

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

III/41612 Moutnice – Velké Němčice

Diagnostický průzkum vozovky

Objednatel:

Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje
Žerotínovo náměstí 449/3
602 00 Brno

Datum zpracování: 30. 6. 2023

Výtisk č. 1

1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název: **III/41612 Moutnice – Velké Němčice**
Objednatel: Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje, příspěvková organizace kraje, Žerotínovo náměstí 449/3 602 00 Brno
Zhotovitel: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Líšeňská 2657/33a, 636 00 Brno

1.2 VŠEOBECNĚ

Na základě smlouvy provedl zhotovitel diagnostický průzkum vozovky silnice **III/41612 Moutnice – Velké Němčice**. Návrh opravy byl stanoven na základě těchto provedených činností:

- Vizuální prohlídka se záznamem poruch a fotodokumentací.
- Měření průhybů rázovým zařízením FWD, vyhodnocení únosnosti (zbytková životnost, zesílení).
- Odběr jádrových vývrtů a sond.
- Laboratorní zkoušky asfaltových vrstev – rozbor asfaltové směsi, analýza PAU.

Hodnocení konstrukce vozovky bylo stanoveno posouzením stávajících parametrů dle TP 82 a TP 87.

2 LOKALIZACE ÚSEKU

- diagnostikovaný úsek: **III/41612 Moutnice – Velké Němčice** (viz obrázek 1)
- provozní staničení: **km 6,340 – 7,530**
- dopravní zatížení: **neprovedeno sčítání dopravy; odhad dle objednatele TDZ = IV**



Obrázek 1: Orientační situace diagnostikovaného úseku III/41612 Moutnice – Velké Němčice

3 STAV POVRCHU VOZOVKY

Na diagnostikovaném úseku provedena vizuální prohlídka s fotodokumentací. Grafický záznam poruch je uveden v příloze 1. Kompletní fotodokumentace je k dispozici v elektronické podobě na přiloženém disku. Název fotografie odpovídá místu staničení, ve kterém byl snímek pořízen.

VYHODNOCENÍ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY

Vyhodnocení stavu povrchu vozovky bylo provedeno na základě zatřídění poruch dle TP 82. Vyskytující se poruchy, včetně určení jejich souhrnného rozsahu, je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1: Výsledky vizuální prohlídky vozovky

č. dle TP 82	Název poruchy	Porušená plocha [%] Četnost (č. 12, 14, 16) [ks/úsek]
02	Ztráta makrotextury	4
06	Ztráta asfaltového tmelu	10
07	Hlubková koroze	10
08	Výtluky	1
09	Vysprávký	38
11, 13	Trhlina úzká / široká podélná	6
12, 14	Trhlina úzká / široká příčná	52
15	Trhlina rozvětvená podélná	3
16	Trhlina rozvětvená příčná	11
17	Síťové trhliny	5
18	Olamování okrajů vozovky	5
20	Nepravidelné hrboly	3
24	Místní pokles	3
25	Podélný pokles	4

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ RÁZOVÝM ZAŘÍZENÍM FWD

Na posuzovaném úseku byly provedeny rázové zatěžovací zkoušky, při kterých se měřily průhyby povrchu vozovky (viz [příloha 2](#)). Měření bylo provedeno rázovým zařízením FWD/HWD RODOS 2012 při zatížení, které je přibližně ekvivalentní s dotykovým tlakem návrhové nápravy. Průhyby byly zaznamenány na snímačích ve vzdálenostech 0, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800 a 2100 mm od osy zatížení. Průhyby byly měřeny v pravé jízdní stopě vozidel se střídavým umístěním v jízdních pruzích a normovány na sílu 50 kN teplotu 20 °C. Vzdálenost mezi diagnostikovanými body byla 25 m.

