy: **Protlačení ložní vrstvy na povrch**

Název skupiny: Jiná porucha

Popis poruchy: Ložní vrstva dlážděné vozovky proniká spárami na povrch.

Výskyt: V jízdní stopě vozidel.

Obdobné poruchy: 26 – plošná deformace vozovky

27 – prolomení vozovky

Ovlivňuje: Životnost vozovky a bezpečnost provozu.

Příčina vzniku: Nedodržení technologické kázně při pokládání jednotlivých konstrukčních vrstev nebo nedostatečně únosná zemní pláň a konstrukční vrstvy. Nevhodně navržené odvodnění zemní pláně.

Možný vývoj: Zvětšení deformací vozovky a pokrytí povrchu vozovky ložnou vrstvou.

Návrh opravy: Pro určení vhodného opatření je třeba zjistit, zda je konstrukce vozovky řádně odvodněna, případně její odvodnění zajistit a znovu položit celé konstrukční souvrství.

Perokresba:

Katalogový list 13N

Název poruchy: Vegetace ve spárách

Název skupiny: Jiná porucha

Popis poruchy: Spárami dlážděné vozovky prorůstá náletová vegetace.

Výskyt: Lokální.

Obdobné poruchy: -

Ovlivňuje: Trvanlivost vozovky.

Příčina vzniku: Nedostatečná údržba.

Možný vývoj: Uvolnění dlažebních prvků, nebo vznik místního hrbolu.

Návrh opravy: V případě výskytu vegetace používat při pravidelné údržbě herbicidy.

Perokresba:

PŘÍLOHA 2 – Zpracování poruch pomocí GIS

Geografické informační systémy (GIS)

Geografické informační systémy jsou vhodný nástroj pro tvorbu studií a analýz v určitém území. Výsledky je možno vizualizovat pomocí propojení mapy a databází, které obsahují polohové údaje a popisné charakteristiky jednotlivých objektů. GIS je stále častěji využíván i jinými obory, které přímo nesouvisí s geografií, což potvrzuje i má diplomová práce.

GIS spadá do relativně nového vědeckého oboru geoinformatika. Tento obor se zabývá zkoumáním geografických jevů pomocí informačních technologií.

Základní vstupní data při práci s GIS jsou prostorová data neboli geodata, která je možné spravovat a shromažďovat do prostorových databází (geodatabází), nebo souborů. Geodata lze pomocí nástrojů GIS analyzovat a vytvořit grafický výstup prostorových modelů. Těmito výstupy mohou být trojrozměrné modely území, digitální mapy, nebo podklady pro mapové servery, které zobrazují data na internetu [19].

OpenStreetMap

OpenStreetMap jsou otevřená prostorová data, která je možné využívat k libovolnému účelu. Podmínkou k možnosti interpretace výše uvedených dat je uvedení licence OpenStreetMap.

Data popisující silnice, železnice, restaurace a mnoho dalších potřebných míst jsou pro OpenStreetMap tvořena komunitou uživatelů, kteří je spravují, revidují a doplňují [20].

Použití GIS v této práci

V této práci jsem využíval pouze možnost vytvořit body, zobrazit je v mapovém podkladu a těmto bodům přiřadit základní atributy. První atribut bylo číslo bodu, které odpovídá příslušnému listu poruchy z kapitol 3 a 4. Druhý atribut byl skupina poruchy. Tento atribut jsem definoval číslem od jedné do osmi, jelikož čísla jsou úspornější typ dat než celá slova. Čísla jsem přiřadil dle následující tabulky. Pomocí programu QGIS jsem následně zobrazil body s číslem poruchy, nebo s číslem skupiny na mapovém podkladu. Zobrazení bodů jsem mohl filtrovat podle skupiny poruch nebo dalších atributů, které jsem jim mohl přiřadit, například závažnost poruchy.

