

# Využití dat akustického monitoringu povrchů pozemních komunikací při tvorbě TP 270

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.  
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno

Ing. Petra Marková  
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno

Ing. Josef Stryk, Ph.D.  
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno

Mgr. Aleš Peiger  
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno

Ing. Blanka Hablovičová  
Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno

Článek navazuje na předchozí článek v *Silničním obzoru* (2024, roč. 85, č. 12) „Dlouhodobé změny hlučnosti povrchů vozovek“, kdy byly doplněny akustické parametry vozovek, jež jsou získávány v rámci výzkumného projektu TAČR č. CK04000058. Dílčí dlouhodobé výsledky a především analýzy i závěry z nich vyplývající, byly využity jak na mezinárodní, tak na národní úrovni v rámci vypracování nového technického předpisu TP 270 Měření a hodnocení hlučnosti povrchů vozovek. TP 270 má aktualizovat a zobecnit postupy akustického hodnocení pro všechny typy obrusných vrstev vozovek a druhy jejich povrchů, které jsou zatím stanoveny pouze pro nízkohlučné asfaltové vozovky v technických kvalitativních podmínkách TKP 7.

**Klíčová slova:** hlučnost pneumatika/vozovka, metoda CPX, TP 270, povrchy vozovek

*This contribution extends our earlier paper published in *Silniční obzor* (2024, vol. 85, no. 12) „Long-term changes in road surface noise“ by adding further measured acoustic pavement variables obtained under the TAČR research project no. CK04000058. The interim long-term results—and especially the analyses and conclusions derived from them—are already being applied internationally and nationally, for example in preparing the new guideline TP 270 „Measurement and Assessment of Road Surface Noise.“ TP 270 aims to update and generalize acoustic monitoring procedures, broadening their applicability from the low-noise asphalt wearing course mixes listed in TKP 7.*

**Keywords:** Tyre/Road Noise, CPX method, TP 270, Road Surfaces

## ÚVOD

Obecně se na vozovkách měří a vyhodnocuje několik proměnných parametrů, mezi něž patří i hlučnost povrchu vozovky. Protismykové vlastnosti povrchu, nerovnost povrchu, makrotextura povrchu a únosnost vozovek mají pro hodnocení klasifikační stupnici od 1 do 5, ovšem hlučnost zatím nikoli [1]. Hluk má značný dopad na životní prostředí a zdraví člověka [2]. Převažujícím zdrojem hluku v obcích je hluk ze silniční dopravy, který je závislý zejména na intenzitě dopravního proudu, jeho složení i rychlosti a do značné míry je ovlivňován též stavem pozemní komunikace, a to především stavem její obrusné vrstvy. Jeden z hlavních zdrojů hluku je generován kontaktem pneumatiky s vozovkou [3]. Stav obrusných vrstev bude mít s narůstající elektromobilitou stále významnější roli než doposud. K měření hlučnosti povrchů vozovek pozemních komunikací je celosvětově využívána dynamická metoda malé vzdálenosti (CPX: close-proximity), definovaná normou ISO 11819-2 [4]. K měření se v souladu s normou ISO/TS 11819-3 vždy používá referenční pneumatika P225/60 R16 označená v normě jako P1 [5].

Problematice hlučnosti v ČR se začala věnovat pozornost především s rozvojem obrusných vrstev se sníženou hlučností, tzv. nízkohlučných povrchů vozovek. Mezi důležitý realizovaný domácí výzkum patří projekt Technologické agentury ČR č. TA02030639, jehož výstupem byla v roce 2014 metodika [6] a technické podmínky Ministerstva dopravy (dále jen MD) pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností. Za významné podpory Ředitelství silnic a dálnic ČR byly v roce 2017 vydány technické podmínky TP 259 [7]. Ty ale měly sloužit pouze jako krátkodobé přechodné řešení (do roku 2019), než se informace zde uvedené zapracují do dalších dokumentů. Předpis však byl zrušen až k datu 17. 7. 2023 a údaje v něm uvedené byly převedeny do nor-