Pro vyhodnocení únosnosti byly použity tyto parametry:

- návrhová úroveň porušení: D1
- dopravní zatížení: odhad dle objednatele TDZ = IV \rightarrow $TNV_k = 101 - 500$ [voz/24 h]
- tloušťky vrstev konstrukce vozovky (viz [příloha 3](#))

4.1 MĚŘENÉ PRŮHYBY, VÝPOČET RÁZOVÝCH MODULŮ PRUŽNOSTI

Z naměřených hodnot průhybů se vypočítaly pomocí zpětného výpočtu rázové moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky a podloží. Rázové moduly pružnosti, změřené hodnoty průhybů na všech snímačích a grafické průběhy průhybů měřeného úseku (graf P2.1 - P2.2) jsou uvedeny v [příloze 2](#).

4.2 STANOVENÍ ZBYTKOVÉ ŽIVOTNOSTI A NÁVRH ZESÍLENÍ

Vypočtené hodnoty rázových modulů pružnosti byly použity jako vstupní veličiny analytického návrhu konstrukce vozovky. U asfaltových vrstev byly moduly pružnosti opraveny na návrhovou teplotu dle TP 87. Analytickou návrhovou metodou se vypočítaly deformační charakteristiky:

- poměrné přetvoření na spodním líci asfaltem stmelených vrstev ϵ_t
- poměrné stlačení na povrchu podloží ϵ_z

Výstupem je maximální počet přejezdů TNV_{lim} odpovídající vypočítaným deformačním charakteristikám, ze kterého se při znalosti současného dopravního zatížení a prognóze jeho vývoje do budoucnosti vypočítala zbytková životnost vozovky. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v [příloze 2](#).

4.3 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

V [příloze 2](#) je vypočítáno prosté zesílení vozovky pro každý měřený bod. Ve statistickém zpracování je vypočítán 15 % percentil zesílení, tzn., že pouze 15 % vozovky může být poddimenzováno. V návrhu opravy je vypočítáno zesílení pro navrženou opravu tak, aby výsledná životnost po opravě dosahovala **25 let** pro dané dopravní zatížení včetně predikovaného nárůstu. V tabulce 2 je uvedena zbytková životnost a prosté zesílení vozovky diagnostikovaného úseku.

Tabulka 2: Zbytková životnost a teoretické prosté zesílení vozovky

Název komunikace	Provozní staničení ZÚ – KÚ [km]	Dopravní zatížení TNV_k [voz/24 h]	Zbytková životnost [roky]	Tloušťka prostého zesílení [mm]
III/41612 Moutnice – Velké Němčice	6,340 – 7,530	500	1,0	100

5 JÁDROVÉ VÝVRTY A SONDY

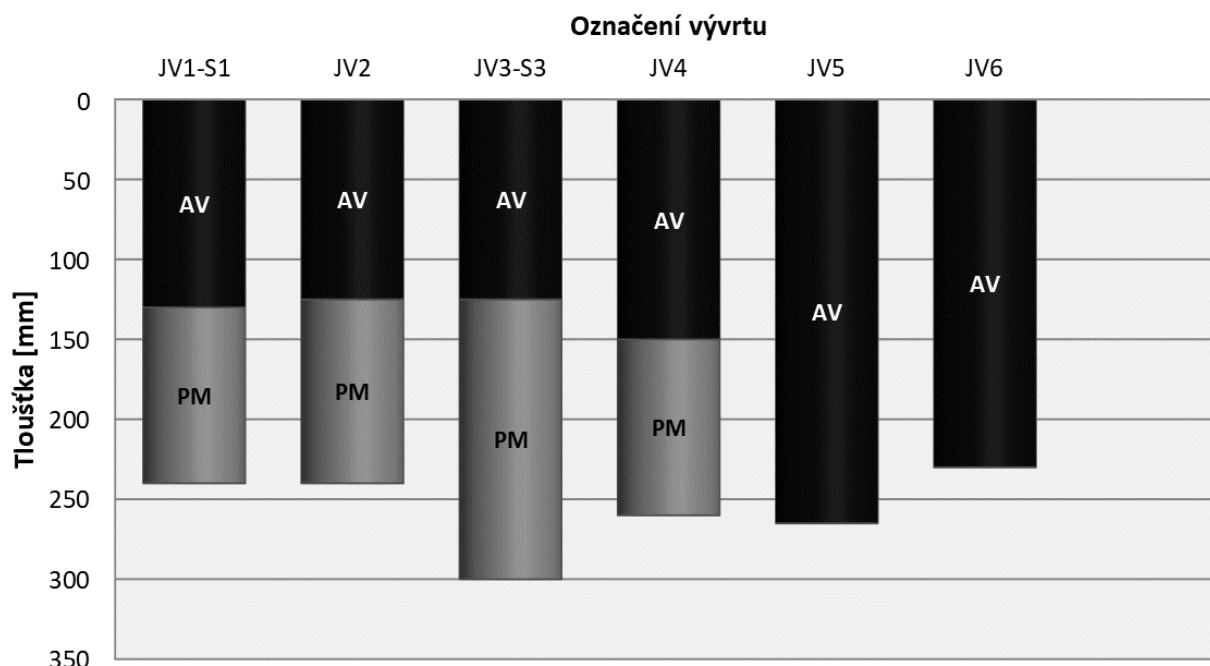
Pro účely zjištění údajů o konstrukci vozovky a jejího podloží byly odebrány jádrové vývrty, vrtané a kopané sondy. Místa odběru byla vybrána na základě vizuální prohlídky. Dokumentace jádrových vývrťů a sond je uvedena v příloze 3.

