

TP 82 Katalog poruch netuhých vozovek

Ing. Jan Zajíček

Úvod

Při provádění Diagnostického průzkumu je zásadním předpokladem znalost druhů poruch, jejich příčin a následného vývoje.

Porušování vozovky (vznik poruch) je způsobeno jejím namáháním.

Proto je důležité vědět, o jaké namáhání se jedná.

- ▶ Dopravní zatížení (jeho dynamické účinky)
- ▶ Působení vody a mrazu
- ▶ Působení vzdušného kyslíku
- ▶ Promrznutí vozovky až do podloží
- ▶ Střídání teplot

Způsoby namáhání konstrukce vozovky a jejich dopady na konstrukční vrstvy a podloží si ukážeme v následujících tabulkách.

Způsoby namáhání konstrukce vozovky

Způsoby namáhání konstrukce vozovky	Působení namáhání		
	Dotčená část konstrukce vozovky nebo podloží	Dopady způsobené namáháním	Eliminace dopadů namáhání
Dopravní zatížení	Všechny vrstvy	Opakované průhyby vozovky pod tíhou jedoucích vozidel časem způsobují porušování stmelěných vrstev únavou	Správně navržená vozovka - dostatečná tloušťka vrstev - únosné podloží
	Podloží	Opakované průhyby podloží pod vozovkou časem v podloží způsobují trvalé deformace	Správně navržená vozovka - dostatečná tloušťka vrstev - únosné podloží (vhodný materiál, odvodnění)
	Asfaltové vrstvy	Tvorba trvalých deformací	Vhodná asfaltová směs, vhodný asfalt, dostatečná mezerovitost směsi
	Cementobetonový kryt	Vertikální posun desek - pouze u cementobetonových krytů s nevyztuženými a nekotvenými spárami	Utěsnění spár a trhlin, kotvení desek kluznými trny
	Obrusná vrstva	Ohlazování zrn kameniva a tím ztráta protismykových vlastností	Použití vhodného kameniva
		Obrušování povrchu působením smykových napětí pod koly	Dodržení technologie, zejména správné hutnění

Způsoby namáhání konstrukce vozovky

Způsoby namáhání konstrukce vozovky	Působení namáhání		
	Dotčená část konstrukce vozovky nebo podloží	Dopady způsobené namáháním	Eliminace dopadů namáhání
Působení vody a mrazu	Obrusná vrstva, při průsaku trhlinami všechny vrstvy, podloží	Postupný rozpad krytu a stmelených podkladních vrstev, snížení únosnosti nestmelených podkladních vrstev a podloží	Dostatečné hutnění vrstev, utěsnění spár a ošetření trhlin
Působení vzdušného kyslíku	Asfaltové vrstvy	Oxidace asfaltového pojiva, jehož penetrace klesá, ztrácí viskoelastické vlastnosti	Dostatečné hutnění vrstev, vhodný asfalt
Promrznutí vozovky až do podloží	Stmelené vrstvy	Vznik trhlin při nepravidelném mrazovém zdvihu	Správně navržená vozovka - dostatečná tloušťka vrstev - homogenní podloží
	Podloží	Pokles únosnosti podloží při tání	Správně navržená vozovka - dostatečná tloušťka vrstev - nenamrzavé podloží
Změny teplot	Asfaltové vrstvy	Při velmi nízkých teplotách asfaltová směs ztrácí své viskoelastické vlastnosti a vznikají příčné a podélné trhliny	Vyhnout se používání příliš tvrdých asfaltů
	Cementobetonový kryt	Dilatační pohyby desek, které mohou vést k uvolňování těsnění spár	Kvalitní těsnění spár

Rozlišování a pojmenování poruch

TP 82 zavádí jednotný systém klasifikace poruch.

