

Metodika pro cementobetonový kryt s vysokou makrotexturou povrchu

Metodika vznikla v rámci řešení projektu TAČR TA01031562 Technologie úprav povrchu cementobetonových krytů pro zvýšení bezpečnosti a snížení hlučnosti silničního provozu.

V Brně, listopad 2014

OBSAH

1. CÍL METODIKY	3
2. VLASTNÍ POPIS METODIKY	3
2.1. Zdůvodnění potřeby nové technologie úpravy povrchu cementobetonových krytů	3
2.2. Význam textury povrchu vozovky	4
2.3. Cementobetonový kryt.....	6
2.3.1. Technologie úpravy povrchů cementobetonových krytů	6
3. CEMENTOBETONOVÝ KRYT S OBNAŽENÝM KAMENIVEM.....	8
3.1. Kamenivo	9
3.2. Odstranění povrchové malty.....	12
4. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“	15
5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	15
6. EKONOMICKÉ ASPEKTY.....	15
DEDIKACE NA PROJEKT	16
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	17
PŘEDCHÁZEJÍCÍ PUBLIKACE	18

1. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je vysvětlení a popis technologie úpravy povrchu nového cementobetonového krytu vozovky s vysokou makrotexturou povrchu. Metodika popisuje technologii cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem, která při dodržení správného postupu pokládky a obnažení hrubého kameniva s vysokou odolností proti ohlazení zajistí velmi dobrou makrotexturu i mikrotexturu, a tím i dlouhodobě velmi dobré protismykové vlastnosti povrchu vozovky.

Cementobetonový kryt s obnaženým kamenivem je z hlediska protismykových vlastností odolnější vůči účinkům dopravního zatížení než doposud používané technologie úpravy povrchů nových cementobetonových vozovek taženou jutou nebo technologií, vyvíjenou v tomto projektu vytvořením negativní makrotextury příčným drážkováním v čerstvém betonu. Obě technologie s vystoupenou cementovou maltou na povrch cementobetonového krytu nejsou v současnosti schopny odolávat účinku vysokého dopravního zatížení na dálnicích a rychlostních silnicích a dlouhodobě nezajistí požadované protismykové vlastnosti povrchu vozovky.

2. VLASTNÍ POPIS METODIKY

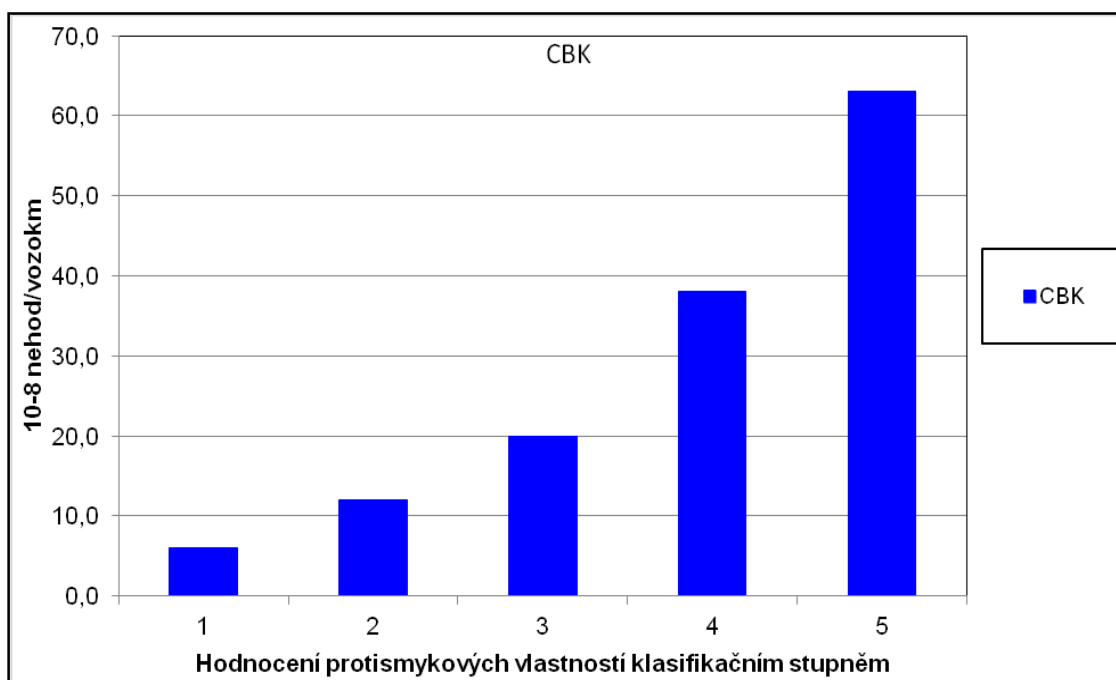
2.1. Zdůvodnění potřeby nové technologie úpravy povrchu cementobetonových krytů

Povrch nových cementobetonových krytů pokládaných v 70. a 80. letech v České republice byl upravován příčnou striáží bez podélného hlazení povrchu. Tato úprava měla dlouhodobě vyhovující protismykové vlastnosti povrchu vozovky, ale nesplňovala požadavky na hlukové emise. Od 90. let se proto začal povrch cementobetonových krytů upravovat technologií podélného hlazení kyvnou latí a tažené juty. Tato technologie zvýšila rovnost povrchu a snížila hlukové emise, ale nevytvářela dostatečnou makrotexturu povrchu vozovky a protismykové vlastnosti byly zajištěny pouze mikrotexturou. Ta se ale provozem rychle vyhlazovala a hodnocení protismykových vlastností povrchu vozovky klesly až na hodnocení klasifikačním stupněm 5 – havarijní stav. Z vyhodnocení dat o nehodovosti vyplývá, že na úsecích s hodnocením protismykových vlastností klasifikačním stupněm 5 je relativní nehodovost až desetkrát vyšší než na úsecích hodnocených klasifikačním stupněm 1 – velmi dobré protismykové vlastnosti (viz obrázek 2.1). Je proto důležité,

aby nově prováděné cementobetonové kryty měly dlouhodobě vyhovující protismykové vlastnosti povrchu vozovky, což je možné zajistit pouze vytvořením vysoké makrotextury a trvanlivé mikrotextury povrchu vozovky.

