

**Diagnostika vozovky
Silnice III/4317 Kojátky,
od přeložky po začátek obce
(km 0,075 – 0,880)**

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

Červen 2023

1. Úvod

V souladu s požadavky objednatele byla vypracována diagnostika vozovky silnice III/4317 v úseku od mostu ev. č. 4317-1 po začátek obce Kojátky, akce „Silnice III/4317 Kojátky, od přeložky po začátek obce (km 0,075 – 0,880)“.

V úseku byla provedena vizuální prohlídka s fotodokumentací, skladba vozovky 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

Délka úseku je 805 m. Pro účely diagnostiky je použito provozní staničení. Začátek úseku (km 0,075) je za mostem ev. č. 4317-1. Konec úseku (km 0,880) je na začátku obce Kojátky.

Základní šířkové uspořádání – obousměrná komunikace s jedním jízdním pruhem v každém směru. Komunikace je vedena v extravilánu, na zpevněný povrch vozovky navazují nezpevněné krajnice, odvodnění je povrchové do souběžných příkopů, případně na svahy zemního tělesa komunikace.

Grafické vyznačení úseku je v příloze 1.

3. Návrhová úroveň porušení, dopravní zatížení

Vzhledem k dopravnímu významu (silnice III. třídy) je komunikace zařazena do návrhové úrovně porušení D1. Dopravní zatížení je udáváno hodnotou průměrné denní intenzity provozu těžkých nákladních vozidel (voz/den). V řešeném úseku se neprovádí celostátní sčítání dopravy.

S ohledem na dopravní význam komunikace a její polohu se předpokládá hodnota počtu těžkých nákladních vozidel (TNV) v třídě dopravního zatížení V (15 – 100 TNV denně), což odpovídá lehkému dopravnímu zatížení.

4. Vizuální prohlídka

Vozovka má v první části úseku asfaltový kryt (nová konstrukce vozovky), dále navazuje původní vozovka s krytem z penetračního makadamu. Klasifikace dokumentovaných poruch byla provedena v souladu s TP 82.

Km 0,075 – 0,205

V této části úseku byla vybudována nová konstrukce vozovky v souvislosti s úpravou směrového vedení silnice II/431, na kterou je řešený úsek napojen.

V úseku nebyly zaznamenány žádné poruchy – klasifikační stupeň 1.

Km 0,205 – 0,880

V této části úseku je původní vozovka s krytem z penetračního makadamu. V této části úseku byly zaznamenány následující poruchy:

- Hloubková koroze.

- Výtluky.
- Vysprávky (provizorní vysprávky výtluků, ve velkém rozsahu lokální nebo souvislé vysprávky okrajů vozovky).
- Mozaikové trhliny.
- Síťové trhliny (ve velkém rozsahu na okrajích vozovky).
- Nepravidelné hrboly (důsledek prováděných vysprávek).
- Plošné deformace (poklesy v místech síťových trhlin).
- Jiné poruchy – zvýšené nezpevněné krajnice, zanesené příkopy.

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je tato část úseku zařazena do klasifikačního stupně 5.

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 byly provedeny celkem 4 jádrové vývrty a 4 sondy.

Jádrové vývrty

Označení vývrtu	Provozní staničení [km]	Asfaltové vrstvy – tloušťka [mm]				Druh podkladní vrstvy
		A	B	C	Suma	
JV 1	0,175	35	46	49	130	Štěrkodrt'
JV 2	0,375	15 (nátěr)	-	-	15	Penetrační makadam
JV 3	0,575	35	37	-	72	Penetrační makadam
JV 4	0,775	6 (nátěr)	-	-	6	Penetrační makadam

Sondy

Označení sondy		KS 1		VS 1	
Provozní staničení [km]		0,275		0,575	
Konstrukční vrstvy – druh, tloušťka [mm]	1	Nátěr	30	Asfaltové hutněné vrstvy	70
	2	Penetrační makadam	110	Penetrační makadam	160
	Suma	140		230	
Podloží vozovky		Hlinitá zemina		Hlinitá zemina	

Sondy – pokračování tabulky

Označení sondy		KS 2		VS 2	
Provozní staničení [km]		0,675		0,775	
Konstrukční vrstvy – druh, tloušťka [mm]	1	Nátěr	40	Nátěr	6
	2	Penetrační makadam	90	Penetrační makadam	134
	3	-	-	Štěrkodrt'	260
	Suma	130		400	
Podloží vozovky		Hlinitá zemina		Hlinitá zemina	

V první části úseku (km 0,075 – 0,205) bylo zastiženo asfaltové souvrství celkové tloušťky 130 mm položené na nestmelené podkladní vrstvě – jedná se o novou konstrukci vozovky, která byla vybudována v souvislosti s úpravou směrového vedení silnice II/431, na kterou je řešený úsek napojen.

