

# Poruchy vozovek a jejich příčiny

*Ing. Petr Hýzl, Ph.D.*

*Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební*

SENS 11

## Úvod

- ▶ **Nedobrý stav našich silnic není způsoben tím, že bychom silnice neuměli stavět.**
- ▶ **Hlavní příčina je v soustavném a dlouhodobém zanedbávání jejich údržby a oprav.**
- ▶ **Neplatí, že všechny poruchy vozovek jsou způsobeny nekvalitou stavebních prací.**
- ▶ **Problém je v tom, jak se opravy vozovek navrhují, tj. v jakém rozsahu se má oprava dané vozovky provést.**
- ▶ **Oprava vozovky kvalitně provedená, avšak špatně navržená je neúčinná.**

## Úvod

**Vozovka je během doby své životnosti namáhána a časem se začne z různých příčin porušovat**

- ▶ **Některé poruchy vznikají v určité fázi životnosti vozovky zcela zákonitě, některé vznikají jen v případě nekvalitního provedení nebo nepřiměřeného namáhání.**
- ▶ **Jsou poruchy, které se týkají jen povrchu vozovky, jiné z povrchu prostupují dále do větší hloubky nebo naopak vznikají ve spodních vrstvách a pronikají odspodu na povrch, jsou i poruchy, které postihují celou konstrukci najednou.**
- ▶ **Některé poruchy vznikají velmi rychle, jiné zase procházejí dlouhým vývojem.**

## Úvod

**Poruchy se mohou vyskytovat jednotlivě nebo zasahovat celou plochu, přitom může jít o jeden typ poruchy nebo výskyt několika typů poruch současně.**

- ▶ **Některé poruchy spolu souvisejí a svým vznikem dají podnět ke vzniku poruch dalších.**
- ▶ **Existují poruchy, které lze snadno opravit, některé zase znamenají takové poškození, že je nutné provést rekonstrukci celé vozovky**

## Úvod

### Příčiny poruch mohou být různé:

- ▶ špatný návrh vozovky / opravy vozovky
- ▶ nekvalitní provedení
- ▶ nesprávné užívání
- ▶ zanedbaná údržba
- ▶ živelní událost
- ▶ přirozené opotřebení

**Abychom se dovedli při vzniku poruch správně rozhodovat, je znalost druhů poruch, příčin jejich vzniku a následného vývoje velmi důležitá !!!**

## Konstrukční vrstvy vozovek

**Každá konstrukční vrstva plní svoji specifickou úlohu v závislosti na způsobu jejího namáhání.**

- ▶ **Obrusná vrstva přispívá k celkové únosnosti vozovky. Je přímo vystavena působení klimatických vlivů a dopravnímu zatížení, proto jsou na ni kladeny další požadavky z hlediska její trvanlivosti (např. odolnost proti ohlazování, odolnost proti působení vody, vzdušného kyslíku...).**
- ▶ **Ložní vrstva zajišťuje kvalitní rovný podklad pro pokládku obrusné vrstvy, zajišťuje potřebnou tloušťku asfaltového krytu.**
- ▶ **Podkladní vrstvy roznášejí namáhání od dopravního zatížení z krytu vozovky do podloží.**
- ▶ **Všechny konstrukční vrstvy plní i další ochranné funkce (např. chrání podloží vozovky před promrzáním).**

## Způsoby namáhání konstrukčních vrstev vozovek

**Porušování vozovky je způsobeno jejím namáháním.**

**O jaké namáhání se tedy jedná ?**

- ▶ **dopravní zatížení**
- ▶ **působení vody a mrazu**
- ▶ **působení vzdušného kyslíku**
- ▶ **promrznutí vozovky až do podloží**
- ▶ **změny teplot**

## Způsoby namáhání konstrukčních vrstev vozovek

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 spárami
	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 konstrukčních vrstev vozovek

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 stmelných podkladních vrstev, snížení únosnosti nestmelných 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 zdvih	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

## Zatřídění poruch netuhých vozovek

### Ztráta protismykových vlastností

- ▶ ztráta mikrotextury (kameniva), makrotextury (povrchu)

### Ztráta hmoty

- ▶ kaverny, opotřebení EKZ, ztráta kameniva z nátěru
- ▶ ztráta asfaltového tmelu, hloubková koroze, výtluky, rozpad

### Trhliny

- ▶ mozaikové, síťové, reflexní, mrazové....příčné, podélné, plošné

### Deformace

- ▶ vyjeté koleje, plošné deformace, olamování okrajů, hrboly

### Ostatní poruchy

- ▶ zanesení příkopů, zvýšená nezpevněná krajnice

## Ztráta protismykových vlastností

### Ztráta mikrotextury kameniva

Projevuje se lesklým, zaobleným a hladkým povrchem zrn kameniva nebo dlažebních prvků v souvislých plochách.