V projektu ověřované řešení vytvořením negativní makrotextury příčným drážkováním povrchu vytvořeného taženou jutou zajistilo zvýšené protismykové vlastnosti a nižší hlukové emise, ale po krátké době dvou až čtyř let došlo k odstranění povrchové malty cementobetonového krytu a zaoblení hran drážek, což mělo za následek jak snížení protismykových vlastností, tak zvýšení emisí hluku.

V této metodice je tedy popsán způsob úpravy povrchu cementobetonových vozovek, který dlouhodobě zajišťuje požadované hodnocení protismykových vlastností i při vysokém dopravním zatížení a současně vykazuje hlukové emise na stejné úrovni jako dříve používaná technologie úpravy povrchu cementobetonového krytu taženou jutou.

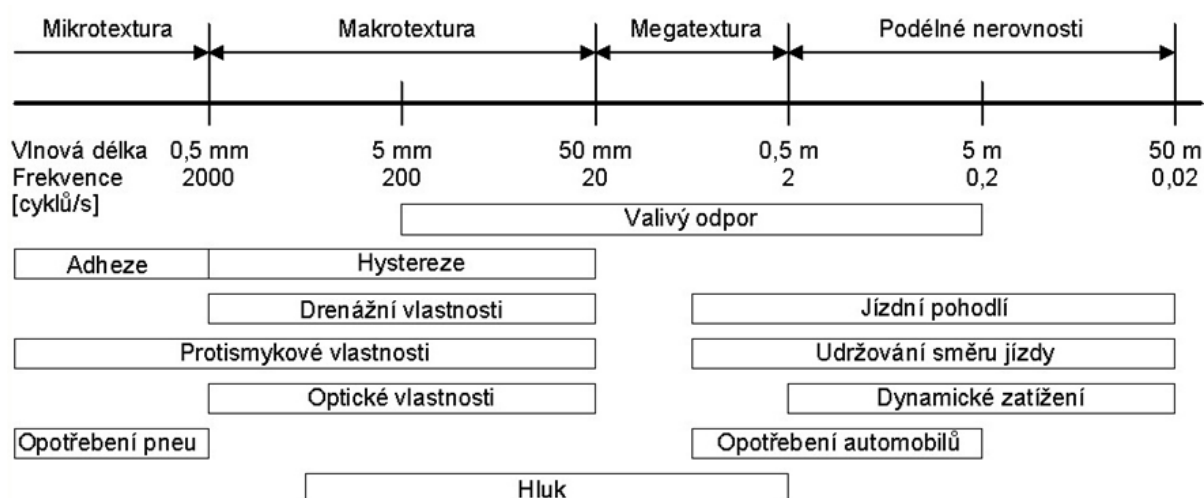


Obrázek 2.1 Relativní nehodovost podle hodnocení protismykových vlastností na cementobetonovém krytu dálnic

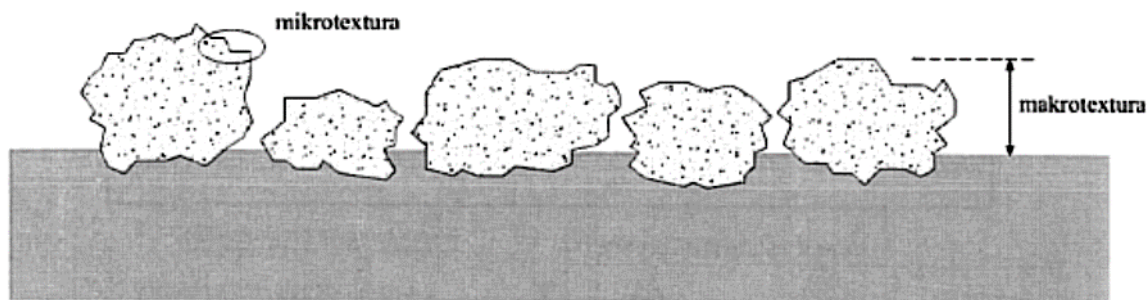
2.2. Význam textury povrchu vozovky

Protismykové vlastnosti jsou souborem vlastností povrchu pozemní komunikace, které zajišťují prostřednictvím tření spolupůsobení mezi pohybující se pneumatikou vozidla a povrchem vozovky. Jsou charakterizovány stanoveným součinitelem tření, který je nejvíce ovlivněn texturou povrchu vozovky, což je morfologické uspořádání

částic materiálu vytvářejícího povrch vozovky. Textura je definována odchylkou povrchu vozovky od ideálně rovného povrchu a vlnovou délkou a její význam pro pohyb vozidel je uveden v obrázku 2.2 [1] [2].



Obrázek 2.2 Názvosloví z hlediska vlnové délky, její frekvence a vliv na různé charakteristiky [1]



Obrázek 2.3 Specifikace mikrotextury a makrotextury [1]

Podle vlnové délky se textura z hlediska protismykových vlastností dělí na mikrotexturu a makrotexturu povrchu vozovky.

Mikrotextura je odchylka povrchu od ideálně rovného povrchu s charakteristickými rozměry menšími než 0,5 mm a střední vlnovou délkou do 0,5 mm. Je dána velikostí a tvarem výstupků jednotlivých zrn kameniva [1] [2]. Ovlivňuje protismykové vlastnosti povrchu vozovky při všech jízdních rychlostech. Pro dosažení dlouhodobé mikrotextury povrchu vozovky je třeba použít kamenivo s nízkou ohladitelností.

