

Diagnostika vozovky

**Silnice II/395, II/395H Moravské Bránice – průtah
(II/395 – km 27,885 – 28,171,
II/395H – km 0,000 – 0,207)**

**Zpráva (KONCEPT) pro
Správa a údržba silnic Jihomoravského kraje,
příspěvková organizace kraje
Žerotínovo náměstí 449/3, 602 00 Brno**

Únor 2024

1. Úvod

V souladu s požadavky objednatele byla vypracována diagnostika vozovky silnice II/395 a silnice II/395H v části průtahu obcí Moravské Bránice, akce „Silnice II/395, II/395H Moravské Bránice – průtah (II/395 – km 27,885 – 28,171, II/395H – km 0,000 – 0,207)“.

V úsecích byla provedena vizuální prohlídka s fotodokumentací, skladba vozovek byla posouzena odebranými jádrovými vývrty, resp. sondami a navazujícími laboratorními zkouškami, bylo provedeno měření únosnosti.

Na základě realizovaných prací je navržen způsob údržby nebo opravy vozovky.

2. Popis úseku

Silnice II/395

Délka úseku je 286 m. Pro účely diagnostiky je použito provozní staničení. Začátek úseku (km 27,885) je v místě křižovatky se silnicí II/152. Konec úseku (km 28,171) je v místě křižovatky se silnicí II/395H.

Základní šířkové uspořádání – jednosměrná komunikace (šířka však odpovídá dvěma jízdním pruhům). Komunikace je vedena v intravilánu, na pravé straně je v začáteční části úseku mělký rigol, dále navazuje provizorní chodník z panelů a v koncové části úseku je nezpevněná krajnice. Na levé straně je v celé délce mělký rigol přerušovaný v místech sjezdů k domům. Odvodnění je povrchové do uvedených rigolů.

Silnice II/395H

Délka úseku je 207 m. Pro účely diagnostiky je použito provozní staničení. Začátek úseku (km 0,000) je v místě křižovatky se silnicí II/395. Konec úseku (km 0,207) je v místě křižovatky se silnicí II/152.

Základní šířkové uspořádání – jednosměrná komunikace (šířka však odpovídá dvěma jízdními pruhy). Komunikace je vedena v intravilánu a je oboustranně ohraničena obrubníky. V úseku nebyly zaznamenány žádné vpusti nebo jiné odvodňovací prvky.

Grafické vyznačení úseku je v příloze 1.

3. Návrhová úroveň porušení, dopravní zatížení

Vzhledem k dopravnímu významu (silnice II. třídy) je komunikace zařazena do návrhové úrovně porušení D1. Dopravní zatížení komunikace je stanoveno z celostátního sčítání dopravy provedeného v roce 2020 a je udáváno hodnotou průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel (voz/den). Pro porovnání jsou uvedeny i výsledky ze sčítání z roku 2016.

Poznámka: Uvedený sčítací úsek se nachází na silnici II/395, na silnici II/395H se sčítání dopravy neprovádí.

Sčítací úsek	Rok sčítání	Všechna motorová vozidla celkem	Těžká nákladní vozidla (TNV)
6-3797	2016	2446 voz/den	460 voz/den
	2020	2813 voz/den	447 voz/den

Hodnota počtu těžkých nákladních vozidel (TNV) odpovídá střednímu dopravnímu zatížení, třída dopravního zatížení IV (101 – 500 TNV denně). V obou úsecích se jedná o pomalou dopravu v obci.

4. Vizuální prohlídka

Vozovka má v obou úsecích asfaltový kryt. Klasifikace dokumentovaných poruch byla provedena v souladu s TP 82.

Silnice II/395

Byly zaznamenány následující poruchy:

- Hlubková koroze.
- Výtlučky (na začátku úseku).
- Vysprávky (lokální vysprávky asfaltovou směsí, v části úseku na levé straně souvislá vysprávka po stavbě kanalizace).
- Mozaikové / síťové trhliny.
- Podélné trhliny, podélné rozvětvené trhliny (část ošetřena).
- Příčné trhliny, příčné rozvětvené trhliny (část ošetřena).
- Nepravidelné hrboly.
- Plošné deformace (poklesy v místech síťových trhlin).
- Jiné poruchy – zvýšené nebezpečné krajnice (na levé straně v koncové části úseku).

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je úsek zařazen do průměrného klasifikačního stupně 5.