Ve zbývajících částech úseku (km 0,205 – 0,880) je původní vozovka s krytem z penetračního makadamu opatřeného nátěrem. V místech vysprávek okrajů vozovky je asfaltový kryt. Celková tloušťka konstrukce vozovky je velmi malá (na okrajích vozovky pouze zjištěno 130, resp. 140 mm, ve středové části pak 230, resp. 400 mm). V podloží vozovky byla zastižena hlinitá zemina.

V místě vývrtu JV 1 bylo provedeno stanovení pevnosti spojení asfaltových vrstev – stanovené výsledky jsou vyhovující.

Na vzorcích obrusné, ložní a podkladní asfaltové vrstvy (JV 1) bylo provedeno stanovení mezerovitosti, zrnitosti a obsahu asfaltu:

- Obrusná vrstva – mezerovitost vrstvy 3,3 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 11 mm, obsah asfaltu 5,4 %.
- Ložní vrstva – mezerovitost vrstvy 10,2 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 16 mm, obsah asfaltu 4,5 %.
- Podkladní asfaltová vrstva – mezerovitost vrstvy 6,7 %, asfaltová směs typu asfaltový beton zrnitosti 16 mm, obsah asfaltu 5,1 %.

Na vybraných asfaltových směsích získaných z provedených vývrtů bylo provedeno zařazení kategorie znovuzískané asfaltové směsi dle Vyhlášky č. 130/2019 Sb.

Jádrový vývrt	Vrstva	Hodnota PAU suma	Kvalitativní třída
JV 2	Obrusná vrstva (A) + Penetrační makadam	259,60 mg/kg suš.	ZAS-T3 (25 až 300 mg/kg suš.)
JV 3	Obrusná vrstva (A) + Ložní vrstva (B)	11,26 mg/kg suš.	ZAS-T2 (12 až 25 mg/kg suš.)
JV 4	Obrusná vrstva (A) + Penetrační makadam	125,89 mg/kg suš.	ZAS-T3 (25 až 300 mg/kg suš.)

Asfaltové směsi (vrstvy) klasifikované kvalitativní třídou ZAS-T2 lze označit jako vedlejší produkt nebo přestávají být odpadem, pokud je s nimi nakládáno v souladu s paragrafem 3 a 4 zmíněné vyhlášky. Asfaltové směsi (vrstvy) klasifikované kvalitativní třídou ZAS-T3 lze označit jako vedlejší produkt nebo přestávají být odpadem, pokud je s nimi nakládáno v souladu s paragrafem 3 a 5 zmíněné vyhlášky.

Protokoly o provedených zkouškách včetně fotodokumentace jsou v příloze 4.