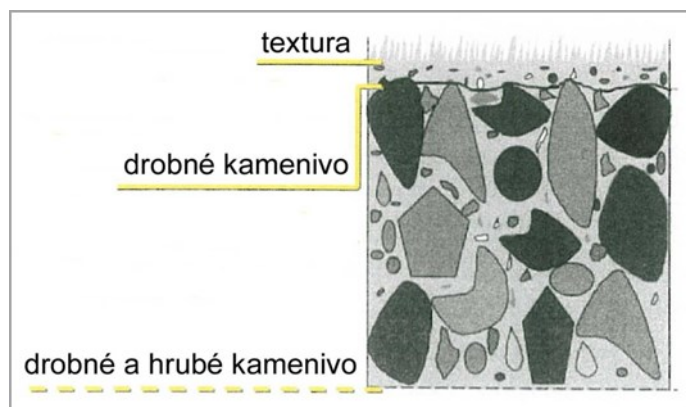
Makrotextura je odchylka povrchu vozovky od ideálně rovného povrchu s charakteristickými rozměry 0,5 mm až 50 mm a střední vlnovou délkou od 0,5 mm do 50 mm [1] [2]. Ovlivňuje závislost protismykových vlastností povrchu vozovky na jízdních rychlostech a určuje drenážní schopnosti povrchu vozovky. Je tvořena

hrubými a jemnými frakcemi kameniva nebo povrchovou úpravou cementobetonových krytů.

2.3. Cementobetonový kryt

Jako cementobetonový kryt se většinou uvažuje jednovrstvá nebo dvouvrstvá konstrukce z cementového betonu. Povrch cementobetonové vozovky lze rozdělit do tří úrovní (obrázek 2.4).

V důsledku hutnicích a vibračních vlivů strojů, podélného hlazení a tažením juty se tvoří na povrchu CB krytu jemná vrstva malty, jejíž tloušťka je obvykle 0,6 mm až 1,2 mm. Povrchová malta, se skládá z velmi jemných materiálů (jemné kamenivo, cement, částečně také písek) a z vody; pod ní ležící druhá úroveň, která obsahuje vedle výše uvedených materiálů také drobné kamenivo. Vodní součinitel je v maltě na povrchu vyšší než u samotného betonu. Pod povrchovou maltou následuje třetí úroveň s vlastním složením betonu, to znamená vedle písku je to především hrubé kamenivo a cement [3].



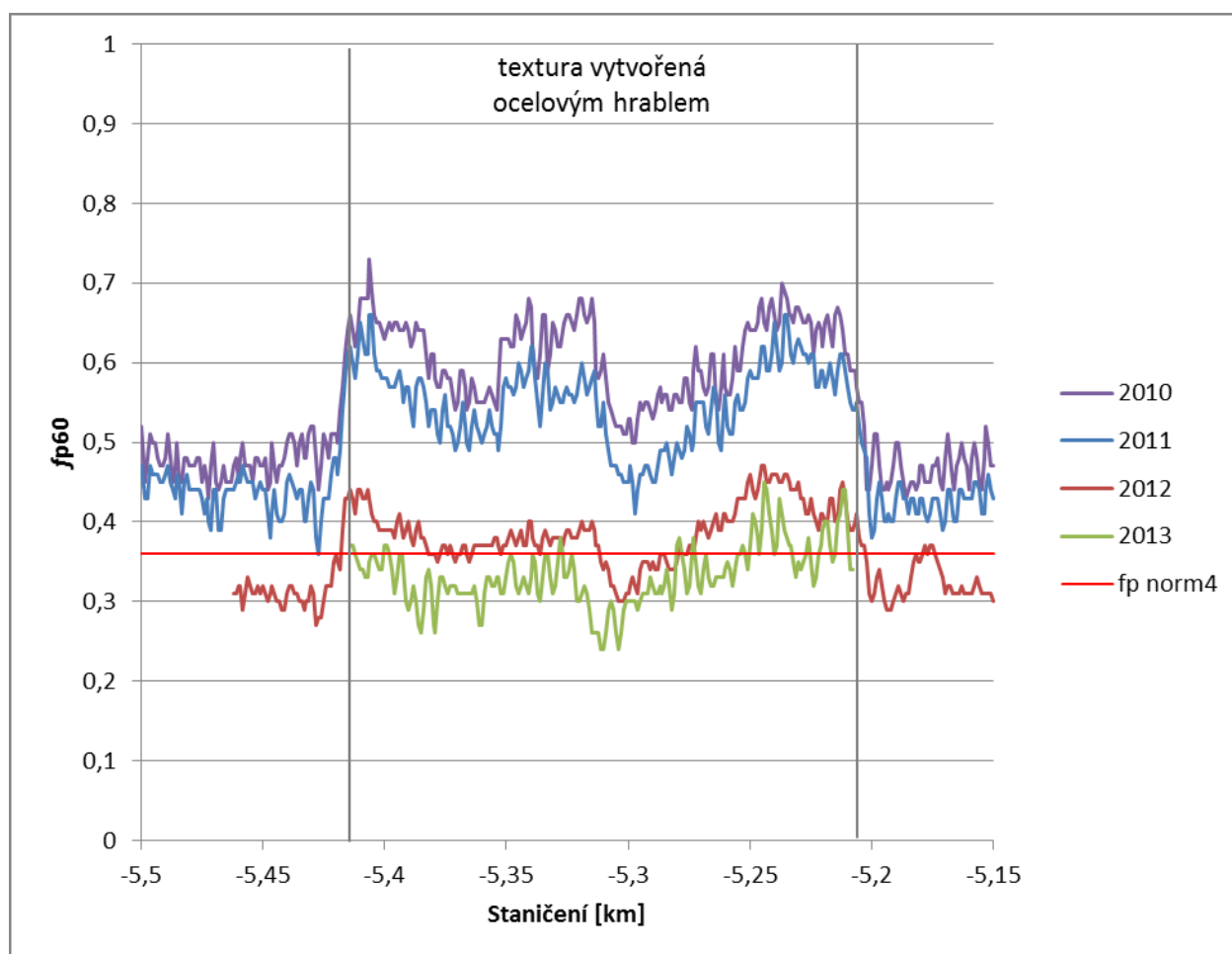
Obrázek 2.4 Úrovně povrchu cementobetonové vozovky [3]