Odběr jádrových vývrťů a vrtaných sond byl proveden v akreditovaném režimu. Kopané sondy byly provedeny mimo akreditovaný režim.

Základní informace získané z odebraných jádrových vývrťů a sond jsou uvedeny v tabulce 3, 4 a grafu 1, 2.

Tabulka 3: Základní údaje o jádrových vývrtech

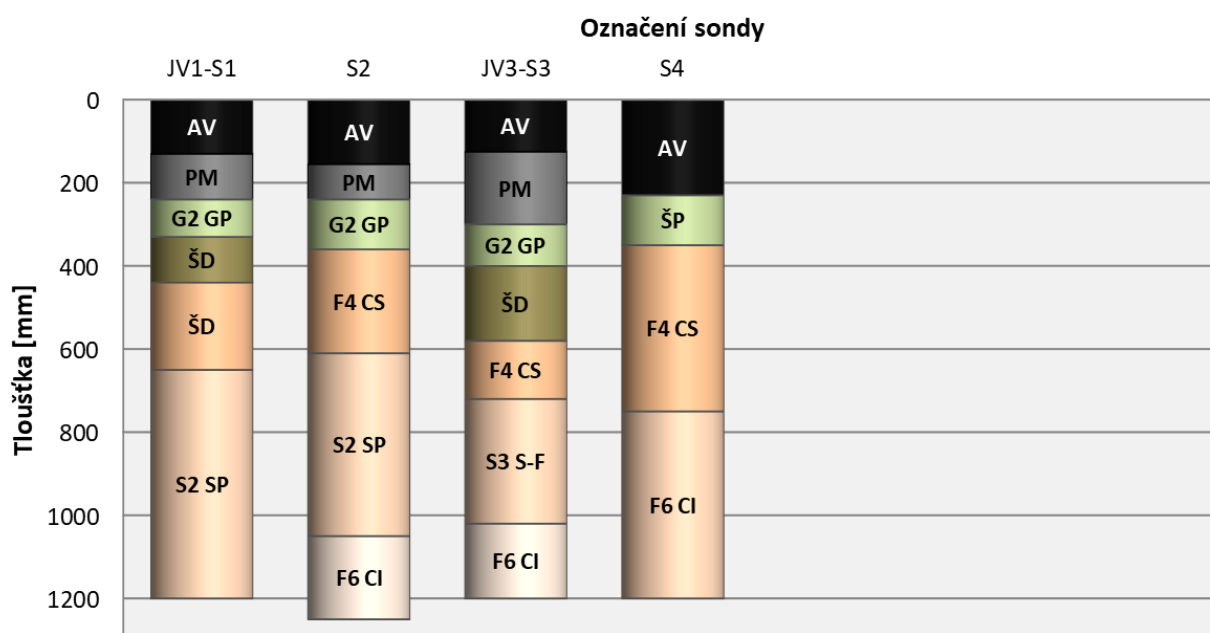
Označení	Staničení [km] jízdní pruh	Tloušťka AV [mm]	Podkladní vrstva	Nespojení AV [hloubka v mm]
JV 1 – S 1	0,050 – P	130	PM	-
JV 2	0,200 – L	125	PM	-
JV 3 – S 3	0,510 – L	125	PM	-
JV 4	0,670 – P	150	PM	65
JV 5	0,980 – L	265	ŠD	130; 205
JV 6	1,140 – L	230	ŠD	120