6. Měření únosnosti

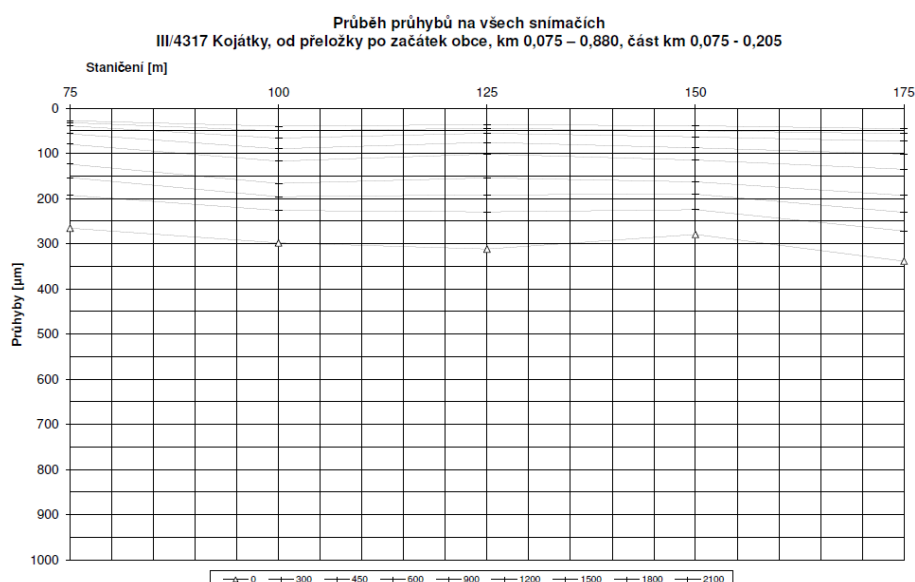
Měření únosnosti vozovky bylo provedeno v souladu s ČSN 73 6192 rázovým zatěžovacím zařízením. Rázové zatěžovací zařízení vyvoluje rázový puls pádem břemene přes tlumící systém na kruhovou zatěžovací desku spočívající na povrchu vozovky. Krátkodobým působením rázového pulsu při zkoušce se ve vozovce 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.

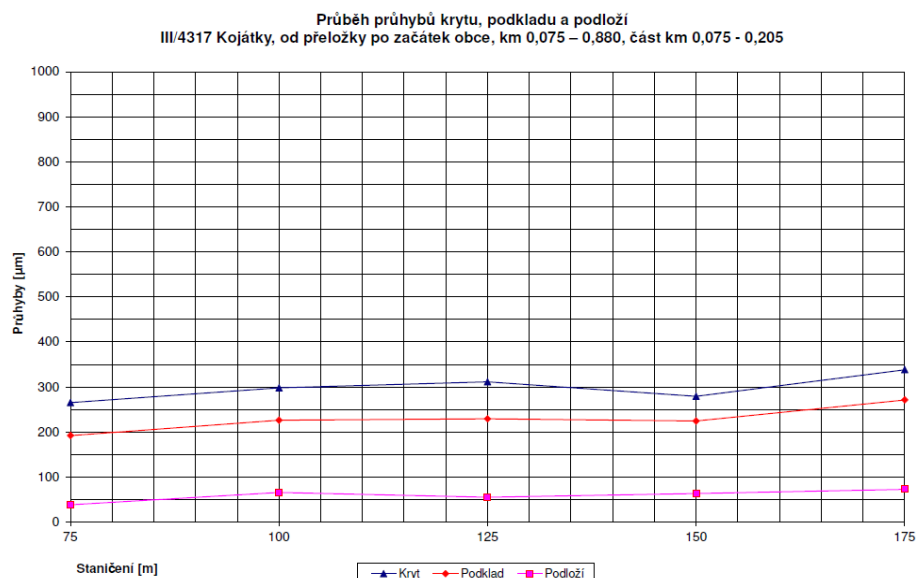
Dynamické nedestruktivní metody na principu tlumeného rázu simulují ve vozovce obdobné zatížení, jako je zatížení kolem těžkého nákladního vozidla s návrhovou nápravou jedoucího rychlostí zhruba 60 km/hod. Z naměřených hodnot průhybů se vypočítávají pomocí zpětného výpočtu rázové moduly pružnosti jednotlivých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

Km 0,075 – 0,205

Průhyby vozovky zjištěné na snímači Y1 (tj. přímo v místě působení rázového pulzu) se pohybuji od 265 do 338 μm , průměrně 299 μm .

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





Moduly pružnosti:

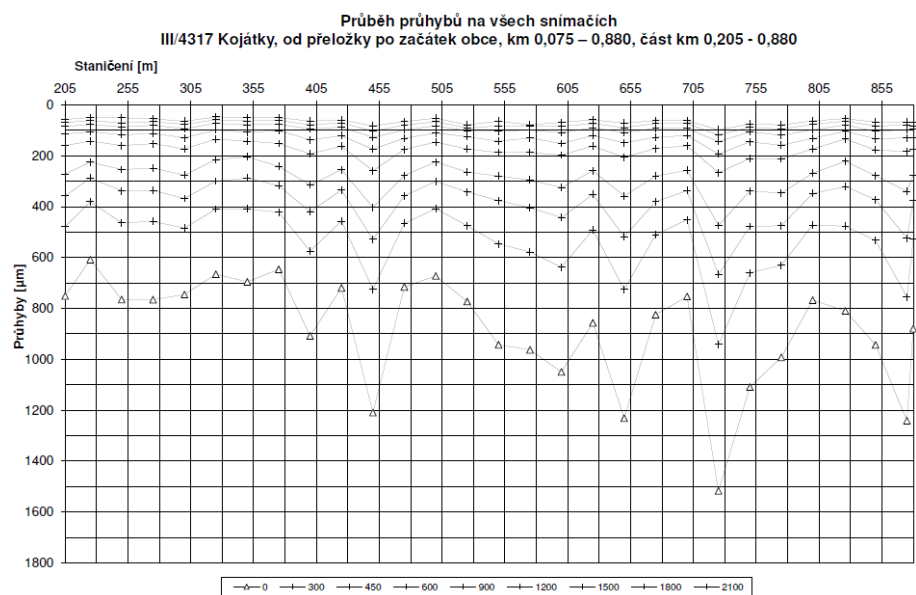
- Asfaltové vrstvy – 6118 až 10549 MPa, průměrně 7934 MPa.
- Podkladní vrstvy – 514 až 756 MPa, průměrně 613 MPa.
- Podloží vozovky – 41 až 76 MPa, průměrně 53 MPa.

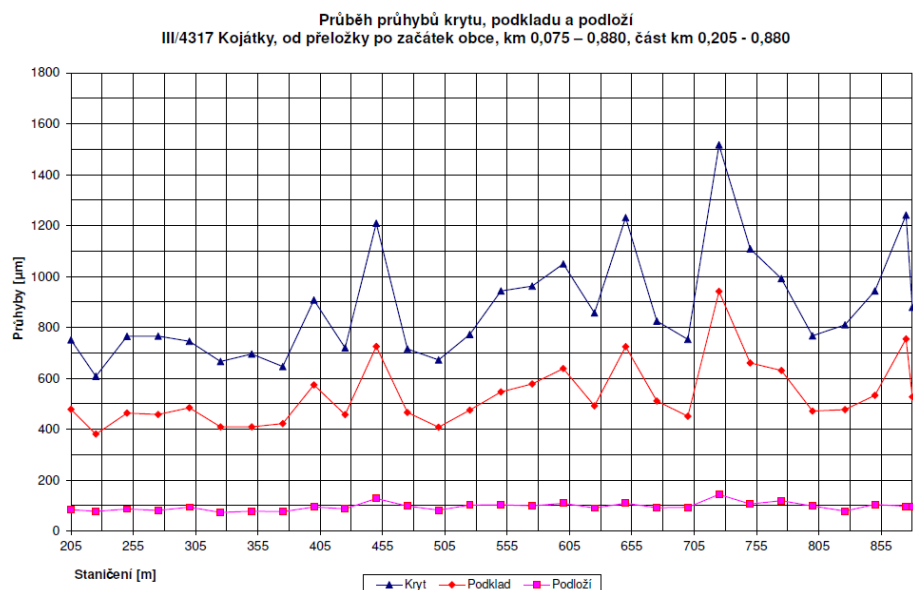
Únosnost vozovky je v této části úseku vyhovující. Teoretické zesílení je nulové, zbytková životnost vozovky je 25 let.

Km 0,205 – 0,880

Průhyby vozovky zjištěné na snímači Y1 (tj. přímo v místě působení rázového pulzu) se pohybují od 608 do 1517 μm , průměrně 880 μm .

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





Moduly pružnosti:

- Krytová vrstva (nátěr, penetrační makadam) – 460 až 1233 MPa, průměrně 763 MPa.
- Podkladní vrstva – 116 až 596 MPa, průměrně 304 MPa.
- Podloží vozovky – 25 až 53 MPa, průměrně 41 MPa.

Únosnost vozovky je v této části úseku nevyhovující. Teoretické zesílení se pohybuje od 20 do 140 mm (průměrně 80 mm), zbytková životnost vozovky se pohybuje od 0 do 8 let (průměrně pouze 2 roky).

Podrobné výsledky z provedeného měření únosnosti jsou v příloze 5.