- ▶ Prvním krokem je dělení poruch do následujících skupin
 - ▶ Ztráta protismykových vlastností
 - ▶ Ztráta hmoty
 - ▶ Trhliny
 - ▶ Deformace
 - ▶ Jiné

TP 82 prošlo revizí

- ▶ To se dotklo i drobných změn v zařazení a názvech a poruch, které lépe vystihují realitu a v zavedení prakticky srozumitelné klasifikace stavu porušení vozovek.

Rozlišování a pojmenování poruch

Základem je tabulka obsahující přehled poruch netuhých vozovek.

Základní kapitoly TP 82

- Klasifikace poruch
- Mechanismy porušování vozovek
- Sběr poruch
- Klasifikace stavu porušení vozovek
- PŘÍLOHA Katalogové listy poruch

Porušená konstrukční vrstva	Skupina poruch	číslo kat. listu	Název poruchy	Vývojové stádium poruchy, závažnost poruchy			Měřitelné parametry vozovky
povrch	ztráta protismykových vlastností	1	ohlazení kameniva (ztráta mikrotextury)				Fp
		2	pocení (ztráta makrotextury)				MPD, MTD
obrusná vrstva	ztráta hmoty	3	kaverny	zvyšující se četnost na jednotku plochy			
		4	opotřebení EKZ, EMK	"ztráta"	"olupování"		
		5	ztráta kameniva z nátěru				
		6	hloubková koroze	ztráta asf.tmelu	ztráta kameniva	rozpad vrstvy	
		7	výtluk	v obrusné vrstvě		v krytu	
krytové vrstvy	trhliny	8	příčné	úzké < 0,5 cm	široké 0,5 - 5 cm	rozvětvené	
		9	podélné				
		10	mozaikové trhliny				
		11	síťové trhliny				únosnost
konstrukce vozovky	deformace	12	vyjeté koleje*	< 1 cm	1-3 cm	> 3 cm	profilograf
		13	plošné deformace vozovky	< 1 cm	1-3 cm	> 3 cm	IRI
		14	hrbol	lokální místní	plošný	přes celou šířku	
		15	pokles	lokální místní	plošný	přes celou šířku	
		16	prolomení vozovky				
	jiné	17	olamování okrajů				
		18	vysprávký	**			
		19	nepravidelné hrboly	lokální		plošné	
		20	puchýře ve vrstvě AC/MA	zvyšující se četnost na jednotku plochy			
		21	poruchy odvodnění	výron vody přes kryt vozovky, zvýšená krajnice, zanesené příkopy			

Hodnocení stavu povrchu vozovek

Než přejdeme k výkladu poruch, téma Klasifikace stavu porušení vozovek si zaslouží pozornost, protože je návodem pro zhodnocení stavu vozovky.

► Rozlišujeme 5 kategorií hodnocení stavu

1. **Výborný** – bez poruch
2. **Dobrý** – pouze ojedinělé méně významné poruchy, odpovídá stavu na konci záruky
3. **Vyhovující** – většinou lokální poruchy řešitelné běžnou údržbou
4. **Nevyhovující** – začínají se projevovat konstrukční poruchy na celých plochách
5. **Havarijní** – významné porušení ovlivňující bezpečnost a plynulost provozu



Ztráta protismykových vlastností Ohlazení kameniva (ztráta mikrotextury)

- ▶ Projevuje se lesklým, zaobleným a hladkým povrchem zrn kameniva.
- ▶ Vzniká při použití nekvalitního, snadno ohladitelného kameniva.
- ▶ Toto ohlazení hrubých zrn má nepříznivý vliv na protismykové vlastnosti a to i v případě hrubé makrotextury povrchu (pravý obrázek).



Ztráta protismykových vlastností Pocení (ztráta makrotextury)

- ▶ Vzniká na povrchu při přebytku asfaltu u nátěrů nebo nadměrného množství asfaltu v asfaltové směsi. Povrch se stává hladký a klzký.
- ▶ Přebytek asfaltu může být způsoben předávkováním spojovacího postřiku



Ztráta hmoty

Kaverny v povrchu vozovky

- ▶ Malé jamky vzniklé po chybějících hrubých zrnech kameniva.
- ▶ Příčinou jsou málo odolná zrna.
- ▶ Pokud je jejich podíl malý a poruchy se již dále nerozšiřují, nejedná se o žádný problém.