Graf 1: Vývrty – tloušťky vrstev vozovky

Tabulka 4: Základní údaje o sondách

Označení		JV1 – S 1		S 2		JV 3 – S 3	
Staničení [km] jízdní pruh		0,050 – P		0,360 – L		0,510 – L	
Konstrukční vrstvy – materiál, tloušťka [mm]	1	AV	130	AV	155	AV	125
	2	PM	110	PM	85	PM	175
	3	G2 GP	90	G2 GP	120	G2 GP	100
Podloží [mm]		ŠD	110	F4 CS	250	ŠD	180
		ŠD	210	S2 SP	440	F4 CS	140
		S2 SP	550	F6 CI	200	S3 S-F	300
						F6 CI	180
Σ hloubka [mm]		1 200		1 250		1 200	
Označení		S 4		-		-	
Staničení [km] jízdní pruh		0,830 – P		-		-	
Konstrukční vrstvy – materiál, tloušťka [mm]	1	AV	230	-	-	-	-
	2	ŠP	120	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-
Podloží [mm]		F4 CS	400	-	-	-	-
		F6 CI	450	-	-	-	-
Σ hloubka [mm]		1 200		-		-	


Graf 2: Sondy – tloušťky vrstev vozovky

6 LABORATORNÍ ZKOUŠKY ASFALTOVÝCH VRSTEV

6.1 ROZBOR ASFALTOVÉ SMĚSI

Na vzorcích odebraných pomocí jádrových vývrtů byly provedeny laboratorní zkoušky. Jejich účelem bylo stanovení vlastností vzorku neznámé asfaltové směsi. Protokoly laboratorních zkoušek jsou uvedeny v příloze 4.

6.2 STANOVENÍ POLYCYKlickÝCH AROMATICKÝCH UHLOVODÍKŮ (PAU)

Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU) v asfaltových vrstvách byl zjišťován plynovou chromatografií. **Při použití znovuzískaných asfaltových směsí je nutné postupovat podle vyhlášky č. 130/2019 Sb.** Výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce 5 a v příloze 5.

Tabulka 5: Rozbor asfaltových vrstev – stanovení PAU

Označení	Staničení analyzované plochy [km]	Hloubka zkoušených vrstev [mm]	Σ PAU [mg/kg]	Kvalitativní třída
JV 3 – S 3	0,000 – 0,750	0 – 55	12,7	ZAS – T2
JV 3 – S 3	0,000 – 0,750	55 – 125	30,3	ZAS – T3
JV 3 – S 3	0,000 – 0,750	125 – 300	587	ZAS – T4
JV 5	0,750 – 1,190	0 – 45	5,60	ZAS – T1
JV 5	0,750 – 1,190	45 – 130	2,12	ZAS – T1
JV 5	0,750 – 1,190	130 – 205	8,06	ZAS – T1
JV 5	0,750 – 1,190	205 – 265	6,77	ZAS – T1

7 NÁVRH OPRAVY VOZOVKY

Návrh opravy vychází z výsledků vizuální prohlídky poruch vyskytujících se na diagnostikovaném úseku vozovky, rázových zkoušek provedených zařízením FWD, odběru jádrových vývrtů a sond a provedených laboratorních rozborů.

Na diagnostikovaném úseku silnice III/41612 se vyskytují poruchy ze skupin ztráta hmoty, trhliny i deformace. Na vozovce se vyskytují především vysprávkky zhotovené nátěrovou technologií a hutněnými asfaltovými vrstvami, příčné a podélné trhliny, lokálně konstrukční poruchy (síťové trhliny) na okrajích vozovky, z čehož lze usuzovat sníženou únosnost vozovky v těchto místech.