Silnice II/395H

Byly zaznamenány následující poruchy:

- Hlubková koroze.
- Vysprávky (lokální vysprávky asfaltovou směsí, na levé straně souvislá vysprávka po stavbě kanalizace).
- Mozaikové / síťové trhliny (první část úseku).
- Příčné trhliny, příčné rozvětvené trhliny.
- Nepravidelné hrboly.
- Plošné deformace (poklesy v místech síťových trhlin).

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je úsek zařazen do průměrného klasifikačního stupně 4.

Mapové a tabulkové vyhodnocení klasifikačních stupňů a fotodokumentace je v příloze 2 a 3.

5. Jádrové vývrty, sondy

Pro ověření skladby vozovky a tloušťky konstrukčních vrstev vozovky bylo provedeno celkem 5 jádrových vývrťů, resp. 4 sondy (2 vrtané a 2 kopané).

Silnice II/395

Jádrové vývrty

Označení vývrťu	Provozní staničení [km]	Asfaltové vrstvy – tloušťka [mm]					Druh podkladní vrstvy
		A	B	C	D	Suma	
JV 5	27,959	35	55	40	-	130	Kalený štěrk
JV 2	28,085	45	87	-	-	132	Štěrkodrt'
JV 1	28,148	43	41	34	-	118	Kalený štěrk

Sondy

Označení sondy		KS 1		VS 1	
Provozní staničení [km]		28,093		28,148	
Konstrukční vrstvy – druh, tloušťka [mm]	1	Asfaltové hutněné vrstvy	100	Asfaltové hutněné vrstvy	120
	2	Kalený štěrk	160	Kalený štěrk	180
	3	Štěrkodrt'	>410	Štěrkodrt'	400
	Suma	>670		700	
Podloží vozovky		Nezastiženo		Písčítá zemina	

Provedené jádrové vývrty a sondy dokumentují asfaltové souvrství celkové tloušťky cca 120 až 130 mm položené pravděpodobně na kaleném štěrku, případně na štěrkodrti (obnova vozovky po výstavbě kanalizace). Spodní podkladní vrstva je ze štěrkodrti. Podloží vozovky bylo zastiženo v místě sondy VS 1 a tvoří ho písčítá zemina.

U vývrťů JV 1 bylo provedeno stanovení pevnosti spojení asfaltových vrstev – spojení vrstev (obrusná / ložní, ložní / podkladní asfaltová vrstva) je vyhovující.

Na vzorcích ložní a podkladní asfaltové vrstvy bylo provedeno stanovení mezerovitosti, zrnitosti a obsahu asfaltu:

- Ložní vrstva – mezerovitost vrstvy nestanovena, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 16 nebo 22 mm, obsah asfaltu 4,4, resp. 4,1 %.
- Podkladní asfaltová vrstva – mezerovitost vrstvy 8,2 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 22 mm, obsah asfaltu 6,0 %.

Na vybraných vzorcích získaných z provedených vývrtů bylo provedeno zařazení kategorie znovuzískané asfaltové směsi.

Jádrový vývrt	Vrstva	Hodnota PAU suma	Kvalitativní třída
JV 1	Obrusná vrstva (A)	2,62 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)
JV 2	Obrusná vrstva (A)	0,29 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)
JV 2	Ložní vrstva (B)	0,52 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)

Asfaltové směsi (vrstvy) klasifikované kvalitativní třídou ZAS-T1 lze označit jako vedlejší produkt nebo přestávají být odpadem, pokud je s nimi nakládáno v souladu s paragrafem 5 vyhlášky 283/2023 Sb.

Silnice II/395H

Jádrové vývrt

Označení vývrtu	Provozní staničení [km]	Asfaltové vrstvy – tloušťka [mm]					Druh podkladní vrstvy
		A	B	C	D	Suma	
JV 3	0,138	43	42	65	60	210	Penetrační makadam
JV 4	0,165	35	37	52	60	184	Penetrační makadam

Sondy

Označení sondy		KS 2		VS 2	
Provozní staničení [km]		0,087		0,138	
Konstrukční vrstvy – druh, tloušťka [mm]	1	Obrubník	200	Asfaltové hutněné vrstvy	210
	2	Betonové lože	160	Penetrační makadam	190
	3	Štěrkodrt'	240	Štěrkopísek	>500
	4	Štěrkopísek	>300	-	-
	Suma	>900		>900	
Podloží vozovky		Nezastiženo		Nezastiženo	

Provedené jádrové vývrt a sondy dokumentují asfaltové souvrství celkové tloušťky cca 180 až 210 mm položené na penetračním makadamu. Spodní podkladní vrstva je ze štěrkopísku. Podloží vozovky nebylo zastiženo.