Ztráta hmoty

Ztráta kameniva z nátěru

- Příčinou je znečištěné kamenivo, nízké dávkování pojiva, podrt'ování do studeného asfaltu příp. do již vyštěpené asfaltové emulze.



Ztráta hmoty

Hlubková koroze – má 3 vývojová stádia

- ▶ 1) Ztráta asfaltového tmelu
- ▶ Projevuje se postupným rozpadem povrchu.
- ▶ Příčina může být nedostatek pojiva ve směsi, vysoká mezerovitost směsi obvykle způsobená nedostatečným hutněním nebo špatná přilnavost asfaltu ke kamenivu.
- ▶ Vysoká mezerovitost umožní pronikání vody a vzdušného kyslíku do vrstvy, čímž dochází ke zrychlení stárnutí asfaltového pojiva.



Ztráta hmoty

Hlubková koroze – má 3 vývojová stádia

- ▶ 2) Ztráta kameniva
- ▶ Je pokračováním ztráty asfaltového tmelu do stále větší hloubky.
- ▶ Vrstva začíná shora ubývat.
- ▶ Tento proces obvykle probíhá nepravidelně, čímž na povrchu vznikají plošné deformace.



Ztráta hmoty

Hlubková koroze – má 3 vývojová stádia

► 3) Rozpad vrstvy



Ztráta hmoty Výtluk

- ▶ Je výsledkem lokální hloubkové koroze.
- ▶ Prvotní příčiny jsou lokální, proto lze uvažovat jen s vysokou mezerovitostí způsobenou nedostatečným hutněním např. při pokládce asfaltové vrstvy na nerovný nebo segregovaný podklad.
- ▶ Příčinou výtluku může být i lokální oslabení vrstev vedoucí k nadměrným deformacím, trhlinám a nakonec rozpadu.



Trhliny

Sít'ové trhliny

- ▶ Mají nepravidelnou plošnou strukturu a vzhled krokodýlí kůže (Alligator Cracking), zasahují všechny asfaltové vrstvy.
- ▶ Šíří se od spodního okraje asfaltových vrstev nahoru i od povrchu obrusné vrstvy dolů a postupně se spojují.
- ▶ Příčinou je únava stmelených vrstev způsobená opakovanými průhyby od dopravního zatížení.
- ▶ Výskyt na konci plánované doby životnosti vozovky je přírozeným jevem.



Počátek vzniku



Pokročilý stav

Trhliny

Sít'ové trhliny

- ▶ Pokud se sít'ové trhliny objeví předčasně, příčinou je poddimenzovaná konstrukce vozovky; důvodem nemusí být chyba projektanta, ale též:
 - ▶ neočekávané zvýšení dopravného zatížení
 - ▶ nedodržení tloušťek konstrukčních vrstev při výstavbě
 - ▶ nekvalitní materiály nebo provedení vrstev
 - ▶ nespojení asfaltových vrstev
 - ▶ neúnosné podloží
 - ▶ vznik jiných poruch oslabujících vozovku
- ▶ Přítomnost sít'ových trhlin je při hodnocení stavu vozovky natolik zásadní, že bych si dovolil ještě jedno dělení poruch:
 - ▶ SÍŤOVÉ TRHLINY
 - ▶ VŠECHNY OSTATNÍ PORUCHY

Trhliny

Mozaikové trhliny

- ▶ Je to zvláštní druh trhlin síťových.
- ▶ Zasahují jen ohrusnou vrstvu.
- ▶ Nejprve jsou úzké, málo výrazné, nepravidelně dlouhé, později se větví.
- ▶ Příčinou je obvykle kombinace nedokonalého spojení s ložní vrstvou a předčasné zestárnutí asfaltového pojiva.