my ČSN 73 6120 a technického předpisu TKP 7 [8], konkrétně do příloh 7.P5 a 7.P6. Informace zde uvedené však byly zaměřeny pouze na asfaltové obrusné směsi se sníženou hlučností. Akustický monitoring lze však metodou CPX provádět kontinuálně pro libovolný povrch vozovky. Navíc musí být pro strategické hlukové mapování využívána jednotná metodika CNOSSOS-EU [9], kde je pro výpočty vyžadováno použití informace o povrchových vlastnostech vozovek. Proto byl na národní úrovni vypracován přehled nejčastěji používaných povrchů vozovek v ČR se zaměřením na jejich hlučnost [10], kdy bylo stanoveno 10 skupin povrchů: 1 – dlažba, 2 – asfaltové obrusné vrstvy se sníženou hlučností v souladu s ČSN 73 6120, 3 – asfaltové obrusné vrstvy snižující hlučnost mimo ČSN 73 6120, 4 – cementobetonový kryt (dále jen CBK) s úpravou povrchu vlečenou jutou, 5 – CBK vymývaný beton s obnaženým kamenivem, 6 – ACO 11, 7 – SMA 11, 8 – jemnozrnné asfaltové povrchy, 9 – hrubozrnné asfaltové povrchy, 10 – emulzní mikrokoberce. Posléze byla pro tyto povrchy provedena rozsáhlá měření hlučnosti metodou CPX. Výsledky byly využity v projektu řešeném firmou EKOLA a CDV [11], kde byly pro tyto typy povrchů v ČR stanoveny koeficienty pro použití ve výpočtové metodice CNOSSOS-EU. Na mezinárodní úrovni v rámci skupiny CEN/TC 227/WG 5: Pavement surface characteristics je v procesu příprava mezinárodního předpisu „*Characterisation of the acoustic properties of road surfaces*“ [12], která se zaměřuje na měření a monitoring hlučnosti povrchů vozovek, zejména s využitím metody CPX.

S ohledem na výše popsané skutečnosti schválilo Ministerstvo dopravy 25. 4. 2025 vypracování nového komplexního technického předpisu TP 270 „*Měření a hodnocení hlučnosti povrchů vozovek*“, který ucelí veškeré poznatky této problematiky.

## VYBRANÉ DLOUHODOBÉ VÝSLEDKY MĚŘENÍ METODOU CPX – POROVNÁNÍ

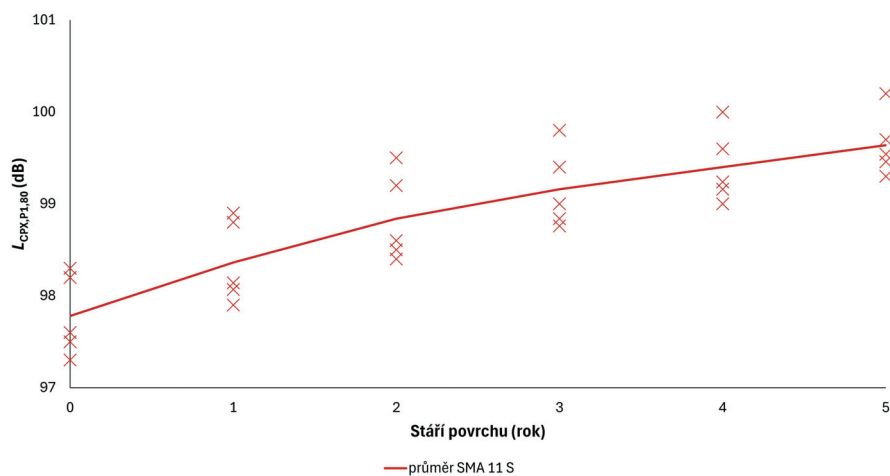
Mezi nejpoužívanější obrusnou vrstvu asfaltové vozovky na nejvytíženějších pozemních komunikacích v ČR, zejména na dálnicích a silnicích I. třídy, patří asfaltový koberec mastixový s maximální velikostí frakce použitého kameniva 11 mm, se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací (SMA 11 S) [10]. Povrch SMA 11 S je využit i pro definici národní srovnávací základny z hlediska hlučnosti, která je pro rychlost 80 km/h stanovena hodnotou 98 dB. Referenční hodnota odpovídá průměrné hlučnosti všech analyzovaných povrchů SMA 11 na celém území ČR po cca 1 roce používání. Popřípadě je SMA 11 kombinováno s obecně nejpoužívanějším povrchem v ČR, což je ACO 11 [10]. Referenční vztažná jednočíselná hodnota (98 dB) je stanovena na základě téměř tisícovky měření, reálná hlučnost v dané konkrétní lokalitě, pokud je vše provedeno v pořádku, by se tak měla pohybovat v blízkosti uvedené hodnoty.