Porucha vzniká při použití nekvalitního, snadno ohladitelného kameniva v ohrusné vrstvě vozovky.



## Ztráta protismykových vlastností

### Ztráta mikrotextury kameniva

Projevuje se lesklým, zaobleným a hladkým povrchem zrn kameniva nebo dlažebních prvků v souvislých plochách.

Porucha vzniká při použití nekvalitního, snadno ohladitelného kameniva v obrusné vrstvě vozovky.



## Ztráta protismykových vlastností

### Ztráta makrotextury povrchu vozovky

Vzniká na povrchu vozovky z důvodu přebytku asfaltu u nátěrů (pocení) nebo nadměrného množství asfaltu v asfaltové směsi.



Povrch se stává příliš uzavřený, hladký a kluzký.  
Při ztrátě makrotextury dochází i ke ztrátě mikrotextury.

## Ztráta hmoty

### Kaverny v povrchu vozovky

Jedná se o poruchy ve tvaru malé jamky, která na povrchu vozovky zůstane po chybějícím hrubém zrně kameniva.

Tyto poruchy vznikají na místech, kde se nacházejí málo odolná zrna kameniva.





*Rozpad měkkého zrna kameniva.*

Pokud je podíl těchto zrn malý a vznik dalších poruch nepokračuje, lze tyto poruchy akceptovat.

15

*Rozpad čedičového kameniva  
v obrusné vrstvě*



## Ztráta hmoty

*Porušení obrusné  
vrstvy vozovky -  
drenážního koberce  
(PA)*



## Ztráta hmoty

### Kaverny v povrchu vozovky



*Organický materiál v obrusné vrstvě*

## Ztráta hmoty

### Opotřebení emulzního kalového zákrytu (EKZ)

Emulzní kalové vrstvy se vlivem provozu opotřebovávají nebo odlupují od původní obrusné vrstvy.

Příčinou je nedodržení technologie provádění, nespojení vrstev s původním krytem nebo nekvalitní porušený podklad.



## Ztráta hmoty

### Ztráta kameniva z nátěru

Projevuje se uvolněním kameniva z nátěru, kde na povrchu vozovky prakticky zůstává jen asfaltové pojivo nebo dochází k obnažení povrchu vrstvy pod nátěrem.

Příčinou je znečištěné kamenivo, nízké dávkování pojiva nebo podrtřování do studeného asfaltu příp. do již vyštěpené asfaltové emulze.

19



## Ztráta hmoty

### Ztráta kameniva z nátěru



## Ztráta hmoty

### Ztráta asfaltového tmelu

Projevuje se uvolňováním směsi asfaltu, jemných částic a drobného kameniva z prostoru mezi hrubými zrny.

Na povrchu se objevuje hrubá makrotextura vystupujících zrn. Příčina vzniku je nevhodná skladba asfaltové směsi, špatná přilnavost asfaltu ke kamenivu nebo vysoká mezerovitost způsobená nedostatečným hutněním.

Tato vysoká mezerovitosti asfaltové směsi umožňuje pronikání vody a kyslíku do vrstvy, čímž dochází ke zrychlení stárnutí asfaltového pojiva.



## Ztráta hmoty

### Ztráta asfaltového tmelu jako důsledek segregace

Při špatné manipulaci s asfaltovou směsí při dopravě nebo pokládce se na povrchu vrstvy mohou objevit známky segregace (rozmísení).



## Ztráta hmoty

### Ztráta asfaltového tmelu jako důsledek segregace

Segregovaná místa jsou náchylná k postupnému rozpadu.



## Ztráta hmoty

### Hlubková koroze

Je pokračováním ztráty  
asfaltového tmelu nebo  
kameniva z nátěru.

Dochází k dalšímu  
uvolňování zrn kameniva  
do stále větší hloubky.