Trhliny

Příčné – úzké, široké, rozvětvené

- ▶ Trhlina příčná je samostatná trhlina jdoucí napříč celou vozovkou.
- ▶ Vyskytuje se pravidelně či nepravidelně a může zasahovat je část příčného profilu.
- ▶ Zpočátku má obvykle šířku do 5 mm a označuje se jako trhlina příčná úzká.
- ▶ Příčina vzniku může být dvojí:
 - ▶ trhlina mrazová (nízkoteplotní) nebo
 - ▶ trhlina reflexní (smršťovací).



Trhliny

Příčné – úzké, široké, rozvětvené

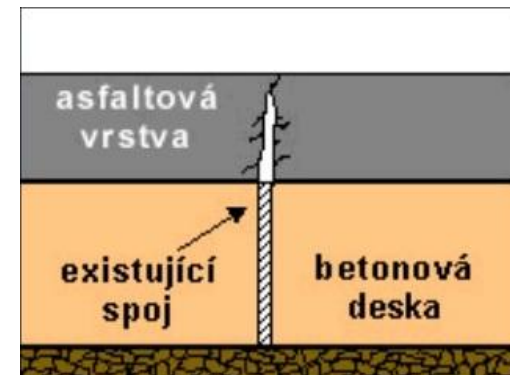
- ▶ Trhlina příčná mrazová (nízkoteplotní)
- ▶ Příčinou je ztráta viskoelastických vlastností asfaltové směsi obsahující příliš tvrdý asfalt, kdy při velmi nízkých teplotách se asfaltová směs stává křehkou a vrstva není schopná odolat tahovým napětím vlivem teplotního smršťování.
 - ▶ Buď byl použit nevhodný příliš tvrdý asfalt nebo asfalt ve vozovce vlivem působení vody a vzdušného kyslíku významně zestárl.
 - ▶ Použití měkkého asfaltu není řešením (tvorba kolejí).
- ▶ Vývoj mrazové trhliny jde od povrchu ohrusné vrstvy směrem do hloubky.
 - ▶ Tvorbu též usnadňují různá oslabení vozovky v místech příčných pracovních spojů, kanalizačních vpustí, šachtových poklopů apod.



Trhliny

Příčné – úzké, široké, rozvětvené

- ▶ Trhlina příčná reflexní (smršťovací)
- ▶ Vypadá stejně jako trhlina mrazová, avšak její příčina je v prokopírování smršťovacích trhlin nebo spár z podkladních vrstev stmelových hydraulickými pojivy do asfaltového krytu.
- ▶ Za reflexní trhlinu lze označit také trhlinu, která vznikne nad jakoukoliv spárou nebo překrytou trhlinou při opravě vozovky (může být i podélná viz dále).
- ▶ Vývoj reflexní trhliny jde zespodu od zdrojové trhliny / spáry směrem nahoru.
- ▶ Prokopírování až na povrch vozovky může trvat delší dobu.
- ▶ Reflexní trhliny se na rozdíl od trhlin mrazových vyznačují větší pravidelností.



Trhliny

Příčné – úzké, široké, rozvětvené

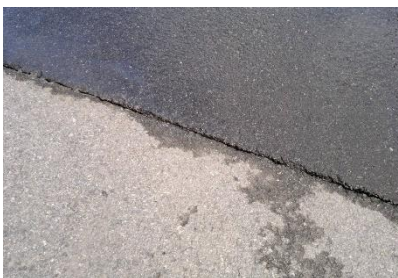
- ▶ Trhlina příčná široká
- ▶ Je dalším stadiem vývoje trhliny příčné úzké (jak mrazové, tak reflexní).
- ▶ Její šířka $> 5 \text{ mm}$
- ▶ Neošetřená úzká trhlina se zanáší nečistotami a prachem a proto se při zvýšení teploty již neuzavře.
- ▶ Při opětovném působení nízkých teplot se opět rozevře a proces se tak stále opakuje.