Z rozsáhlého souboru dat měření na dálniční síti byly vybrány lokality, kde jsou použity bezprostředně po sobě různé obrusné vrstvy/povrchové úpravy stejného stáří. Lze tak s výhodou provést porovnání akustických změn v dané lokalitě. Pro účely tohoto článku bylo vybráno 5 lokalit, kde je možné srovnání vůči povrchu SMA 11 S, ze kterého je odvozena vztažná referenční akustická hodnota.

Lokality k prezentaci byly vybrány tak, aby bylo možné zachytit vždy alespoň pětiletý vývoj od pokládky, byť některé časové řady jsou delší. V první řadě bylo provedeno porovnání tzv. „nízkohlučných povrchů“ – porovnání starší nízkohlučné vrstvy BBTM 8 NH, která odpovídá požadavkům TP 259/TKP 7 (ale realizované dříve) a novější nízkohlučné vrstvy SMA 8 NH provedené již dle platné dokumentace TP 259/TKP 7. Je nutné zmínit, že existují i další typy povrchů vozovek, které z hlediska ČSN 73 6120 [13] nejsou definovány jako obrusné vrstvy se sníženou hlučností, přesto po pokládce vykazují nižší hlučnost, než je stanovená referenční hodnota. Jde například o jemnozrně uzavřené směsi typu BBTM 8 A, které mají zpravidla nižší mezerovitost než NH povrchy (SMA 8 NH), ale zároveň je jejich mezerovitost vyšší než u běžných povrchů (SMA 11 S). Nižší hlučnosti lze dosáhnout také u povrchů CBK, pokud jsou vhodně upraveny. Povrchům typu SMA 11 S akusticky odpovídá povrchová úprava CBK s obnaženým kamenivem (vymývaný beton). Nižší hlučnost CBK vykazuje také dříve prováděná úprava pomocí vlečené juty nebo nově nižší hlučnost vykazuje i vhodná technologie grindingu (broušení).

Veškeré výsledky jsou přepočítány na referenční hodnoty v souladu s požadavky technických norem – tj. měření při rychlosti 80 km/h a okolní teplotě vzduchu a povrchu 20 °C. Lze tak provést porovnání akustických změn v dané lokalitě. Nejprve bylo pro dané lokality na dálnicích provedeno srovnání vyskytujícího

se povrchu SMA 11 S. Průměrná hodnota hlučnosti jednotlivých úseků SMA 11 S a její změny v čase mají velmi dobrou korelaci vůči hodnotám uvedeným v TKP 7 (tab. P6.2). Z obr. 1 je zřejmé, že nové povrchy SMA 11 S mají po pokládce hlučnost pod 98 dB, při stáří do 2 let je hodnota pod 99 dB a při stáří do 5 let je hlučnost pod 100 dB.



obr. 1 Vývoj hlučnosti vybraných dálničních povrchů typu SMA 11 S v ČR (bezprostředně navazuje jiná, dále porovnávaná povrchová úprava)

Po ověření validity vybraných úseků dálniční sítě (obr. 1) vůči průměrným hodnotám uvedeným v tabulce v TKP 7, kde pro SMA 11 jsou uvedeny hodnoty na základě několika stovek měření, lze daný vzorek povrchu SMA 11 S považovat za reprezentativní a nemělo by docházet ke zkreslení dalších analýz, kde chceme porovnat změnu hlučnosti jiných povrchových úprav.