U vývrtů JV 3 bylo provedeno stanovení pevnosti spojení asfaltových vrstev – spojení vrstev (obrusná / ložní, ložní / podkladní asfaltová vrstva, podkladní asfaltové vrstvy) je vyhovující.

Na vzorcích ložní a podkladní asfaltové vrstvy bylo provedeno stanovení mezerovitosti, zrnitosti a obsahu asfaltu:

- Ložní vrstva – mezerovitost vrstvy 6,4 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 8 mm, obsah asfaltu 5,6 %.
- Podkladní asfaltová vrstva – mezerovitost vrstvy 5,2 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 8 mm, obsah asfaltu 5,8, resp. 5,3 %.

Na vybraných vzorcích získaných z provedených vývrtů bylo provedeno zařazení kategorie znovuzískané asfaltové směsi.

Jádrový vývrt	Vrstva	Hodnota PAU suma	Kvalitativní třída
JV 4	Obrusná vrstva (A)	0,26 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)
JV 4	Ložní vrstva (B)	0,26 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)
JV 4	Podkladní asf. vrstva (C)	0,20 mg/kg suš.	ZAS-T1 (do 12 mg/kg suš.)

Asfaltové směsi (vrstvy) klasifikované kvalitativní třídou ZAS-T1 lze označit jako vedlejší produkt nebo přestávají být odpadem, pokud je s nimi nakládáno v souladu s paragrafem 5 vyhlášky 283/2023 Sb.

Protokoly o provedených zkouškách včetně fotodokumentace jsou v příloze 4.

6. Měření únosnosti

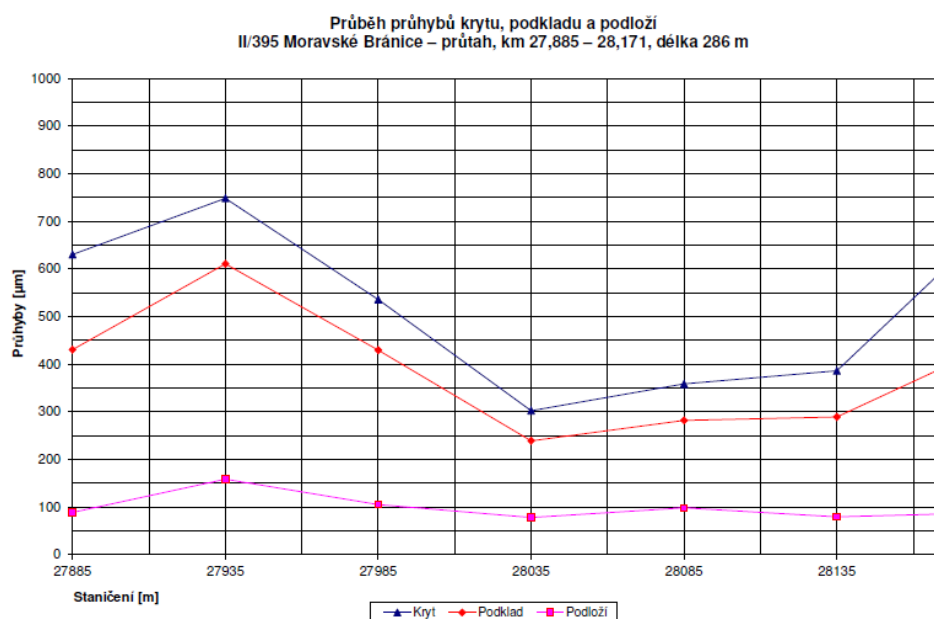
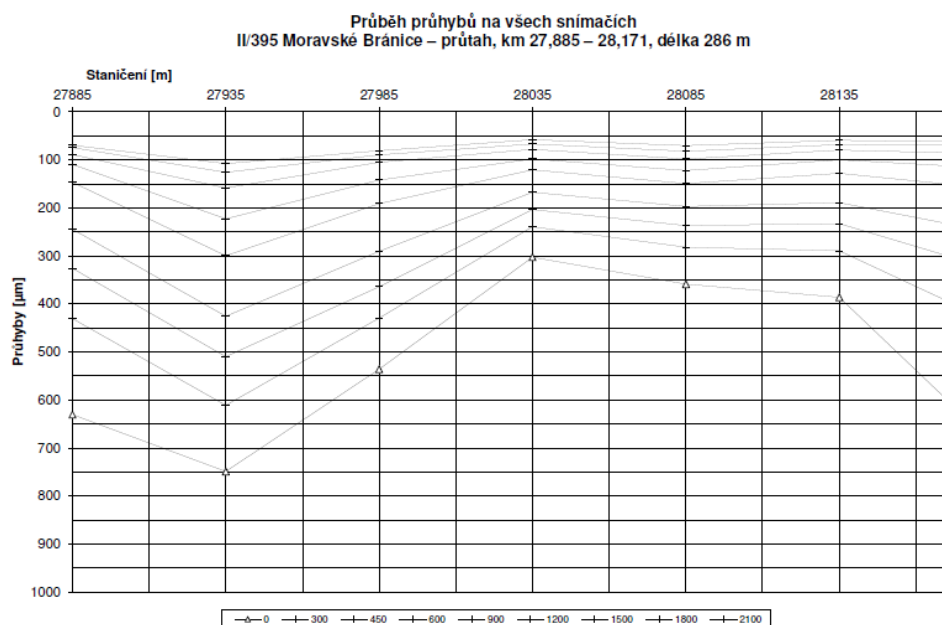
Měření únosnosti vozovky bylo provedeno v souladu s ČSN 73 6192 rázovým zatěžovacím zařízením. Rázové zatěžovací zařízení vyvoluje rázový puls pádem břemene přes tlumicí systém na kruhovou zatěžovací desku spočívající na povrchu vozovky. Krátkodobým působením rázového pulsu při zkoušce se ve vozovce vyvoluje deformace povrchu. Snímači se měří průhyby, které charakterizují průhybovou čáru v každém měřeném bodě. Tato průhybová čára je podkladem pro analýzu vlastností vozovky a jejích vrstev.