7. Zhodnocení porušování vozovky

Km 0,075 – 0,205

V této části úseku je nová konstrukce vozovky vybudována v souvislosti s úpravou směrového vedení silnice II/431, na kterou je řešený úsek napojen.

Vozovka nevykazuje žádné poruchy (klasifikační stupeň 1).

Km 0,205 – 0,880

Z hlediska druhu a rozsahu zaznamenaných poruch je tato část úseku zařazena do klasifikačního stupně 5.

Plošně je vozovka porušena hloubkovou korozí a vývojem výtlučků, případně byly zaznamenány mozaikové trhliny. Okraje vozovky jsou souvisle porušeny síťovými trhlinami doprovázenými plošnými deformacemi (poklesy), případně jsou zde provedeny vysprávký (souvisle nebo lokálně). V úseku jsou zvýšené nezpevněné krajnice a zanesené příkopy.

Jádrovými vývrty, resp. sondami byla zjištěna netuhá vozovka – ve středové části vozovky je původní kryt z penetračního makadamu (opatřený nátěrem), okraje jsou ve velké četnosti vyspraveny (asfaltový kryt). Dle provedených sond byl zjištěn rozdíl ve skladbě konstrukce vozovky ve středové části vozovky a na okrajích vozovky (na okrajích zjištěna výrazně menší celková skladba konstrukce vozovky – pravděpodobně dodatečné rozšíření vozovky).

Dle Dodatku TP 170 (tabulka B.7) se pro vozovku v návrhové úrovni porušení D1 a třídě dopravního zatížení V požaduje minimální tloušťka asfaltového souvrství 80 mm – tento požadavek není v této části úseku splněn. Únosnost vozovky je nevyhovující (odpovídá zjištěnému rozdílu v konstrukci vozovky a vývoji konstrukčních poruch na okrajích).

8. Návrh opravy

Km 0,075 – 0,205

Vozovka v této části úseku nevykazuje žádné poruchy (klasifikační stupeň 1) – není nutná údržba nebo oprava vozovky.

Km 0,205 – 0,880

Na základě výsledků provedené diagnostiky a v souladu se záměry správce komunikace jsou v této části úseku navrženy následující varianty oprav:

- **Varianta 1** – oprava zesílením stávající vozovky (vysprávký porušených okrajů, vyrovnávací ložní vrstva, nová obrusná vrstva). S ohledem na zjištěný stav vozovky (vývoj konstrukčních poruch, nevyhovující únosnost, malá celková tloušťka konstrukce vozovky) se jedná provizorní způsob opravy s omezenou očekávanou životností. Jedná se však o variantu ekonomicky nejvýhodnější a realizovatelnou s ohledem na nízký dopravní význam komunikace a nízké dopravní zatížení.
- **Varianta 2** – oprava s využitím technologie recyklace za studena na místě (TP 87, VTL 11) a pokládka nových asfaltových vrstev. Porušené okraje vozovky budou sanovány, následně provedená recyklace částečně zvýší únosnost vozovky a připraví relativně homogenní podklad pro pokládku nových asfaltových vrstev. S ohledem na zjištěný stav vozovky (malá celková tloušťka konstrukce vozovky) se jedná o způsob opravy s přiměřenou očekávanou životností.
- **Varianta 3** – celková rekonstrukce vozovky. Tímto způsobem se zajistí vybudování vozovky v souladu s platnými předpisy pro budování vozovek, jedná se však o technicky, ekonomicky a časově nejnáročnější způsob a je otázkou, zda je pro správce komunikace přijatelný (s ohledem na nízký dopravní význam komunikace).

Varianta 1 – zesílení vozovky, lokální vysprávký

- Odstranění zvýšených nebezpečných krajnic, dle potřeby údržba odvodnění.
- Vizuální prohlídka – vyznačení vysprávek porušených okrajů (vyznačí se porušená místa dosud nevyspravená, případně opětovně porušené dříve provedené vysprávký).
- Provedení vysprávek porušených okrajů. Frézování / vybourání 50 mm, spojovací postřik, pokládka ACP 16+ v tloušťce nejméně 50 mm (v místech poklesů bude vysprávka provedena jako vyrovnávací vrstva v potřebné tloušťce).