Zásadní otázkou pro různé typy povrchových úprav vozovek není jen počáteční hlučnost, ale dlouhodobý vývoj v čase. Tedy zda meziročně (v čase) narůstá hlučnost rychleji/pomaleji vůči jiným úpravám. Pokud budeme akustickou meziroční změnu vybraných povrchů SMA 11 S na dálniční síti (po nichž následuje jiný typ povrchu) považovat za referenční povrch (z obr. 1), můžeme posuzovat odchylky ostatních zde zastoupených povrchů. Můžeme tedy jednoduše analyzovat větší nárůst či pokles hlučnosti různých typů povrchů vozovek vůči změně této vztažné hodnoty (změně hlučnosti povrchu SMA 11 S). Na obr. 2 je změna hodnoty hlučnosti povrchu SMA 11 S považována za referenční a relativní, proto má stále nulovou hodnotu, aby bylo možné jednoduše porovnat absolutní meziroční změny vůči jiným typům povrchů vozovek. U povrchu SMA 11 S samozřejmě reálně v čase dochází ke zvyšování hlučnosti, což je ukázáno na obr. 1. Ovšem pro účely jednoduchého rychlého porovnání byla průměrná hodnota v jednotlivých letech z obr. 1 dosazena do obr. 2 jako nulová vztažná hodnota. Tedy pokud se pro některý povrch na obr. 2 vykazuje větší akustický útlum vůči SMA 11 S, neznamená to, že reálně dochází k meziročnímu akustickému snižování hlučnosti. To znamená, že meziroční nárůst hlučnosti je nižší než u povrchu SMA 11 S (například, když se u SMA 11 S hlučnost meziročně zvýší o 0,5 dB, pro daný povrch může dojít ke zvýšení hlučnosti o 0,2 dB). Reálně tedy dochází ke zvyšování hlučnosti vůči vztažné referenční hodnotě (98 dB), ovšem některé typy povrchů vykazují meziroční nárůst hlučnosti menší

nebo větší než běžný asfaltový povrch nejčastěji aplikovaný na dálniční síti SMA 11 S.

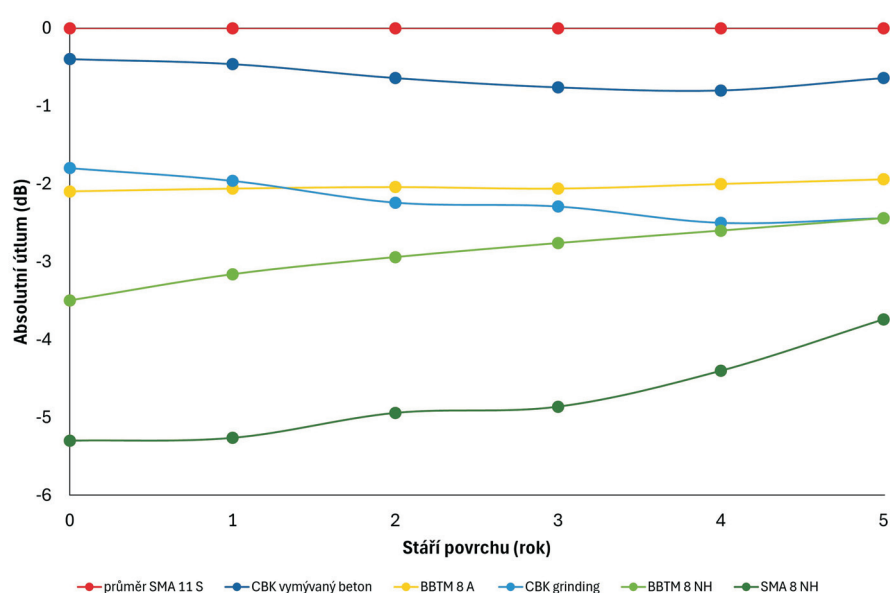
Změna absolutního rozdílu akustického útlumu v průběhu času mezi SMA 11 S (jako referenčním povrchem) a dalšími povrchy, které na počátku mají významně nižší hlučnost, je patrná z obr. 2. Jde však jen o srovnání malého vzorku měření, na jehož základě nelze dělat finální závěry, pro které bude nutné uvažovat mnohem větší statistický vzorek měření. V obr. 2 je zobrazen absolutní útlum povrchů v porovnání s průměrnou hodnotou všech zde analyzovaných povrchů SMA 11 S z obr. 1. Na obr. 2 je názorně vidět, o kolik lépe tlumí hluk ostatní povrchy v porovnání s hlučností v daném roce vyjádřené průměrné hodnoty hlučnosti povrchu SMA 11 S. (Změna hlučnosti povrchu SMA 11 S v čase tedy není nulová, ale odpovídá průběhu obr. 1.) Ukazuje se, že nejvyššího absolutního snížení hlučnosti (až 5 dB) dosahují právě specializované obrusné směsi