2.3.1. Technologie úpravy povrchů cementobetonových krytů

Na povrchu cementobetonových krytů vozovek je vytvářena textura různými technologiemi jak v čerstvém stavu po uhlazení, tak i ve ztvrdlém stavu. Vytváření textury cementobetonového krytu v čerstvém stavu je zpravidla jednodušší a hospodárnější technologie. U čerstvého betonu je obvyklé vytváření makrotextury podélně taženou jutou nebo umělým trávnickem. Tento způsob ale nevytváří dostatečnou makrotexturu a proto nezajišťuje dlouhodobě požadované protismykové vlastnosti povrchu vozovky. Proto byly zkoušeny nové způsoby vytváření makrotextury:

- Příčné vytváření negativní makrotextury ocelovým hablem,
- Vytváření makrotextury odstraněním povrchové malty.

Příčné vytváření negativní makrotextury ocelovým hablem se příliš neosvědčilo, protože dochází k rychlému ohlazení a zaoblení hran drážek. Výsledkem jsou nevyhovující protismykové vlastnosti i zvýšené hlukové emise povrchu vozovky. Zkušební úsek s touto povrchovou úpravou byl vytvořen na Pražském okruhu (R1). V pomalém pruhu byl povrch vozovky vystaven vysokému dopravnímu zatížení, zejména těžkými vozidly, což vedlo k velmi rychlému poklesu součinitele tření (obrázek 2.5). Po 4 letech provozu je součinitel tření povrchu s negativní texturou téměř stejný jako okolního povrchu, který byl upraven taženou jutou.



Obrázek 2.5 Průběh součinitele tření na Pražském okruhu (R1), textura byla vytvořena ocelovým hablem



Obrázek 2.6 Příčná textura vytvořená ocelovým hablem (a) ihned po vytvoření (b) po roce provozu

Cementobetonový kryt s obnaženým kamenivem, jehož textura vzniká odstraněním povrchové malty, se naopak prozatím osvědčil. Při použití kameniva s nízkou ohladitelností zajišťuje dlouhodobou životnost protismykových vlastností a dobrou odolnost vůči působení vysokého dopravního zatížení (stejně jako u asfaltových koberců mastixových, povrch má podobnou makrotexturu a uspořádání zrn). V metodice jsou popsána doporučení pro zhotovení kvalitního cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem.

3. CEMENTOBETONOVÝ KRYT S OBNAŽENÝM KAMENIVEM

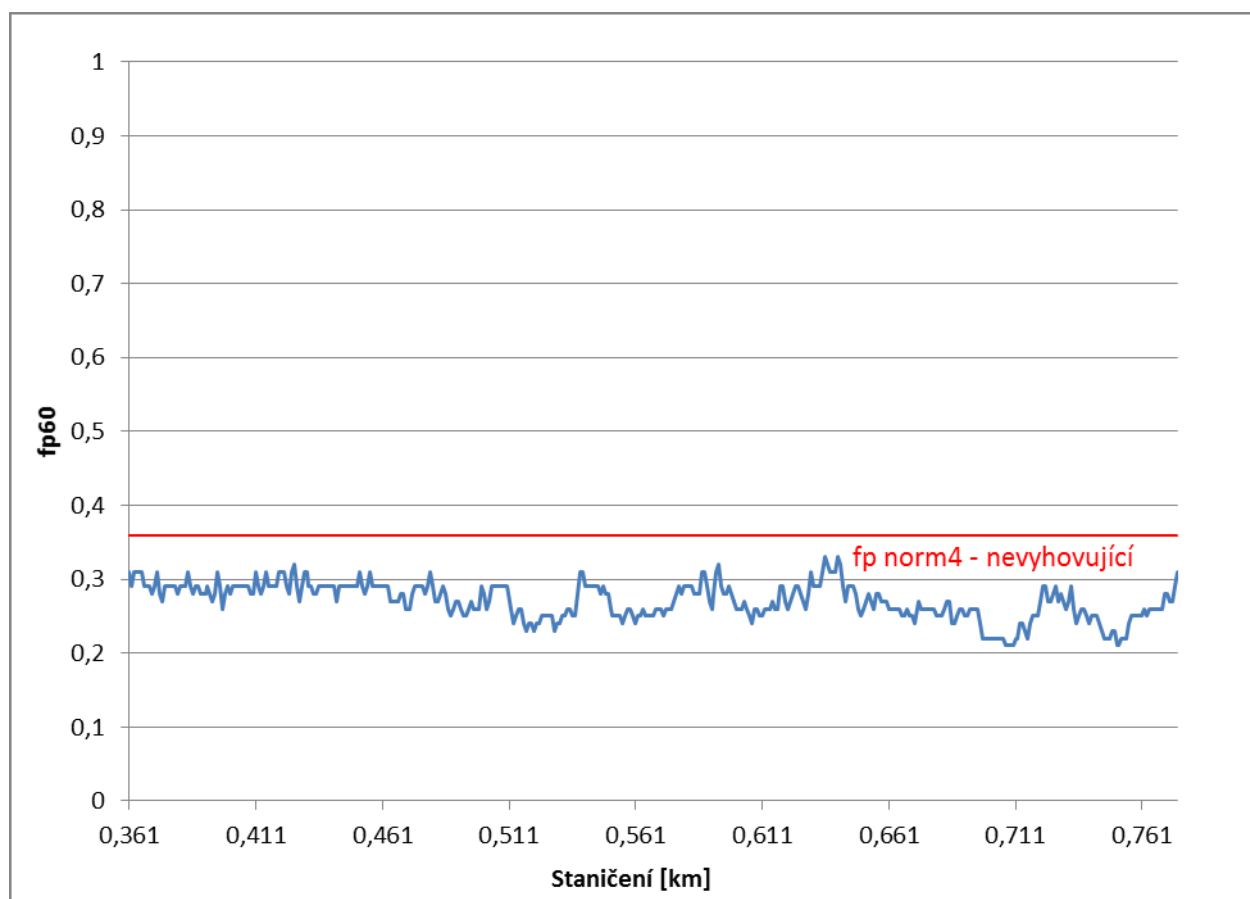
Jak počáteční hodnocení, tak hlavně životnost protismykových vlastností povrchu cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem je nejvíce ovlivněna odolností obnaženého hrubého kameniva proti ohlazení (snížená ztráta mikrotextury) a správným odstraněním cementové malty z povrchu krytu (vytvoření makrotextury).