Trhliny

Příčné – úzké, široké, rozvětvené

- ▶ Trhlina příčná rozvětvená
- ▶ Trhlina konstrukci vozovky oslabuje a proto se v jejím okolí začne projevovat vliv únavy.
- ▶ Tomu napomáhá pronikání vody do vozovky neošetřenou trhlinou.
- ▶ Hrany trhliny se ulamují, okolí rozpadá a trhlina se postupně začíná rozvětňovat.
- ▶ Nakonec takováto rozvětvená trhlina přejde v trhliny síťové.



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- ▶ V případě úzké trhliny se ve většině případů jedná o samostatnou trhlinu jdoucí v podélném směru.
- ▶ Může mít různou délku od jednoho metru až po stovky metrů.
- ▶ Jejich vývoj závisí na příčině vzniku
 - ▶ Reflexní trhlina v nové vrstvě při opravě překrytím staré vozovky nad otevřeným nevhodně provedeným podélným spojem nebo neopravenou trhlinou
 - ▶ Trhlina mrazová, kde jejímu vzniku významně napomáhají tahová napětí, která vznikají podél jízdní stopy těžkých nákladních vozidel (Top Down Cracking)
 - ▶ Nerovnoměrné mrazové zdvihy a vodorovné posuny
 - ▶ Deformace nestabilního podkladu (sedání, bobtnání, sesuv)
 - ▶ Poklesy a deformace okrajů vozovky

Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- Trhlina podélná se vytvořila nad překrytým nesprávně provedeným podélným spojem



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- Při absenci řádné údržby se z trhliny podélné vytvořila trhlina podélná rozvětvená.



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- Nevhodně provedený podélný spoj



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- Top Down Cracking, trhliny podélné jako trhliny mrazové s přispěním vlivu tahových napětí, vznikajících podél stopy vozidel.



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

- Trhlina podélná způsobená poklesem okraje vozovky.



Trhliny

Podélné – úzké, široké, rozvětvené

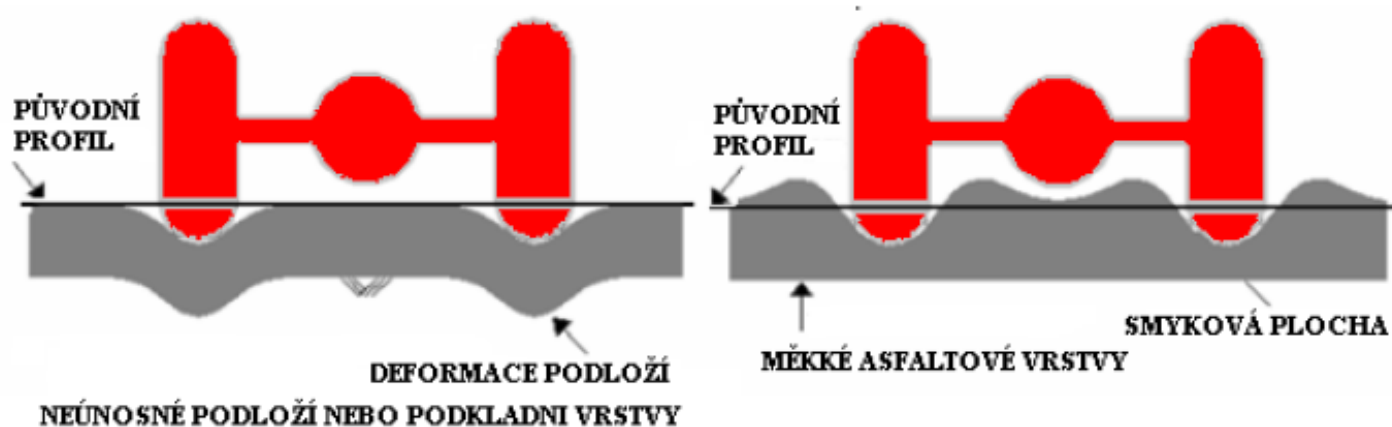
- ▶ Trhlina podélná způsobená deformacemi zemního tělesa.
- ▶ V těchto případech jdou trhliny obvykle mírně šikmo.