se sníženou hlučností (SMA 8 NH, BBTM 8 NH), na druhou stranu u nich dochází k nejrychlejšímu nárůstu hlučnosti. Přesto však po pěti letech provozu vykazují tyto povrchy oproti SMA 11 S stejného stáří stále cca o 3 dB lepší akustické parametry. Ve srovnání s referenční hodnotou 98 dB je zlepšení již jen na úrovni cca 1–2 dB. Asfaltový povrch snižující hlučnost (BBTM 8 A) má po pokládce absolutní snížení hlučnosti cca 2 dB oproti SMA 11 S, ovšem nárůst hlučnosti vykazuje obdobný. Absolutní rozdíly mezi nultým a pátým rokem se k sobě „vizuálně přiblížily“ jen nepatrně (cca do 0,5 dB). Reálná hlučnost v pátém roce životnosti povrchu BBTM 8 A odpovídá cca referenční hodnotě 98 dB. Tedy nový povrch SMA 11 S má přibližně stejnou hlučnost jako pět let starý povrch typu BBTM 8 A. Pro betonový povrch snižující hlučnost (technologie grinding) je naopak vidět, že zde se nůžky nezavírají, ale naopak mírně otevírají. U CBK grinding s vhodnou (nízkohlučnou) úpravou oproti SMA 11 S tak došlo k mírnému vzdálení rozdílu absolutních hodnot hlučnosti mezi nultým a pátým rokem (cca o 0,5 dB). Vhodná úprava CBK grinding vykazuje v 5. roce stále cca o 1 dB lepší akustické parametry oproti referenční hodnotě 98 dB. Nejpoužívanější CBK vymývaný beton po celé pětileté období vykazuje mírně nižší (cca 0,2–0,5 dB), avšak obdobnou hlučnost jako SMA 11 S. Z hlediska hlučnosti prvních pěti let po pokládce tak lze považovat tyto povrchy za identické.

Meziroční variabilita hodnot může záviset na kvalitě provedení při pokládce, především je však ovlivňována místními meteorologickými a dopravními podmínkami (např. rychlost dopravního proudu a případné uplatnění samočisticího efektu, přítomnost zemědělské techniky či blízkost významné stavby – silné znečišťování povrchu vozovky, počet mrazových cyklů v zimním období, aj.).

## ZÁVĚR

Z praktického hlediska představuje porovnání bezprostředně navazujících úseků vozovek stejného stáří, avšak s různými po-



obr. 2 Absolutní změna vývoje hlučnosti vybraných typů povrchů vozovek na dálnici bezprostředně navazujících na povrch SMA 11 S vůči referenční změně povrchu SMA 11 S (reálný nárůst hlučnosti v čase pro povrch SMA 11 S a použitá průměrná hodnota je uvedena na obr. 1)

vrchy, nejcennější místa pro sledování vývoje stavu, a to i v rámci projektu CK04000058. Význam těchto nemnoha sledovaných lokalit je dán skutečností, že zde dlouhodobě působí stejné vlivy (intenzita, skladba a rychlost dopravy, meteorologické vlivy aj.). Změřená hlučnost v prezentovaných vybraných příkladech tohoto článku koreluje a odpovídá hodnotám z tabulky v TKP 7, které jsou pro povrch typu SMA 11 odvozeny na základě statistiky téměř tisícovky provedených měření na různých lokalitách rozdílného stáří.