Dynamické nedestruktivní metody na principu tlumeného rázu simulují ve vozovce obdobné zatížení, jako je zatížení kolem těžkého nákladního vozidla s návrhovou nápravou jedoucího rychlostí zhruba 60 km/hod. Z naměřených hodnot průhybů se vypočítávají pomocí zpětného výpočtu rázové moduly pružnosti jednotlivých konstrukčních vrstev vozovky, které charakterizují jejich stav a slouží pro další výpočty.

Silnice II/395

Průhyby vozovky zjištěné na snímači 0 (tj. přímo v místě působení rázového pulzu) se pohybují od 302 do 748 μm , průměrně 509 μm .

Grafické vyjádření průhybů na všech snímačích je znázorněno v následujících grafech.



Moduly pružnosti:

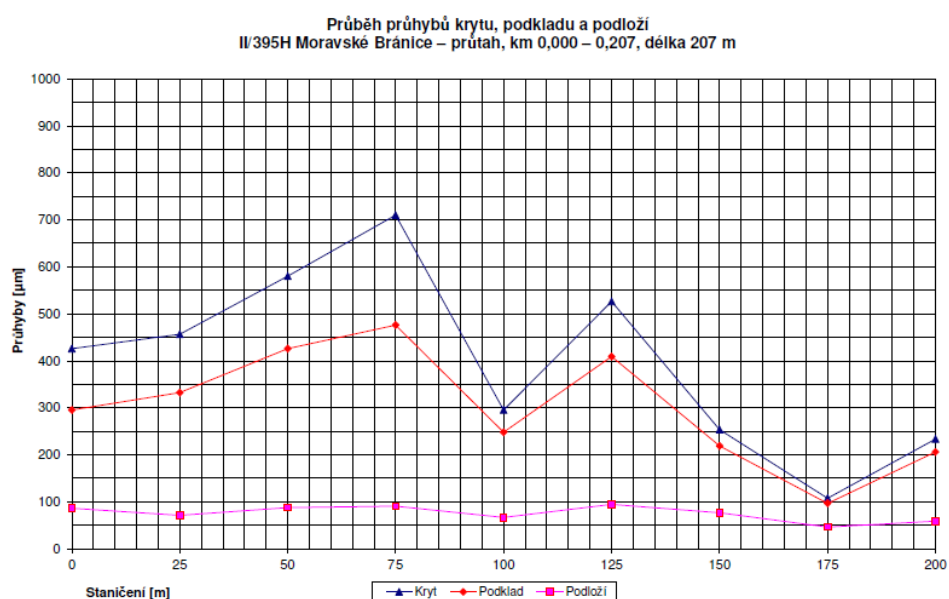
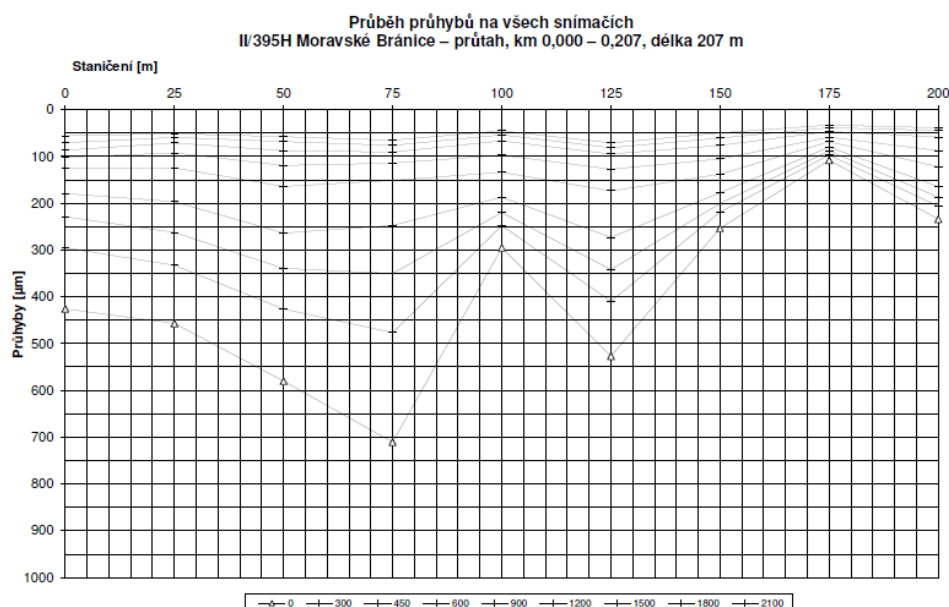
- Asfaltové vrstvy – 2556 až 10323 MPa, průměrně 6330 MPa.
- Podkladní vrstvy – 134 až 500 MPa, průměrně 287 MPa.
- Podloží vozovky – 16 až 34 MPa, průměrně 28 MPa.

Únosnost vozovky je nehomogenní, z celkového pohledu je však nevyhovující (únosná místa odpovídají pravděpodobně pouze části vozovky obnovené po stavbě kanalizace). Teoretické zesílení vozovky se pohybuje od 0 do 100 mm (průměrně 50 mm), zbytková životnost je 1 až 25 let (průměrně 12 let). Průměrný klasifikační stupeň 3.

Silnice II/395H