3.1. Kamenivo

Použité hrubé kamenivo nejen vytváří požadovanou makrotexturu, ale významně ovlivňuje mikrotexturu povrchu vozovky, která je pro životnost protismykových vlastností povrchu vozovky rozhodující. Nevhodné je použití snadno ohladitelného kameniva, např. vápenec, čedič, amfibolit, křemen z těžného kameniva apod. U těchto kameniv dochází k rychlé ztrátě mikrotextury jejich povrchu a tím i protismykových vlastností povrchu vozovky až na hodnocení klasifikačním stupněm 5 – havarijní stav. Tyto poznatky byly prokázány měřeními protismykových vlastností povrchů cementobetonových krytů s obnaženým kamenivem provedených v 70tých a 80tých letech v Rakousku (viz obrázek 3.1 a 3.2).



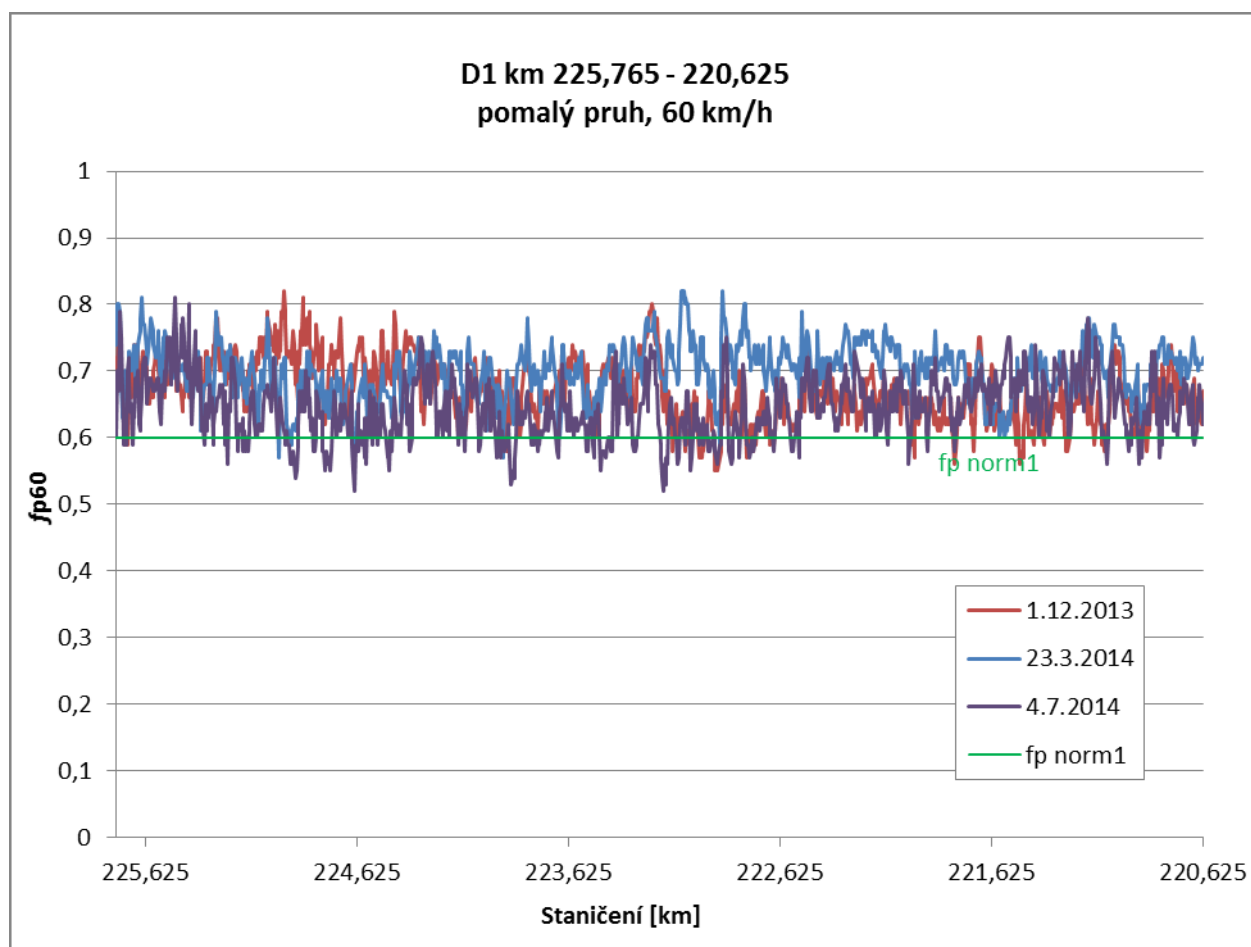
Obrázek 3.1 Detail ohlazeného cementobetonového krytu s nevhodným kamenivem (čedič a křemen)