## Ztráta hmoty

### Výtluky

Pokračuje-li hloubková koroze a neprovede se žádné opatření, nakonec dojde ke ztrátě hmoty celých vrstev a vytvoří se výtluk.

Vznik výtluku je často vázán na lokální příčiny jako je kumulace různých typů trhlin nebo oslabení.

Tvorbu též urychlují nízké teploty, kdy do nedostatečně zhutněné směsi pronikne voda, která zmrzne a naruší soudržnost asfaltové směsi.



## Ztráta hmoty

### Rozpad konstrukčních vrstev

Probíhá-li tvorba výtluků celoplošně, dochází nakonec k úplnému rozpadu konstrukčních vrstev vozovky, které postupně zaniknou.



## Trhliny

### Mozaikové trhliny

**Zasahují jen obrusnou vrstvou!**  
Nejprve úzké, málo výrazné, krátké nebo nepravidelně dlouhé trhliny, které se později větví.

Příčinou je nedokonalé spojení s ložní vrstvou nebo předčasné zestárnutí asfaltu za přispění vysoké mezerovitosti vrstvy. To vede ke zvýšenému namáhání a předčasné únavě obrusné vrstvy. Pod obrusnou vrstvou se zdržuje voda a dochází k tvorbě výtluků a nakonec k jejímu rozpadu.

27



## Trhliny

### Sít'ové trhliny

Mají nepravidelnou plošnou strukturu.

Šíří se od spodního okraje asfaltových vrstev nahoru i od povrchu obrusné vrstvy dolů a postupně se spojují.

Příčinou je únava konstrukce vozovky jako přirozený proces namáhání stmelených vrstev opakovanými průhyby vlivem dopravního zatížení.



## Trhliny

### Sít'ové trhliny

**Pokud se sít'ové trhliny objeví až na konci plánované doby životnosti vozovky, jejich výskyt je přirozený a očekávaný !!!**



## Trhliny

### Sít'ové trhliny – předčasný vznik

- ▶ **Pokud se sít'ové trhliny objeví předčasně, příčinou je poddimenzovaná konstrukce vozovky!**
- ▶ **Důvodem tohoto poddimenzování nemusí být jen chyba projektanta, ale též:**
  - ▶ neočekávané zvýšení dopravného zatížení
  - ▶ nedodržení tlouštěk konstrukčních vrstev při výstavbě
  - ▶ snížení únosnosti vlivem nekvalitního provedení (např. špatné hutnění)
  - ▶ nespojení stmelených vrstev
  - ▶ ztráta únosnosti podloží při nefunkčním odvodnění
  - ▶ Vznik jiných poruch oslabujících vozovku (příčné nebo podélné trhliny)
- ▶ **Nakonec dochází k plošným deformacím a prolomení vozovky.**

## Trhliny

### Trhlina příčná - úzká

Samostatná trhlina jdoucí napříč celou vozovkou.

Vyskytuje se pravidelně nebo nepravidelně.

Příčina vzniku může být:

- **trhlina mrazová**
- **trhlina reflexní.**

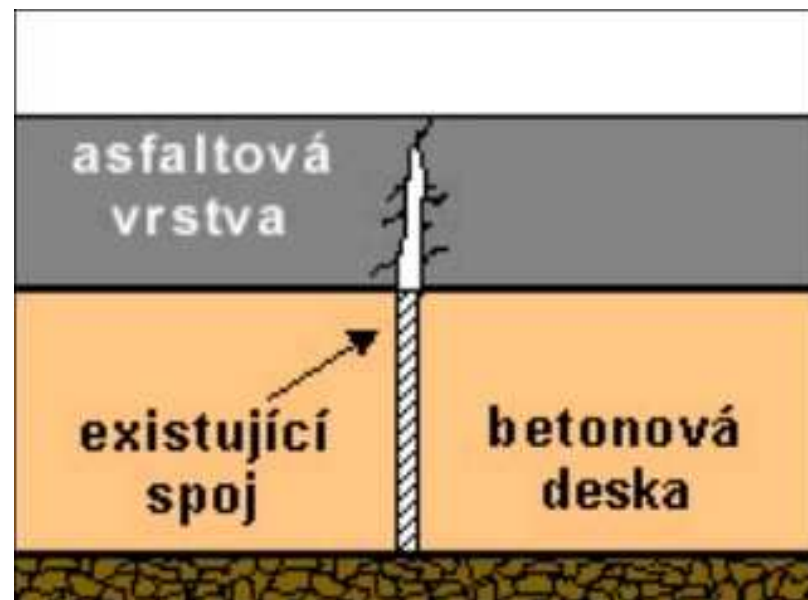
Šířka trhliny do 5 mm.