Jelikož zvolené prezentované úseky SMA 11 S na dálnici odpovídají hodnotám v TKP 7, byl povrch SMA 11 S zvolen jako referenční pro další porovnání. Bylo provedeno porovnání vůči dvěma typům nízkohlučných povrchů vozovek označených symbolem NH definovaných v ČSN 73 6120 a dvěma typům povrchů snižujících hlučnost, z nichž jeden je asfaltový a druhý cementobetonový kryt, popřípadě porovnání vůči nejběžnějšímu momentálně používanému cementobetonovému povrchu – CBK vymývaný beton. Ukazuje se, že nejvyššího absolutního snížení hlučnosti (až 5 dB) dosahují právě specializované obrusné vrstvy NH se sníženou hlučností. Na druhou stranu u nich dochází k nejrychlejšímu nárůstu hlučnosti, přesto však i po pěti letech mají oproti referenční hodnotě o cca 1–2 dB nižší hodnotu hlučnosti. Asfaltový povrch BBTM 8 A snižující hlučnost má křivku méně strmou, ovšem tím, že vychází z nižšího absolutního snížení po pokládce (cca 2–3 dB), jeho hlučnost po pěti letech odpovídá přibližně referenční hodnotě. Křivky hlučnosti se od sebe mohou i oddalovat. Běžné asfaltové (SMA 11 S) a betonové povrchy (CBK vymývaný beton) za pětileté období vykazují přibližně obdobný nárůst, i když betonový povrch je na tom mírně lépe. Ovšem specializovaná úprava CBK s využitím vhodné technologie grindingu po pokládce snížila hlučnost cca o 2 dB oproti referenční hodnotě. To je sice nejméně oproti jiným zde prezentovaným technologiím, avšak po pěti letech je zde stále hlučnost cca o 1 dB nižší než referenční hodnota. Za pět

let tak došlo k nárůstu jen cca o 1 dB, což je nejnižší nárůst hlučnosti ze všech zde prezentovaných příkladů.

Při sestavování nového technického předpisu TP 270 Měření a hodnocení hlučnosti povrchu vozovek, bylo rozhodnuto o zahrnutí výsledků projektu CK04000058 tak, aby všechny informace týkající se měření, hodnocení, klasifikace hlučnosti včetně posouzení dlouhodobých akustických změn jednotlivých povrchů vozovek pozemních komunikací byly uvedeny v jednom dokumentu. Očekává se, že tento předpis povede k systematictějšímu začlenění akustických požadavků do procesu návrhu, výstavby i hodnocení vozovek pozemních komunikací, jež umožní postupné zavedení 5stupňové klasifikační stupnice do praxe i pro tento sledovaný proměnný parametr a zároveň vytvoří podklad pro navazující aktualizace souvisejících technických norem a metodických pokynů. Zároveň bude zaručeno, že tuto problematiku nebudou jako doposud řešit různé „přílepky“ k jiným předpisům, kdy tak problematika hlučnosti povrchů vozovek není řešena jednotně na systémové úrovni.