Konstrukce vozovky se skládá z asfaltových vrstev rozdílné tloušťky (cca 130 - 260 mm). Pod asfaltovými vrstvami se nachází penetrační makadam, štěrkodrt, případně štěrk G2 GP. Podloží vozovky je tvořeno písky S2 SP, S3 S-F a jíly F6 CI, F4 CS.

Analýza průhybů změřených rázovým zařízením FWD potvrdila nízkou únosnost a vyčerpanou zbytkovou životnost vozovky. Únosnost vozovky je však velmi nehomogenní s častým střídáním únosných míst (střed vozovky) a neúnosných míst (okraje vozovky).

Výsledky stanovení obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků zařadily asfaltové vrstvy dle vyhlášky č. 130/2019 Sb. do kvalitativní třídy ZAS-T1 až ZAS-T4.

Vozovka vykazuje:

- porušené asfaltové vrstvy s výskytem konstrukčních poruch v místech okrajů vozovky,
- podkladní vrstvy, které lze využít pro recyklaci za studena na místě podle ČSN 73 6147,
- lokálně neúnosné podloží, které je nutné vyměnit v místě konstrukčních poruch.

Z uvedených důvodů je nutné:

- odstranit porušené asfaltové vrstvy,
- provést lokální sanaci podloží na okrajích vozovky,
- umožnit zpětné použití ZAS-T3/T4 recyklací na místě podle ČSN 73 6147 a zesílit podkladní vrstvy,
- zhotovit nový kryt vozovky.

7.1 KM 0,000 - 0,750 – RECYKLACE ZA STUDENA

- **Odstranit vrstvy vozovky do hloubky 50 mm pod projektovanou niveletu.**
 - Takto znovuzískaná asfaltová směs se zařazuje do kvalitativní třídy ZAS-T2 a za předpokladu dalšího využití podle § 4 vyhlášky č. 130/2019 Sb. se nestává odpadem a je vedlejším produktem.
- **Provést lokální sanaci míst porušených konstrukčními poruchami v místě okrajů vozovky do hloubky 900 mm pod projektovanou niveletu.**
 - Vyměnit materiál v aktivní zóně v tloušťce 400 mm. Použije se zemina nebo sypanina splňující podmínky vhodnosti do aktivní zóny zemního tělesa podle kap. 4 ČSN 73 6133, $E_{def,2} = 45$ MPa.
 - Pro zamezení vzájemné infiltrace materiálu aktivní zóny s materiálem zemního tělesa musí být splněna filtrační kritéria dle ČSN 73 6133. Nevyhoví-li materiály stanoveným požadavkům, je nutno mezi ně položit vhodnou separační geotextilii podle ČSN EN 13249.
 - Zhotovit zásyp ŠD_B 0/32 (ČSN 73 6126-1) po vrstvách do úrovně odfrézovaného povrchu vozovky.
 - Rozsah lokálních sanací je nutné určit po odfrézování stávajících asfaltových vrstev na základě doplňkové vizuální prohlídky. Dle provedené vizuální prohlídky se tento postup předpokládá na 10 % okrajů vozovky v šířce 1,0 - 1,5 m.
- **Provést recyklaci za studena na místě a zhotovit vrstvu RS 0/32 CA; 300 mm; ČSN 73 6147.**
 - Takto znovuzískaná asfaltová směs (recyklací za studena na místě) se podle vyhlášky č. 130/2019 Sb. zařazuje do třídy ZAS-T3 a ZAS-T4 a podle § 5 se nestává odpadem a je vedlejším produktem.
 - Z důvodu zvýšení tuhosti konstrukce vozovky a potřeby proniknutí účinku zesílení podkladních vrstev do co největší hloubky, byla zvolena tloušťka recyklace 300 mm.
 - Předpokládané dávkování asfaltové emulze 2,0 - 3,5 % v množství zbytkového asfaltu, dávkování cementu 2,5 - 5 %. Dávkování přísad bude upřesněno podle výsledků průkazní zkoušky.
- **Podle místních podmínek v době stavby provést infiltrační postřík PI-C v množství zbytkového pojiva 0,6 - 1,0 kg/m² dle ČSN 73 6129.**
 - Infiltrační postřík se doporučuje provést v případě nutnosti udržení vlhkosti (např. v létě za horkého a suchého počasí) a zvýšení odolnosti proti dopravnímu zatížení staveništní dopravou.
 - Pokud není provedení infiltračního postříku z uvedených důvodů potřebné, doporučuje se postřík nerealizovat.
- **Provést pokládku podkladní vrstvy ACP 16+ 50/70; 60 mm; ČSN 73 6121.**
- **Provést spojovací postřík PS-C v množství zbytkového pojiva 0,30 - 0,60 kg/m² dle ČSN 73 6129.**
- **Provést pokládku ohrubné vrstvy ACO 11+ 50/70; 40 mm; ČSN 73 6121.**