## Trhliny

### Trhlina příčná - reflexní

- Vypadá stejně jako trhlina mrazová, avšak její příčina je v prokopírování smršťovacích trhlin nebo spár z podkladních vrstev stmelěných hydraulickými pojivy do asfaltového krytu.



## Trhliny

### Trhlina příčná - reflexní

- ▶ Za reflexní trhlinu lze označit také trhlinu, která vznikne nad jakoukoliv spárou nebo překrytou trhlinou při opravě vozovky.
- ▶ Vývoj reflexní trhliny jde zespodu od zdrojové trhliny nebo spáry směrem nahoru a někdy může trvat delší dobu, než dojde k prokopírování až na povrch vozovky.
- ▶ Tvorbu příčné trhliny též usnadňují různá oslabení vozovky v místech příčných pracovních spár, kanalizačních vpustí, šachtových poklopů apod.

## Trhliny

### Trhlina příčná - široká

Je dalším stadiem vývoje trhliny příčné úzké (jak mrazové, tak reflexní).

Úzká trhlina se zanáší nečistotami a prachem a často se již neuzavře.



## Trhliny

### Trhlina příčná - široká

Při opětovném působení nízkých teplot se tepelným smršťováním trhlina ještě více rozevře a proces se tak stále opakuje.



## Trhliny

### Trhlina příčná - široká

Pouštní oblast Lybie - „mrazové” trhliny



## Trhliny

### Trhlina příčná - rozvětvená

Při vzniku příčné trhliny je konstrukce vozovky v jejím okolí oslabena a postupně se začne projevovat porušování únavou – vniká trhlina příčná **rozvětvená**.

Hrany trhliny se ulamují, okolí se rozpadá a trhlina se postupně začíná rozvětvovat, až v jejím okolí vzniknou trhliny síťové.



## Trhliny

### Trhlina podélná

- ▶ **Je samostatná trhlina jdoucí v podélném směru.**
- ▶ **Může mít různou délku (od jednoho metru až po stovky metrů).**
- ▶ **Trhliny podélné mohou být úzké, široké nebo rozvětvené**
- ▶ **Jejich vývoj závisí na příčině jejich vzniku.**
  - ▶ Reflexní trhlina v nové vrstvě při opravě překrytím staré vozovky nad otevřenou podélnou spárou nebo podélnou trhlinou
  - ▶ Nevhodný způsob provedení studené podélné pracovní spáry, kde dochází k rozpadu a ztrátě hmoty ve spáře a její těsné blízkosti.
  - ▶ Trhlina mrazová, kde jejímu vzniku významně napomáhají tahová napětí, která vznikají podél jízdny stopy těžkých nákladních vozidel.
    - ▶ Nerovnoměrné mrazové zdvihy
    - ▶ Pokles okrajů vozovky většinou ve spojení s plošnými deformacemi
    - ▶ Nerovnoměrné sedání nebo deformace zemního tělesa
    - ▶ Únava konstrukce vozovky způsobí vznik podélné trhliny rozvětvené

## Trhliny

### Trhlina podélná

Trhlina podélná se vytvořila nad překrytou podélnou spárou.