Obrázek 3.2 Průběh součinitele tření na cementobetonovém krytu s obnaženým kamenivem - použité kamenivo: čedič a křemen

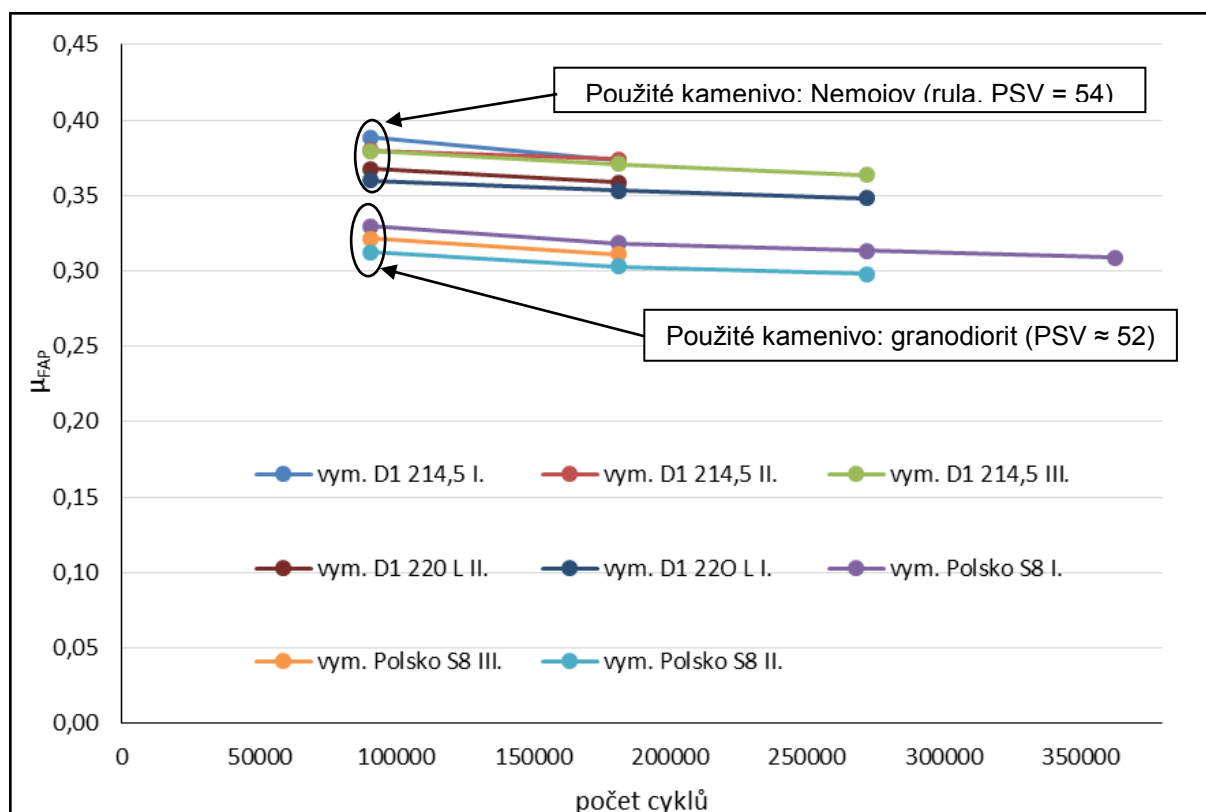
Naopak vhodná kameniva jsou některé ruly a droba. Výběr kameniva do obrusné vrstvy cementobetonového krytu se řídí hodnotou ohladitelnosti kameniva PSV (Polished Stone Value). Minimální hodnota PSV je dána konkrétním národním předpisem (ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonové kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody), kde je uvedena hodnota min. PSV_{53} [4].

V rámci projektu TAČR byl vytvořen zkušební úsek na dálnici D1, levý jízdní pás staničení km 225 – km 220. Bylo použito kamenivo z lomu Nemojov (rula, $PSV = 54$) [5]. Na úseku je velmi silné dopravní zatížení (TNV 10 051 voz/den) [6], přesto jsou po téměř roce provozu protismykové vlastnosti hodnoceny převážně klasifikačním stupněm 1 (obrázek 3.3).



Obrázek 3.3 Průběh součinitele tření na zkušební úseku na dálnici D1

Dále byla provedena měření na vývrtech z cementobetonových krytů s obnaženým kamenivem zařízením Wehner/Schulze podle ČSN EN 12697-49 (obrázek 3.4) [7] a bylo potvrzeno, že dlouhodobá životnost je zajištěna při použití kameniva s min. PSV_{53} .



Obrázek 3.4 Výsledky měření zařízení Wehner/Schulze – závislost součinitele tření na počtu cyklů ohlazování vzorků

3.2. Odstranění povrchové malty

Odstranění povrchové malty cementobetonového krytu, kdy je vytvářena makrotextura, významně ovlivňuje protismykové vlastnosti povrchu vozovky, hlavně při vyšších jízdních rychlostech.

Po položení cementobetonového krytu je potřeba jeho povrch ihned ošetřit postřikem, který zpomaluje tuhnutí povrchové malty. Povrch vozovky se poté vymete pomocí kartáčů umístěných na vymetacím stroji (obrázek 3.4). Vymetání se provádí v době, kdy už je možný pojezd po ztuhlém betonu, ale v době, kdy je možné vrstvu cementové malty nasycené zpomalovačem tvrdnutí vymést do požadované hloubky. Dobu pro vymetání povrchu je nutné neustále sledovat, aby nedocházelo k zatvrdnutí cementové malty a tím k nedostatečnému nebo žádnému odstranění povrchové malty. Vymetený povrch se opatří ochranným postřikem proti rychlému odparu vody [8].