Deformace Vyjeté koleje

► Rozlišujeme

- Koleje vyjeté v asfaltových vrstvách
- Koleje způsobené trvalými deformacemi podkladních vrstev nebo podloží



Deformace

Vyjeté koleje v asf. vrstvách

- ▶ Vznikají v jízdní stopě v asfaltových vrstvách za vysokých teplot.
- ▶ Asfalt měkne, proniká vlivem tepelné roztažnosti do mezer kamenné kostry a tlačí zrna od sebe. Ta ztratí vzájemný kontakt a kostra stabilitu.
- ▶ Proto musí být ve směsi dostatek mezer, aby zrna neztratila kontakt.
- ▶ Směsi náchylné ke tvorbě kolejí mají nízkou mezerovitost a měkký asfalt.
- ▶ Použití tvrdého asfaltu není řešením, vznikaly by mrazové trhliny.
- ▶ Zlom přinesly modifikované asfalty, které jsou méně citlivé na teplotní změny.



Deformace

Vyjeté koleje v asf. vrstvách

- ▶ **K tvorbě vyjetých kolejí nemusejí přispívat všechny asfaltové vrstvy stejnou měrou.**
 - ▶ Odolnost každé asfaltové vrstvy proti tvorbě trvalých deformací může být jiná a dále je ovlivněna teplotou.
 - ▶ Nejvíce exponovaná je vždy obrusná vrstva, která má vlivem slunečního záření v letním období na povrchu nejvyšší teplotu, někdy i více než 60 °C.
 - ▶ Protože tato teplota s hloubkou rychle klesá, u ostatních vrstev jsou podmínky poněkud příznivější.
- ▶ **Pokud je však příčina vyjetých kolejí např. v asfaltové podkladní vrstvě, musí se tato vrstva vyměnit i kdyby ostatní vrstvy nad ní měly parametry ovlivňující odolnost proti trvalým deformacím v pořádku.**
 - ▶ **POZNÁMKA** Vyskytují se mylné názory odvozené z teoretických výpočtů, že nejvíce náchylná k vyjíždění kolejí je ložní vrstva. Tyto teoretické výpočty jsou nedomyšlené a navíc proč bychom v minulosti kvůli tvorbě kolejí přecházeli na obrusné vrstvy SMA ?