Tab. 10: Čísla skupin poruch

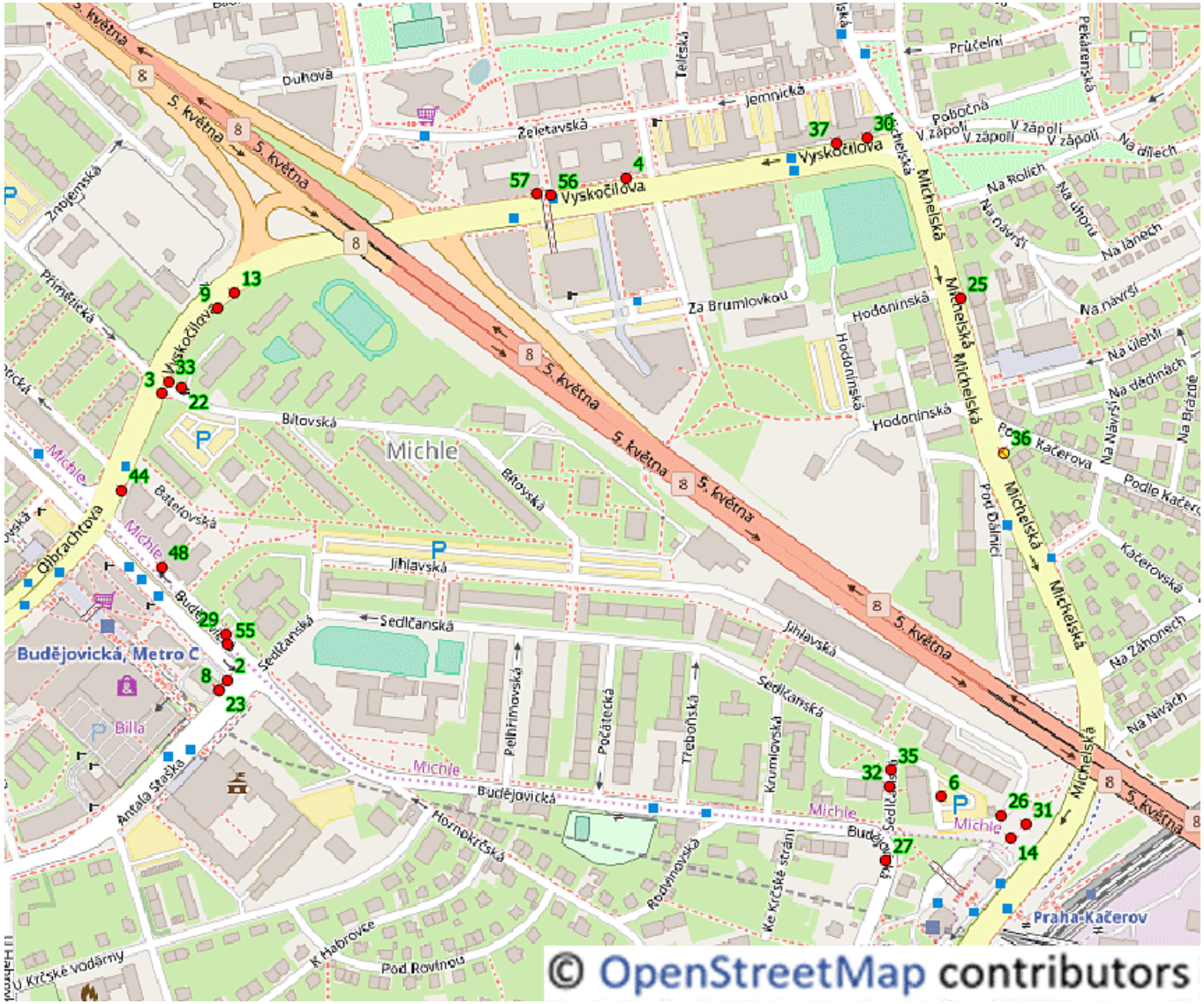
Čísla skupin poruch	
číslo	**skupina**
1	Ztráta hmoty
2	Liniová porucha
3	Deformace
4	Jiná porucha
5	Uvolnění dlažebního prvku
6	Poškození dlažebního prvku
7	Deformace povrchu dlážděné vozovky
8	Jiná porucha na dlážděné vozovce