Průhyby vozovky zjištěné na snímači 0 (tj. přímo v místě působení rázového pulzu) se pohybují od 108 do 710 μm , průměrně 399 μm .

Grafické vyjádření průhybů na všech snímačích je znázorněno v následujících grafech.



Moduly pružnosti:

- Asfaltové vrstvy – 993 až 11000 MPa, průměrně 5520 MPa.
- Podkladní vrstvy – 116 až 1965 MPa, průměrně 393 MPa.
- Podloží vozovky – 28 až 41 MPa, průměrně 35 MPa.

Únosnost vozovky je v první části úseku nevyhovující (cca do km 0,150), v koncové části úseku je vyhovující. Teoretické zesílení vozovky se pohybuje od 0 do 120 mm (průměrně 40 mm), zbytková životnost je 0 až 25 let (průměrně 13 let). Průměrný klasifikační stupeň 3.

Podrobné výsledky z provedeného měření únosnosti jsou v příloze 5.

7. Zhodnocení porušování vozovky

Silnice II/395

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je úsek zařazen do průměrného klasifikačního stupně 5.

Krytové vrstvy vozovky v úseku jsou za hranicí své životnosti – plošně je vozovka porušena hloubkovou korozí (s vývojem výtluků) a trhlinami (trhliny podélné, příčné, mozaikové až síťové). V rámci údržby jsou prováděny vysprávkování, případně na levé straně souvislá vysprávka po stavbě kanalizace. Povrch je značně nerovný a v koncové části úseku je na levé straně zvýšená nepevněná krajnice.