## Trhliny

### Trhlina podélná

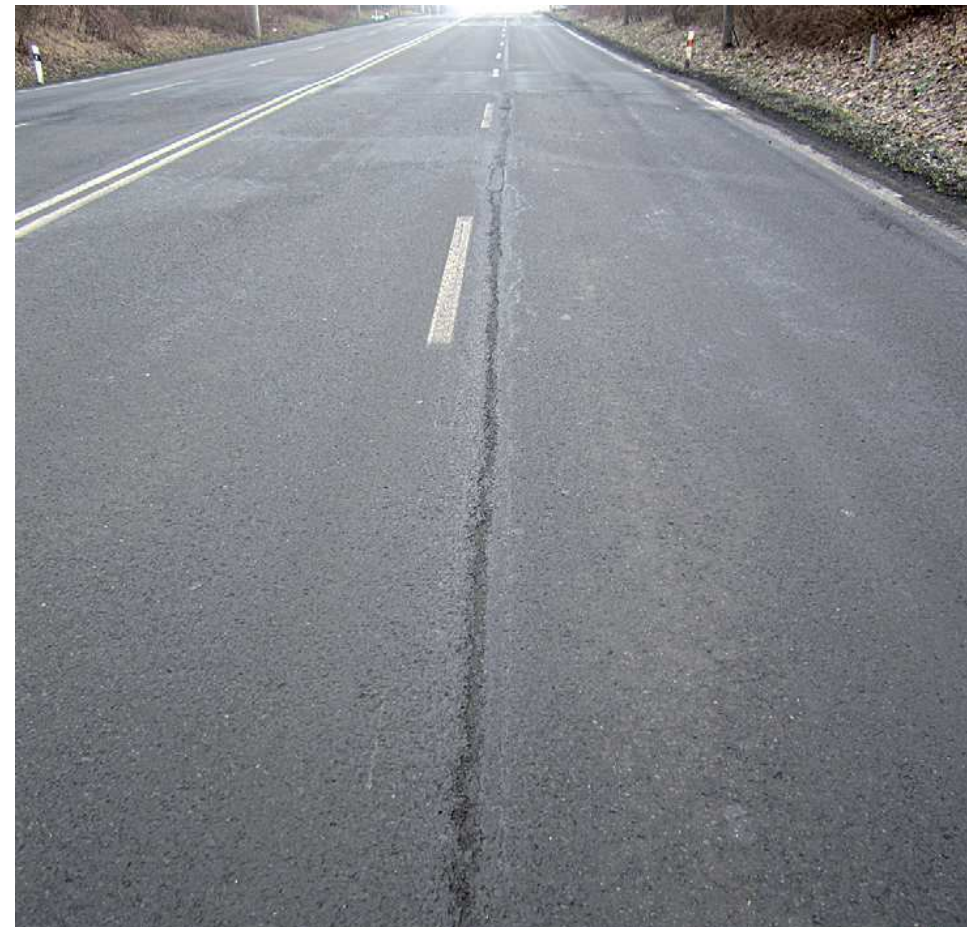
Trhlina podélná se vytvořila nad překrytou podélnou spárou - rozvětvená do plošných trhlin.



## Trhliny

### Trhlina podélná

Nevhodně provedená podélná  
studená pracovní spára.



## Trhliny

### Trhlina podélná

Trhlina podélná způsobená poklesem okraje vozovky.



## Trhliny

### Trhlina podélná

Trhlina podélná způsobená deformacemi zemního tělesa.



## Deformace

### Olamování okrajů vozovky

Projevuje se podélnými nebo síťovými trhlinami a později deformacemi na okraji vozovky.

Pokud je šířka komunikace nedostatečná, pojíždění okraje vozovky způsobuje vyšší namáhání vrstev a podloží.

Poruchy se šíří dál do jízdnic pásů a nakonec vede k rozpadu konstrukčních vrstev.



## Deformace

### Puchýře v litém asfaltu

Vznikají jako vyvýšenina ve tvaru puchýře o průměru 5 až 25 cm.

Tuto poruchu způsobuje nahromadění vodních par pod vrstvou z litého asfaltu při vysokých letních teplotách, kde vodní páry, pokud nemají možnost rychle unikát, působí svým tlakem a zvedají vrstvu litého asfaltu do tvaru puchýře.

Vzniku poruch lze zabránit použitím vhodné ložní vrstvy, která je schopná odvádět vodní páry.



## Deformace

### Nepravidelné hrboly

Nerovnosti, které vznikly opakovanou běžnou údržbou pomocí tryskové metody a prováděním vysprávek různými druhy asfaltových směsí.

Nejčastěji se jedná o vozovky, které jsou již za hranicí své životnosti a místo jejich kompletní rekonstrukce se stále dokola provádí jen vysprávky obrusné vrstvy. Tím se příčiny původních poruch neodstraní a jejich vývoj pokračuje dál.

46



## Deformace

### Plošná deformace vozovky

Nepravidelné střídání hrbolů a prohlubní. Porucha obvykle zasahuje do všech konstrukčních vrstev a podloží.

Příčinou může být poddimenzování, nehomogenita vrstev a podloží, zvýšená vlhkost, nedostačené a nerovnoměrné hutnění při výstavbě. Druhotně vznikají v okolí poruch, které konstrukci vozovky významně oslabují (veškeré druhy trhlin) a umožňují pronikání vody do podloží.