7.2 KM 0,750 - 1,190 – SANACE OKRAJŮ

- **Odstranit vrstvy vozovky do hloubky 100 mm pod projektovanou niveletu.**
 - Takto znovuzískaná asfaltová směs se zařazuje do kvalitativní třídy ZAS-T1 a za předpokladu dalšího využití podle § 4 vyhlášky č. 130/2019 Sb. se nestává odpadem a je vedlejším produktem.
- **Provést opravu lokálních poruch zjištěných na odfrézovaném povrchu dalším frézováním podle závažnosti v tloušťce 50 mm.**
 - Takto znovuzískaná asfaltová směs se zařazuje do kvalitativní třídy ZAS-T1 a za předpokladu dalšího využití podle § 4 vyhlášky č. 130/2019 Sb. se nestává odpadem a je vedlejším produktem.
 - Očistit povrch a provést spojovací postřík PS-C v množství zbytkového pojiva 0,30 - 0,60 kg/m² dle ČSN 73 6129.
 - Provést pokládku podkladní vrstvy ACP 16+ 50/70; 50 mm; ČSN 73 6121.
 - Rozsah lokálních oprav je nutné určit po odfrézování stávajících asfaltových vrstev na základě doplňkové vizuální prohlídky.
- **Provést lokální sanaci míst porušených konstrukčními poruchami v místě okrajů vozovky do hloubky 900 mm pod projektovanou niveletu, tj. do hloubky dalších 800 mm.**
 - Zhotovit aktivní zónu v tloušťce 400 mm. Použije se zemina nebo sypanina splňující podmínky vhodnosti do aktivní zóny zemního tělesa podle kap. 4 ČSN 73 6133, $E_{\text{def},2} = 45 \text{ MPa}$.
 - Pro zamezení vzájemné infiltrace materiálu aktivní zóny s materiálem zemního tělesa musí být splněna filtrační kritéria dle ČSN 73 6133. Nevyhoví-li materiály stanoveným požadavkům, je nutno mezi ně položit vhodnou separační geotextilii podle ČSN EN 13249.
 - Rozsah lokálních sanací je nutné určit po odfrézování stávajících asfaltových vrstev na základě doplňkové vizuální prohlídky. Dle provedené vizuální prohlídky se tento postup předpokládá na 10 % okrajů vozovky v šířce 1,0 - 1,5 m.
 - Zhotovit vrstvu ŠD_A 0/63; 200 mm; ČSN 73 6126-1. $E_{\text{def},2} = 65 \text{ MPa}$.
 - Zhotovit vrstvu ŠD_A 0/32; 150 mm; ČSN 73 6126-1. $E_{\text{def},2} = 85 \text{ MPa}$.
 - Provést pokládku podkladní vrstvy ACP 16+ 50/70; 50 mm; ČSN 73 6121.
- **Provést spojovací postřík PS-C v množství zbytkového pojiva 0,30 - 0,60 kg/m² dle ČSN 73 6129.**
- **Provést pokládku ložní vrstvy ACL 16+ 50/70; 60 mm; ČSN 73 6121.**
- **Provést spojovací postřík PS-C v množství zbytkového pojiva 0,30 - 0,60 kg/m² dle ČSN 73 6129.**
- **Provést pokládku obrušné vrstvy ACO 11+ 50/70; 40 mm; ČSN 73 6121.**

8 POSOUZENÍ NAVRŽENÉ KONSTRUKCE VOZOVKY

Posouzení nově navržených konstrukcí bylo provedeno podle TP 170 + Dodatek (2010) výpočtem vrstevnatého poloprostoru a poměrného porušení pomocí programu LayEPS.