Jádrovými vývrty, resp. sondami byla zjištěna netuhá vozovka. Asfaltové souvrství celkové tloušťky cca 120 až 130 mm položené pravděpodobně na kaleném šterku (v úseku bylo prováděno postupné zesilování původní vozovky asfaltovými vrstvami, na levé straně obnova vozovky po stavbě kanalizace). Kvalita krytových vrstev je však nízká (původní asfaltové vrstvy jsou značného stáří, v místě obnovené vozovky po stavbě kanalizace mají položené asfaltové vrstvy vysokou mezerovitost).

Dle Dodatku TP 170 (tabulka B.7) se pro vozovku v návrhové úrovni porušení D1 a třídě dopravního zatížení IV požaduje minimální tloušťka asfaltového souvrství 100 mm – tento požadavek je v úseku splněn, ovšem únosnost vozovky je nehomogenní a z celkového pohledu nevyhovující (únosná místa odpovídají pravděpodobně pouze části vozovky obnovené po stavbě kanalizace).

Silnice II/395H

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je úsek zařazen do průměrného klasifikačního stupně 4.

Vozovka je porušena hloubkovou korozí a vývojem trhlin (trhliny mozaikové až síťové a příčné). Na levé straně je v části úseku souvislá vysprávka po stavbě kanalizace, případně bylo provedeno několik lokálních vysprávek. Povrch vozovky je nerovný. Ačkoliv je vozovka ohraničena zvýšenými obrubníky nebyly v úseku zaznamenány žádné vpusti nebo jiné odvodňovací prvky.

Jádrovými vývrty, resp. sondami byla zjištěna netuhá vozovka. Asfaltové souvrství nadstandartní celkové tloušťky (cca 180 až 210 mm) položené na penetračním makadamu. Kvalita krytových vrstev je však nízká (původní asfaltové vrstvy jsou značného stáří, jedná se o jemnozrnné asfaltové směsi – pravděpodobně postupně pokládáné obrusné vrstvy).

Dle Dodatku TP 170 (tabulka B.7) se pro vozovku v návrhové úrovni porušení D1 a třídě dopravního zatížení IV požaduje minimální tloušťka asfaltového souvrství 100 mm – tento požadavek je v úseku splněn, ovšem únosnost vozovky je vyhovující pouze v koncové části úseku (cca od km 0,150), v začáteční části úseku je nevyhovující a odpovídá tomu i stav vozovky (síťové trhliny a deformace).

8. Návrh opravy

Silnice II/395

Na základě výsledků provedené diagnostiky jsou navrženy dva způsoby opravy:

- **Varianta 1** – výměna krytových vrstev vozovky (TP 87, VTL 6) s provedením lokálních vysprávek po frézování. Jedná se o základní a technicky jednoduchý způsob opravy vhodný však pouze pro případ, kdy by správce komunikace uvažoval pouze opravu v profilu stávající vozovky bez navazujících úprav (odvodnění, sjezdy, chodníky apod.). Oprava odstraní část stávajících asfaltových vrstev nízké kvality a nahradí je novými,

neřeší však nehomogenní skladbu konstrukce vozovky (původní vozovka, resp. vozovka obnovená po stavbě kanalizace) a nehomogenní až nevyhovující únosnost stávající vozovky – z uvedených důvodů lze očekávat pouze kratší životnost opravy.

- **Varianta 2** – celková rekonstrukce vozovky. Tato oprava je vhodná v případě celkové úpravy komunikace včetně navazujících úprav (odvodnění, sjezdy, chodníky apod.). Pouze celková rekonstrukce zajistí vybudování nové vozovky v souladu s platnými předpisy pro budování vozovek, sjednotí konstrukci v celém profilu vozovky a zajistí dlouhodobou životnost.

Poznámka: V případě volby způsobu opravy se předpokládá koordinace se souvisejícím úsekem – silnice II/395H.