Deformace

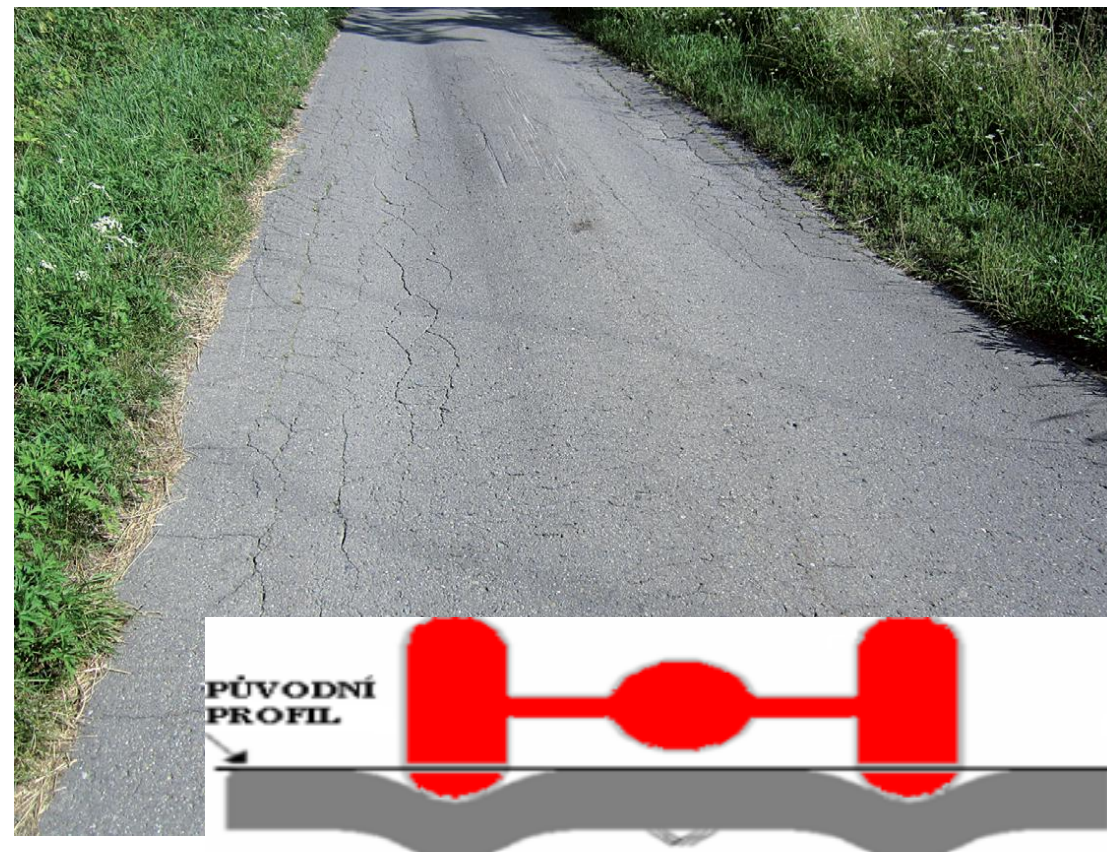
Vyjeté koleje v asf. vrstvách

- ▶ Tvorbě kolejí úplně zabránit nelze.
- ▶ Pokud je směs správně navržena, hloubka se ustálí na hodnotě v jednotkách mm.
 - ▶ Nárůst hloubky koleje probíhá zpočátku velmi rychle (první letní období) a v dalších letech se výrazně zpomalí.
- ▶ V případě špatně navržené asfaltové směsi tvorba kolejí pokračuje nekontrolovaně dál a dokonce se může její intenzita zvyšovat.
 - ▶ Ve stopě vozidel dochází k vyjetí hlubokých kolejí s vytlačenou asfaltovou směsí na okrajích v podobě výrazně převýšených „břehů“.

Deformace

Vyjeté koleje způsobené trvalými deformacemi podkladu

- ▶ Vznikají vyčerpáním únosnosti podloží, přetvářením nekvalitních podkladních vrstev nebo jejich zatláčením do podloží při porušení filtrační stability.
- ▶ Jsou široké bez známky přetváření asfaltových vrstev a obvykle je doprovází síťové trhliny.
- ▶ Obvykle se vyskytují na starých silnicích III. třídy z penetračních makadamů.
- ▶ Mohou být znakem poddimenzování vozovky při namáhání podloží i když je toto podloží dostatečně únosné.



Deformace

Plošné deformace

- ▶ Nepravidelné střídání hrbolů a prohlubní. Porucha zasahuje do všech konstrukčních vrstev a podloží.
- ▶ Příčinou může být poddimenzování, nehomogenita podkladu, zvýšená vlhkost, nedostačené hutnění při výstavbě.
- ▶ Druhotně vznikají v okolí poruch, které konstrukci vozovky oslabují (veškeré druhy trhlin) a umožňují pronikání vody do podloží.
- ▶ Zpočátku nejsou velké, ale dynamické namáhání od vozidel jedoucích i po malých nerovnostech způsobuje vysoké tlaky, čímž se nerovnosti stále zvětšují.



Deformace

Plošné deformace

- V místech špatně provedeného zhuštění v oblasti znaků inženýrských sítí.



Deformace

Plošné deformace

- Plošné deformace okrajů vozovky. Nejčastější příčinou je rozšiřování vozovky tak, že se provedl jen kryt bez podkladních vrstev v potřebné tloušťce.