## Deformace

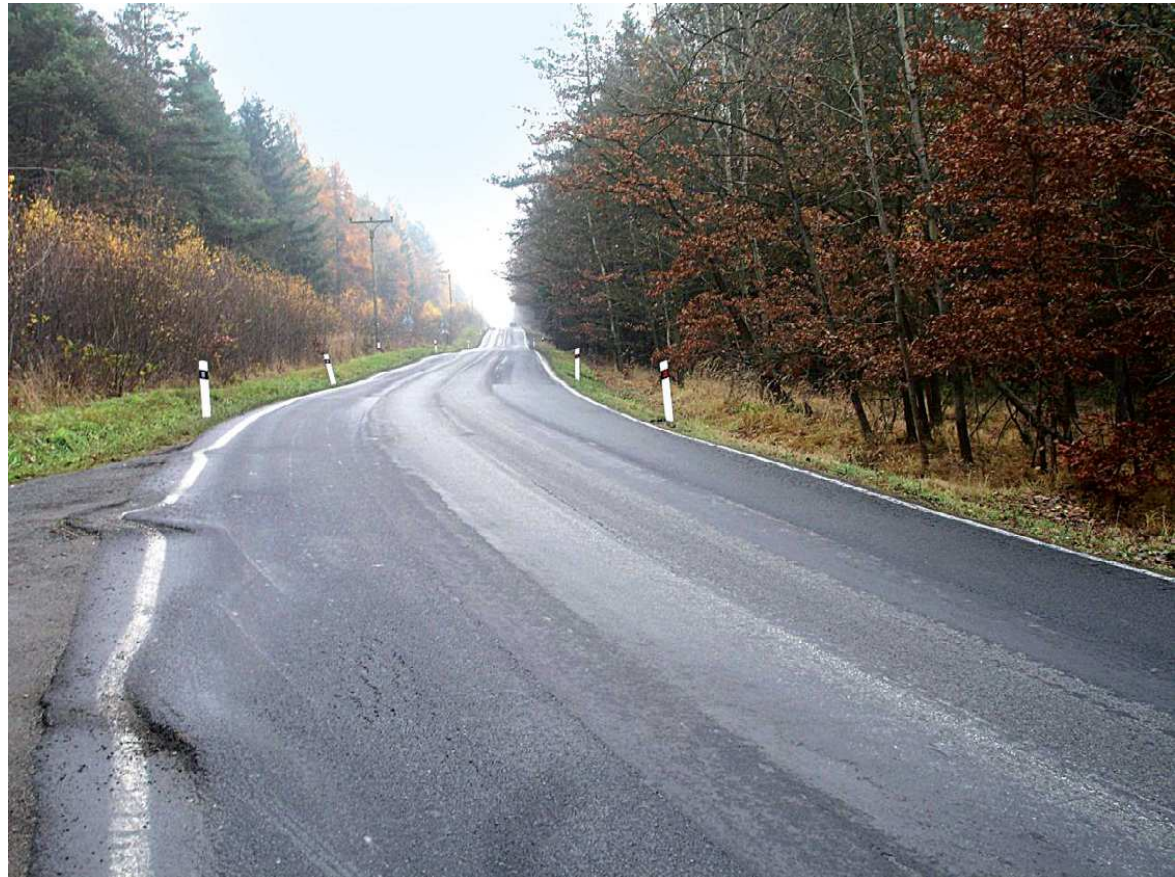
### Plošná deformace vozovky



## Deformace

### Plošná deformace vozovky

Plošné deformace může zvýšit plastické přetváření asfaltového krytu vozovky z nekvalitní asfaltové směsi.



## Deformace

### Vyjeté koleje

Vznikají v jízdní stopě v asfaltových vrstvách za vysokých letních teplot. Asfalt měkne a proniká vlivem tepelné roztažnosti do mezer kamenné kostry a tlačí jednotlivá zrna od sebe.

Zrna pak ztrácejí vzájemný kontakt a kamenná kostra svoji stabilitu.



## Deformace

### Vyjeté koleje

Na obrázku jsou vyjeté koleje ve špatně navržené asfaltové směsi, které jsou považována za významnou poruchu.