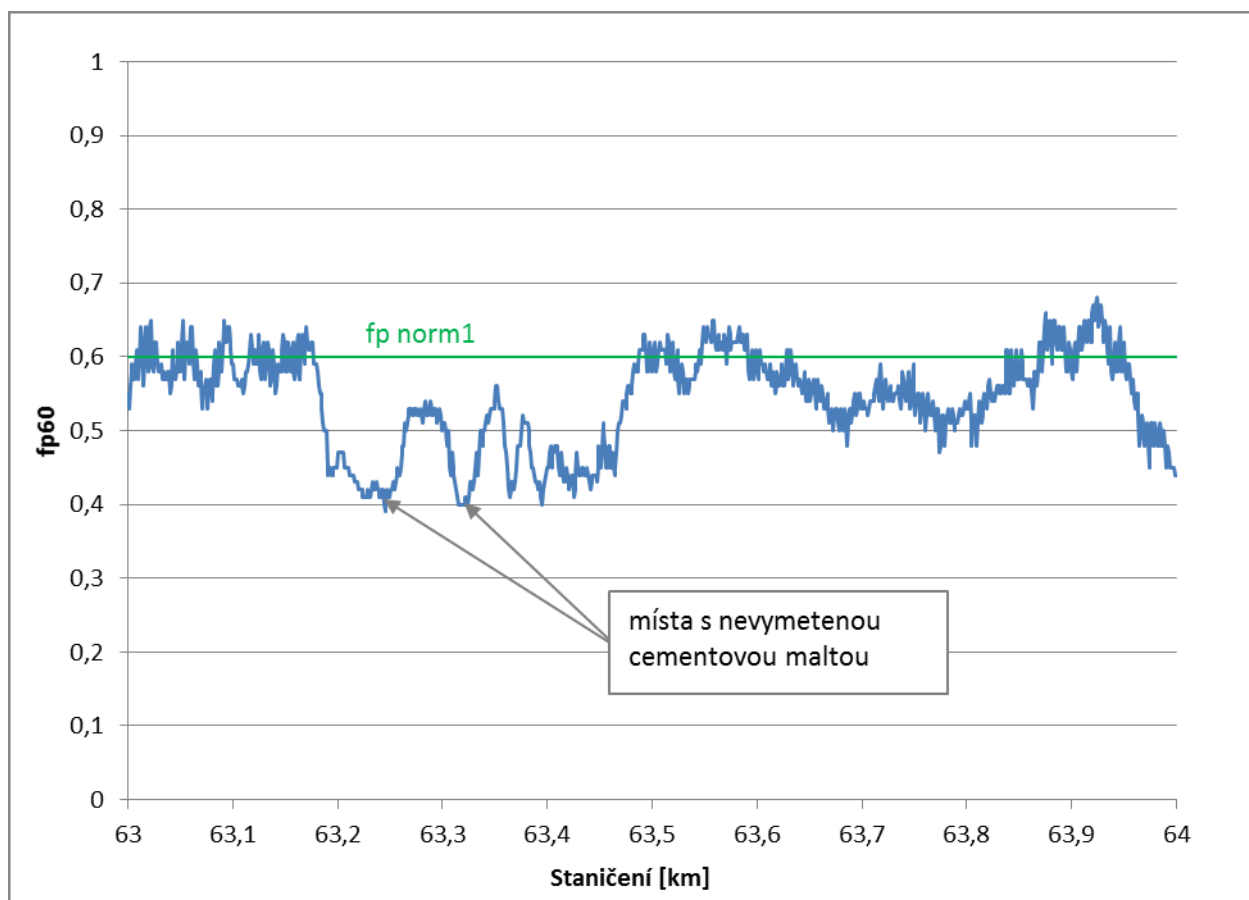


Obrázek 3.5 Kartáč pro vymetání cementové malty z povrchu vozovky

Pokud není cementová malta z povrchu vozovky dostatečně vymetena, nedojde k obnažení hrubého kameniva a tím k vytvoření požadované makrotextury (obrázek 3.5). Povrch vozovky se stává nehomogenním a hodnoty součinitele tření kolísají (obrázek 3.6). Nehomogenní povrch vozovky je velmi nebezpečný při náhlém brzdění nebo zrychlování, protože v každé jízdní stopě je jiný součinitel tření povrchu vozovky a tedy i různá síla působící mezi pneumatikou a povrchem vozovky. Vozidlo se tak snadno může dostat do smyku. Nevymetená místa je proto nutné ihned upravovat pomocí tryskání, frézování nebo broušení. Tyto opravy zvyšují finanční náklady při výstavbě vozovek s cementobetonovým krytem s obnaženým kamenivem, nevytvoří homogenní povrch a jsou výraznou optickou vadou.



Obrázek 3.6 Povrch cementobetonového krytu s nedostatečně vymetenou cementovou maltou



Obrázek 3.7 Průběh součinitele tření na úseku s nedostatečně vymetenou cementovou maltou z povrchu vozovky

4. SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“

V České republice se od roku 1995 používá technologie úpravy povrchu cementobetonového krytu taženou jutou a povrchy vykazují velmi rychlý pokles hodnocení protismykových vlastností až na klasifikační stupeň 5 – havarijní stav. Na těchto úsecích je zvýšená nehodovost.