Poznámka: Provedení vysprávek okrajů se doporučuje uvažovat oboustranně (uvažovaná šířka vysprávký na jedné straně je cca 1 m, předpokládaná délka na jedné straně je cca 75 % délky úseku).

- Očištění povrchu, spojovací postřik, vyrovnávací ložní vrstva ACL 16+, tloušťka vrstvy proměnná (průměrně cca 30 mm).
- Očištění povrchu, spojovací postřik, pokládka obrusné vrstvy ACO 11+ v tloušťce 50 mm.
- Doplnění / úprava nebezpečných krajnic.
- Navrženým postupem opravy dojde k navýšení povrchu (zesílení vozovky) nejméně o 50 mm (dle tloušťky vyrovnávací ložní vrstvy).

Varianta 2 – recyklace za studena, pokládka nových asfaltových vrstev, sanace okrajů vozovky

- Odstranění zvýšených nezpevněných krajnic, dle potřeby údržba odvodnění.
- Sanace okrajů vozovky:
 - Odstranění stávající konstrukce vozovky (vysprávký, penetrační makadam, případně štěrkodrt', pokud bude zastižena) a dále odstranění zeminy v podloží vozovky na úroveň zemní pláň (480 mm pod požadovaný povrch, 380 mm pod stávající povrch).
Poznámka: V rámci bouracích prací budou odděleně ukládány materiály ze stávající konstrukce vozovky pro zpětné použití.
 - Posouzení zeminy v podloží vozovky (aktivní zóna), požadovaná únosnost v úrovni zemní pláň vyjádřená modulem přetvárnosti $E_{def,2}$ je minimálně 45 MPa.
Poznámka: 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.
 - Provedení spodní podkladní vrstvy ze štěrkodrti ŠD_A v tloušťce 200 mm.
 - Do úrovně stávajícího povrchu doplnění a zhutnění materiálu získaného z původní konstrukce vozovky (případně s doplněním štěrkodrti) v tloušťce 180 mm.
- Provedení podkladní vrstvy vozovky recyklací za studena s pojivy cement (příp. jiné hydraulické pojivo) a asfaltová emulze (příp. asfaltová pěna). Recyklace bude provedena v souladu s TP 208, finální tloušťka recyklované vrstvy je 180 mm.
- Očištění povrchu, infiltrační postřik, ložní vrstva ACL 16+ v tloušťce 50 mm.
- Očištění povrchu, spojovací postřik, obrusná vrstva ACO 11+ v tloušťce 50 mm.
- Navrženým postupem opravy dojde k navýšení povrchu (zesílení vozovky) o 100 mm.
- Doplnění / úprava nezpevněných krajnic.

Varianta 3 – celková rekonstrukce vozovky

S ohledem na dopravní význam komunikace a její polohu je navržena skladba konstrukce vozovky pro lehké dopravní zatížení.

Asfaltový beton pro obrusné vrstvy	ACO 11+	50 mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6121
Postřik spojovací	PS		ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Asfaltový beton pro podkladní vrstvy	ACP 16+	70 mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6121
Postřik infiltrační	PI		ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Štěrkodrt'	ŠD _A	180 mm	ČSN EN 13285, ČSN 73 6126-1
Štěrkodrt'	ŠD _A	150 mm	ČSN EN 13285, ČSN 73 6126-1
Celkem		450 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.

9. Závěr

V souladu s požadavky objednatele byla vypracována diagnostika vozovky silnice III/4317 v úseku od mostu ev. č. 4317-1 po začátek obce Kojátky, akce „Silnice III/4317 Kojátky, od přeložky po začátek obce (km 0,075 – 0,880)“.

V první části úseku (km 0,075 – 0,205) nevykazuje vozovka žádné poruchy, není zde navržena žádná údržba nebo oprava. Ve zbývajících částech úseku (km 0,205 – 0,880) je na základě výsledků provedené diagnostiky navržena jako Varianta 1 oprava provedením vysprávek okrajů a celkové zesílení vozovky položením asfaltových vrstev (provizorní oprava). Jako Varianta 2 je navržena oprava recyklací za studena a pokládka nových asfaltových vrstev (včetně sanací okrajů vozovky) a jako Varianta 3 pak celková rekonstrukce vozovky.

Zpracoval:

Ing. Miroslav Skřeček

Ing. David Frýbort

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