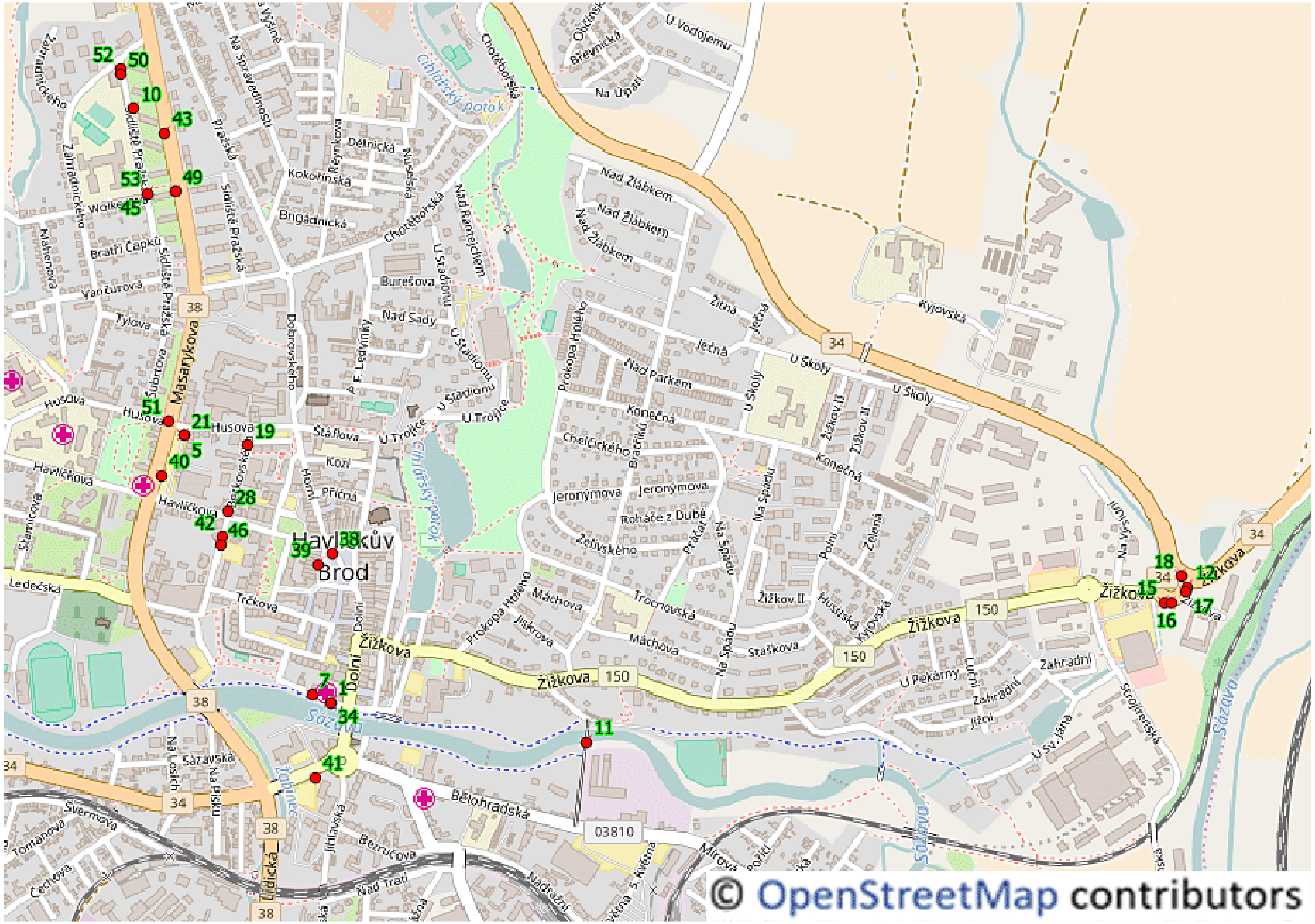
Dle mého názoru by bylo možné GIS využít pro shromažďování a správu poruch. Výhodou je přehlednost výsledného zobrazení a možnost vkládat libovolné množství atributů. Správce více komunikací díky tomu snadno ze zaznamenaných poruch vybere konkrétní komunikaci a nejzávažnější poruchy, které se mu následně zobrazí na mapovém podkladu.

Následují grafické výstupy z programu QGIS, na kterých jsou přehledně zobrazeny všechny lokalizace poruch v oblasti Praha – Michle a v Havlíčkově Brodě.

Přehledná lokalizace poruch

Oblast: Michle



Přehledná lokalizace poruch

Oblast: Havlíčkův Brod