Technologie úpravy povrchu cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem se běžně ve světě používala s různými výsledky pro bezpečnost silničního provozu (viz havarijní hodnocení úseků v Rakousku). Na základě těchto zkušeností, zejména z posledních staveb v Polsku, byla v rámci projektu TAČR TA01031562 hodnocena povrchová úprava – cementobetonový kryt s obnaženým kamenivem. Prozatím dosažené výsledky z měření povrchových vlastností jak na pokusném úseku provedeném v rámci výzkumného projektu, tak na již realizovaných úsecích v rámci modernizace dálnice D1 a v rámci oprav a rekonstrukcí dálnice D1 a D2 potvrzují, že použití technologie úpravy cementobetonového krytu s vysokou makrotexturou vytvořenou obnažením hrubého kameniva je správná cesta. Podmínkou je použití kameniva s vysokou odolností proti ohlazení a podle ČSN 73 6123-1 [4] se požaduje hodnota ohladitelnosti kameniva minimálně PSV₅₃.

5. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

Certifikovaná metodika pro výstavbu cementobetonových krytů s vysokou makrotexturou povrchu vytvořenou obnažením hrubého kameniva bude uplatněna na všech nově prováděných pozemních komunikacích s betonovou vozovkou. V současnosti je to jediná ověřená technologie, která zajistí dlouhodobě vyhovující hodnocení protismykových vlastností a nízké hlukové emise povrchu vozovky.

6. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Ekonomický přínos použití technologie cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem spočívá v dlouhodobé životnosti protismykových vlastností a odolnosti povrchu vozovky proti vysokému dopravnímu zatížení. U jiných doposud používaných úprav je v současnosti nutné protismykové vlastnosti obnovovat často již po 4 letech provozu pomocí broušení, frézování [9] nebo tryskání [10], zatímco u cementobetonového krytu s obnaženým kamenivem při použití kameniva s nízkou

ohladitelností lze předpokládat vyhovující protismykové vlastnosti povrchu vozovky po dobu 15 – 20 let, podle dopravního zatížení. Na dosud měřených úsecích s cementobetonovým krytem s obnaženým kamenivem jsou protismykové vlastnosti hodnoceny převážně klasifikačním stupněm 1 – velmi dobré, přestože úseky jsou součástí dálnice D1, na které je vysoké dopravní zatížení.

DEDIKACE NA PROJEKT

Metodika byla zpracována v rámci řešení projektu TAČR TA01031562 Technologie úprav povrchu cementobetonových krytů pro zvýšení bezpečnosti a snížení hlučnosti silničního provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN 73 6177 Měření a hodnocení protismykových vlastností povrchů vozovek. Září 2009.
- [2] ČSN ISO 13473-2 Popis textury vozovky pomocí profilů povrchu – Část 2: Terminologie a základní požadavky vztahující se k analýze profilu textury vozovky. Prosinec 2003.
- [3] Fleicher W., Wolf Th.: Herstellung von griffigen und lärmarmen Betonfahrbahndecken. Festschrift anlässlich des 65. Geburtstages von Univ. Prof.Dr. sc. Techn. ETH Siegfried Huschek sowie 50 Jahre Strassenwesen an der Technischen Universität Berlin. TU Berlin. August 2005. 322 s.
- [4] ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek – Cementobetonového kryty – Část 1: Provádění a kontrola shody. Červen 2014.
- [5] Pasportizace lomů přírodního kameniva, ČGS 2014
- [6] Výsledky celostátního sčítání dopravy, 2010
- [7] ČSN EN 12697-49 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 49: Stanovení součinitele tření po ohlazení.
- [8] Technologický předpis: Pokládka CBK s obnaženým kamenivem, SKANSKA, 2014
- [9] NEKULA, L. Metodika obnovy protismykových vlastností cementobetonových krytů broušením diamantovými kotouči nebo jemným frézováním. Metodika vznikla v rámci řešení projektu TAČR TA01031562 Technologie úprav povrchu cementobetonových krytů pro zvýšení bezpečnosti a snížení hlučnosti silničního provozu. Prosinec 2014.
- [10] NEKULA, L. Metodika obnovy protismykových vlastností cementobetonových krytů tryskáním paprskem tlakové vody nebo tryskáním ocelovými kuličkami. Metodika vznikla v rámci řešení projektu TAČR TA01031562 Technologie úprav povrchu cementobetonových krytů pro zvýšení bezpečnosti a snížení hlučnosti silničního provozu. Prosinec 2014.

PŘEDCHÁZEJÍCÍ PUBLIKACE

DAŠKOVÁ, J.; KUDRNA, J., The experience with Wehner/Schulze procedure in the Czech Republic, příspěvek na konferenci V International Congress Sustainability of Road Infrastructures Roma 2012, ISSN 1877-0428, ISBN 978-88-902409-0-4, Sapienza - Università di Roma, Rome, 2012

KUDRNA, J.; DAŠKOVÁ, J.; NEKULOVÁ, P.; NEKULA, L., Skid resistance of concrete pavements and their durability, příspěvek na konferenci *12th international Symposium on Concrete Roads 2014*, Garant International spol. s r.o., Praha, 2014
KUDRNA, J. – DAŠKOVÁ, J. – NEKULA, L. – MALIŠ, L. – URBANEC, K. Snížení dopravní nehodovosti v ČR je úspěchem nebo neúspěchem? Silnice Železnice. Ostrava: KONSTRUKCE Media, s.r.o., 2011, roč. 6, č. 2, s. 37-45. ISSN: 1801- 822X.

NEKULA, L. Povrchové vlastnosti vozovek pozemních komunikací: Část 6, Díl 3: Protismykové vlastnosti cementobetonových krytů vozovek – vymývaný beton. Silnice mosty. Praha: Sdružení pro výstavbu silnic Praha, 2012, č. 3, s. 24 – 28. ISSN: 1804 - 8684.

Vypracovali: Ing. Pavla Nekulová
Ing. Jaroslava Dašková, Ph.D.
Leoš Nekula

Oponenti: Ing. Stanislav Bedřich
TPA ČR s.r.o.

Ing. Marie Birnbaumová
Ředitelství silnic a dálnic ČR, OKKS