8.1 KM 0,000 - 0,750 – RECYKLACE ZA STUDENA

Posouzení vozovky : test typ3

Uroveň porušení	D1		počet kol	2
Návrhové období	25			
delta z	1.00	C1 = .50	poloměr otisku	120.3
delta k	1.00	C2 = .70	intenzita	.55
TNVo	500.	C3 = .50	vzdálenost kol	344.0
TNVc	2281250.	C4 = 2.00		

Vrstvy :	čís.	materiál	tl.	spolupús.	poměrné porušení
	1	ACO +	40.	.000	.0000
	2	ACP +	60.	.000	.0396
	3	SC C3/4	300.	.000	.0000
		celkem	400.	min. tl.	550.

Podloží : modul střední 50. poměrné porušení .4962
modul jarní 50.

index mrazu 600.
režim pendulární
nebezpečně namrzavé

8.2 KM 0,750 - 1,190 – SANACE OKRAJŮ

Posouzení vozovky : test typ3

Uroveň porušení	D1		počet kol	2
Návrhové období	25			
delta z	1.00	C1 = .50	poloměr otisku	120.3
delta k	1.00	C2 = .70	intenzita	.55
TNVo	500.	C3 = .50	vzdálenost kol	344.0
TNVc	2281250.	C4 = 2.00		

Vrstvy :	čís.	materiál	tl.	spolupús.	poměrné porušení
	1	ACO +	40.	.000	.0000
	2	ACL +	60.	.000	.0028
	3	ACP +	50.	.000	.6618
	4	SD	200.	.000	.0000
	5	SD	150.	.000	.0000
		celkem	500.	min. tl.	550.

Podloží : modul střední 50. poměrné porušení .6516
modul jarní 50.

index mrazu 600.
režim pendulární
nebezpečně namrzavé

9 ZÁVĚR

Oprava vozovky v km 0,000 - 0,750 počítá s lokální výměnou neúnosného podloží v místě okrajů vozovky porušených konstrukčními poruchami, zhotovením recyklované podkladní vrstvy za studena na místě a nového krytu vozovky. Pro opravu byla zvolena maximální tloušťka recyklace z toho důvodu, aby účinek zesílení pronikl hlouběji a zastihl štěrkové vrstvy. Životnost konstrukce vozovky dle navržené opravy je 25 let. Tloušťka nově pokládaných asfaltových vrstev je 100 mm, niveleta se zvyšuje o 50 mm.

Oprava vozovky v km 0,750 - 1,190 je založena na lokální sanaci okrajů vozovky (včetně výměny neúnosného podloží a zhotovení nových podkladních vrstev) porušených konstrukčními poruchami a nového krytu vozovky. Životnost konstrukce vozovky dle navržené opravy je 25 let. Tloušťka nově pokládaných asfaltových vrstev je 100 mm (v místě sanace okrajů 150 mm), niveleta se nezvyšuje.

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1:** Vizuální prohlídka
Příloha 2: Výsledky měření rázovým zařízením FWD – průhyby vozovky, zbytková životnost a návrh zesílení
Příloha 3: Dokumentace jádrových vývrtů a sond
Příloha 4: Laboratorní zkoušky asfaltových vrstev – rozbor asfaltové směsi
Příloha 5: Laboratorní zkoušky asfaltových vrstev – stanovení polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU)

Řešitelský kolektiv: Ing. Ilja Březina, Ph.D. Ing. Ondřej Machel
Ing. Jiří Grošek, Ph.D.

Brno, 30. 6. 2023

Za kolektiv řešitelů:

.....
Ing. Ilja Březina, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru dopravní stavby
členské číslo ČKAIT: 1006818

Držitel oprávnění k provádění průzkumných a diagnostických prací souvisejících s výstavbou, opravami, údržbou a správou pozemních komunikací číslo 506/2021