## Deformace

### Vyjeté koleje

**Tvorbě kolejí úplně zabránit nelze, pokud je ale směs správně navržena, jejich hloubka by měla být jen minimální.**

- ▶ **největší nárůst hloubky koleje proběhne v nové vrstvě při prvním teplém období velmi rychle a potom se výrazně zpomalí s tím, že konečná hloubka koleje na konci životnosti asfaltového krytu obvykle nepřesáhne 20 mm.**

## Deformace

### Vyjeté koleje

#### V případě špatně navržené asfaltové směsi

- ▶ směs o nevhodné zrnitosti nebo s vysokým obsahem asfaltu má nízkou mezerovitost
- ▶ tvorba vyjetých kolejí probíhá velmi rychle, ve stopě vozidel dochází k vyjetí hlubokých kolejí s vytlačenou asfaltovou směsí na okrajích v podobě převýšených „břehů“.

## Deformace

### Vyjeté koleje

**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**

## Deformace

### Vyjeté koleje

Další případ vyjetých kolejí nastává z důvodu vyčerpání únosnosti podloží, přetvářením nekvalitních podkladních vrstev nebo jejich zatláčením do podloží.

Vyjeté koleje jsou výrazně široké bez známky přetváření asfaltových vrstev a obvykle jsou doprovázeny výskytem síťových trhlin.

Často se vyskytují na starých silnicích III. třídy z penetračních makadamů, kontaminovaných zeminou z podloží.



## Deformace

### Místní hrboly a poklesy

Jedná se o různé lokální vyvýšeniny způsobené objemovými změnami v podloží, např. bobtnáním nevhodných materiálů, vznikem nerovnoměrných mrazových zdvihů apod.

Dále se jedná o poklesy nekvalitně provedených zásypů a úprav překopů.

Některé poruchy vznikají poněkud kuriózním způsobem, např. proto, že pod vozovku prorůstají kořeny stromů.



## Deformace

### Místní hrboly a poklesy

Místní pokles při špatně  
zapraveném výkopu rýhy.



## Deformace

### Místní hrboly a poklesy

Vozovka porušená síťovými trhlinami se nakonec tak zdeformuje, že dojde k jejímu buď lokálnímu, nebo celkovému zničení.



## Jiné poruchy

### Zanesení příkopů

Zanesení příkopů není porucha konstrukce vozovky, ale pro její životnost má významný vliv, protože je narušeno odvodnění zemního tělesa.

Je zbytečné provádět rekonstrukci vozovky a přitom ponechat zanesené příkopy a nefunkční ucpané propustky !!!



## Jiné poruchy

### Zvýšená nezpevněná krajnice

Hromaděním nečistot, zbytků materiálu po zimní údržbě a prorůstání vegetací je neudržovaná nezpevněná krajnice zvýšena nad úroveň povrchu vozovky.



## Jiné poruchy

### Zvýšená nezpevněná krajnice

Tím vytváří hrázku, podél níž se hromadí voda, která vlivem podélného sklonu teče podél této hrázky a nezpevněnou krajnici vymílá.

Nakonec si najde cestu mimo vozovku za cenu intenzivní lokální eroze krajnice a přilehlého svahu násypu.



## Jak správně opravovat vozovky ?

**Návrh opravy vozovky vyžaduje určitý postup.**

- ▶ Prostá oprava poruch na základě předem připravených návodů jak kterou poruchu opravit nestačí.
- ▶ Neopravujeme poruchy ale vozovku a musíme vždy vzít v úvahu všechny souvislosti.
  - ▶ Málokdy se vyskytuje jen jeden druh poruch.
  - ▶ Poruchy mají svůj vývoj, závislý na mnoha faktorech, závažnost poruchy se případ od případu liší.
  - ▶ Důležitá je četnost poruch.
  - ▶ Některé poruchy se navzájem ovlivňují (např. kopírování trhlin).
  - ▶ Ve starých vozovkách se často vyskytují nestandardní materiály a nehomogenita (jak v příčném, tak v podélném profilu).
  - ▶ Při návrhu opravy vozovky často čelíme různým omezením.

**Často se setkáváme s nesprávným řešením**

**Mají vůbec smysl takovéto „opravy“ ?**





**Děkuji za  
pozornost !!!**

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Ústav pozemních komunikací

email: [hyzl.p@fce.vutbr.cz](mailto:hyzl.p@fce.vutbr.cz)

tel.: +420 54114 7418

mobil: +420 603 920 031