Deformace

Hrbol – místní, plošný, přes celou šířku

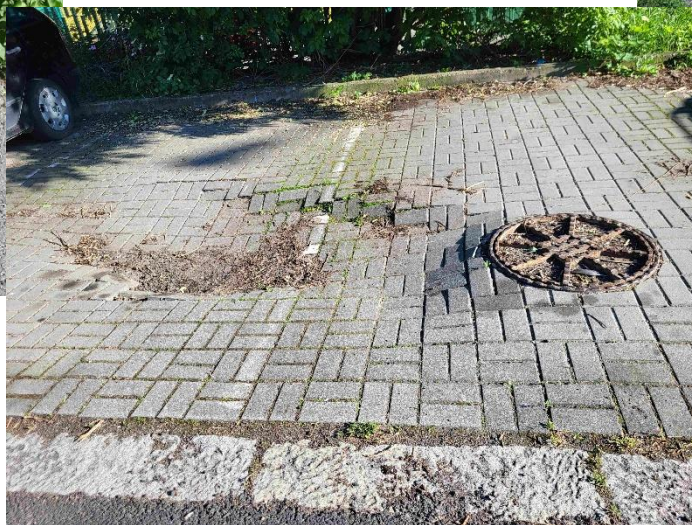
- ▶ Jedná se o různé lokální vyvýšeniny způsobené objemovými změnami v podloží.
- ▶ Např. kořeny stromů, bobtnání nevhodných materiálů (strusky, jíly) nebo bobtnání vlivem pokračující hydratace upravených zemin při nedostatečné vlhkosti, která může vzniknout i druhotně v případě předávkování pojivem.



Deformace

Pokles – místní, plošný, přes celou šířku

- Příčinou je obvykle nedostatečné hutnění podkladu při provádění zásypů nebo filtrační nestabilita na stycích materiálů s výrazně odlišnou zrnitostí.



Deformace Prolomení vozovky

- ▶ Vozovka porušená sít'ovými trhlinami se nakonec úplně rozpadne.
- ▶ Doprovodný jevem bývá plošná deformace urychlená zatékáním vody do podkladních vrstev a podloží.



Jiné poruchy Olamování okrajů

- ▶ Přetížený okraj na úzkých vozovkách
- ▶ Neodstupňované šířky pokládaných vrstev
- ▶ Neúnosný podklad při okraji



Jiné poruchy Vysprávky

► Obvykle jsou jen provizorním opatřením



Jiné poruchy

Nepravidelné hrboly

- ▶ Dříve byly zařazeny mezi deformace, ale vozovka jako celek je evidentně bez výrazných nerovností.
- ▶ Porucha se tak týká výhradně krytu, kde se postupně nakumulovaly četné vysprávkky překrývající rozpadající se kryt a nebo předchozí vysprávkky.
- ▶ Pokud se nevyskytují síťové trhliny, jedná se o problém krytu.



Jiné poruchy

Poruchy odvodnění

- ▶ Zanesení příkopů není porucha konstrukce vozovky, ale pro její životnost má významný vliv.
- ▶ Obnova funkčnosti odvodnění musí být zahrnuta do návrhu opravy.



Jiné poruchy

Poruchy odvodnění

- ▶ Takovéto žlaby nejen neplní svoji funkci, ale v suchém letním období nepřispívají k vysychání příkopu.
- ▶ Vysychání příkopu umožňuje migraci kapilární vody z prostoru pod vozovkou a její odpařování.



Jiné poruchy

Poruchy odvodnění

- ▶ Hromaděním nečistot a prorůstáním vegetací je neudržovaná nezpevněná krajnice zvýšena nad úroveň povrchu vozovky.
- ▶ Tím vytváří hrázku, podél které se hromadí voda a nezpevněnou krajnicí vymílá.
- ▶ V místě, kde si nakonec prorazí cestu do příkopu se obvykle vytvoří vodní vír, který vozovku nebezpečně podemele.



DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

Ing. Jan Zajíček
jzajicek@volny.cz
tel.: +420 602 515 105