## ZDROJE

- [1] Kudrna, J. a kol. Technické podmínky 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek, schváleno Ministerstvem dopravy č. j. 165/10-910-IPK/1 ze dne 25. února 2010 s účinností od 1. března 2010, 103 s.
- [2] World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European Region. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018. ISBN 978-92-890-5356-3.
- [3] Sandberg, U. a J. A. Ejsmont. Tyre/road Noise Reference Book. Kisa, Sweden: INFORMEX, 2002. ISBN 91-631-2610-9.
- [4] ISO 11819-2 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method. Geneva: International Organization for Standardization, 2017. (ČSN EN ISO 11819-2 Akustika – Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk – Část 2: Metoda malé vzdálenosti. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2018.)
- [5] ISO/TS 11819-3 Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference Tyres. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. (ČSN P ISO/TS 11819-3 Akustika – Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk – Část 3: Referenční pneumatiky. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2022.)
- [6] Valentin, J., P. Mondschein, P. Hýzl, a M. Varaus. Metodika pro návrh, výrobu a provádění akustických asfaltových vrstev. Praha: Fakulta stavební, české vysoké učení technické v Praze, 2015. ISBN 78-80-01-05833-6.
- [7] Valentin, J. P. Mondschein, P. Bureš a V. Křivánek. Technické podmínky 259 Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností, schváleno Ministerstvem dopravy čj. 121/2017-120-TN

## Lektorský komentář

Článek představuje cenný příspěvek k problematice akustických vlastností povrchů pozemních komunikací v České republice. Na základě dlouhodobého monitoringu metodou CPX autoři ukazují, jak se jednotlivé typy asfaltových i betonových povrchů chovají v čase a jak tyto poznatky ovlivňují přípravu nového technického předpisu TP 270. Výsledky přináší jasně porovnání vrstev se sníženou hlučností, běžně používaných asfaltových směsí i specificky upravených betonových povrchů. Zjištění mají přímý dopad na návrh, realizaci i následné hodnocení vozovek, a proto lze článek považovat za významný podklad pro další rozvoj oboru.

Ing. Martin Ládyš, EKOLA group, spol. s r.o.

Zde prezentované výsledky slouží jako významný podklad pro připravovanou přílohu 1 v TP 270, kde jsou uvedeny průměrné hlučnosti povrchů.

### Poděkování

Tento příspěvek čerpá z dat měření, která byla získána na základě řešení projektů Technologické agentury ČR č. TA01030459, TA04021486, TE01020168, TLO2000258, CK02000121, CK04000058 a projektu „Analýza a monitoring změn hlučnosti povrchů pozemních komunikací“ financovaného Ministerstvem dopravy.



Tento článek byl vytvořen za finanční podpory Technologické agentury ČR a Ministerstva dopravy ČR v rámci Programu DOPRAVA 2020+, v rámci řešení projektu CK04000058 Zohlednění dalších vlivů promítajících se do naměřených hodnot hlučnosti povrchů vozovek při dynamickém měření.

ze dne 21. listopadu 2017 s účinností od 1. prosince 2017, 26 s. (Zrušené k datu 17. 7. 2023.)

- [8] Valentin, J. a kol. Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací TKP 7 Hutněné asfaltové směsi, schváleno Ministerstvem dopravy čj. MD-10079/2023-930/2 ze dne 29. 3. 2023 s účinností od 1. 4. 2023, 44 s.
- [9] Kephapopoulos, S. M. Paviotti a F. Anfosso-Lédée. Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012. ISBN 978-92-79-25281-5.
- [10] Křivánek, V., B. Hablovičová, P. Marková, P. Bíza, J. Stryk, R. Ličbinský a Z. Hejkal. Výběr nejčastěji používaných typů povrchů na komunikační síti ČR. Závěrečná zpráva. Brno: Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. 2021. 74 s.
- [11] Ládyš, L., M. Ládyš, V. Křivánek a F. Fikejz. Akustické vlastnosti nejpoužívanějších povrchů v ČR a jejich implementace do výpočtové metodiky CNOSSOS-EU. Závěrečná zpráva. Praha a Brno: EKOLA group, spol. s r.o. a Centrum dopravního výzkumu, v. v. i. 2023. 75 s.
- [12] Anfosso-Lédée, F., V. Krivanek a P. Stryk. The measurement of tire-road noise: how does standardization contribute to the development of low noise pavements in Europe. [Online.] In: INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. France, 2024.
- [13] ČSN 73 6120 Stavba vozovek – Ostatní asfaltové vrstvy – Provádění a kontrola shody. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2021.