Varianta 1 – výměna krytových vrstev

- Frézování 100 mm.
- Vizuální prohlídka ofrézovaného povrchu. Vyznačení lokálních vysprávek v místech pokračujících trhlin, rozpadů, poruch na okrajích apod.
- Provedení lokálních vysprávek ve vyznačených místech. Lokální frézování 50 mm, spojovací postřík, pokládka ACP 16S v tloušťce 50 mm.
Provedení lokálních vysprávek se doporučuje uvažovat na 30 % plochy.
- Očištění povrchu, spojovací postřík, pokládka ložní vrstvy ACL 16S v tloušťce 50 mm.
- Očištění povrchu, spojovací postřík, pokládka ohrubné vrstvy ACO 11+ v tloušťce 50 mm.
- Doplnění / úprava nezpevněných krajnic.
- Navrženým postupem nedojde k navýšení povrchu (zesílení vozovky).

Varianta 2 – celková rekonstrukce vozovky

S ohledem na dopravní význam komunikace a její polohu je navržena skladba konstrukce vozovky pro střední dopravní zatížení včetně uvažování jednosměrné dopravy a pomalé dopravy v obci.

Asfaltový beton pro ohrubné vrstvy (alt. asfaltový koberec mastixový)	ACO 11+ SMA 16S)	50 mm	ČSN 73 6121
Postřík spojovací	PS		ČSN 73 6129
Asfaltový beton pro ložní vrstvy	ACL 16S	50 mm	ČSN 73 6121
Postřík spojovací	PS		ČSN 73 6129
Asfaltový beton pro podkladní vrstvy	ACP 16S	50 mm	ČSN 73 6121
Postřík infiltrační	PI		ČSN 73 6129
Štěrkodrt'	ŠD _A	150 mm	ČSN 73 6126-1
Štěrkodrt'	ŠD _A	200 mm	ČSN 73 6126-1
Celkem		500 mm	

Zemní pláň – požadovaná únosnost vyjádřená modulem přetvárnosti $E_{def,2}$ je minimálně 45 MPa.

V podloží vozovky se předpokládá výskyt zemin podmínečně vhodných pro podloží vozovky (aktivní zónu). V souladu s ČSN 73 6133 se doporučuje v rámci předprojektové přípravy uvažovat tloušťku úpravy podloží vozovky 300 až 400 mm.

Silnice II/395H

- **Km 0,000 – 0,150** – v této části úseku lze navrhnout stejné způsoby oprav jako v případě silnice II/395 (viz výše), tj. rychlá a technicky jednoduchá oprava výměnou krytových vrstev (Varianta 1), ovšem s očekávanou kratší životností nebo celková rekonstrukce vozovky (Varianta 2) zajišťující dlouhodobou životnost.

Poznámka: V případě volby způsobu opravy se předpokládá koordinace se souvisejícím úsekem – silnice II/395.

- **Km 0,150 – 0,207** – v této části úseku byla zjištěna vyhovující únosnost vozovky a dostatečná celková tloušťka asfaltových vrstev a je zde navržena výměna krytových vrstev vozovky (TP 87, VTL 6) s provedením lokálních vysprávek po frézování. **Postup opravy odpovídá Variantě 1 navržené pro úsek silnice II/395 (viz výše).**

9. Závěr

V souladu s požadavky objednatele byla vypracována diagnostika vozovky silnice II/395 a silnice II/395H v části průtahu obcí Moravské Bránice, akce „Silnice II/395, II/395H Moravské Bránice – průtah (II/395 – km 27,885 – 28,171, II/395H – km 0,000 – 0,207)“.

Na základě výsledků provedené diagnostiky je v obou úsecích jako Varianta 1 navržena oprava výměnou krytových vrstev vozovky (základní způsob opravy s kratší očekávanou životností) a jako Varianta 2 oprava provedením celkové rekonstrukce vozovky (zajištění dlouhodobé životnosti). Výjimkou je koncová část úseku silnice II/395H, kde je navržena pouze výměna krytových vrstev vozovky.

Zpracoval:

Ing. Petra Pohanková

Ing. Miroslav Skřeček

Ing. Martin Pohanka

Pověřený MD ČR k provádění diagnostiky (oprávnění číslo 548/2023)

Zodpovědný za vypracování:

Ing. David Frýbort

Zástupce vedoucího ZL CONSTUTEST s.r.o.

Přílohy

Příloha 1 – Grafické vyznačení úseku

Příloha 2 – Mapové grafické znázornění a tabulka klasifikačních stupňů

Příloha 3 – Fotodokumentace

Příloha 4 – Protokoly o zkouškách

Příloha 5 – Měření únosnosti