

# DLOUHODOBÁ ZMĚNA HLUČNOSTI POVRCHŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ A JEJICH HODNOCENÍ

## LONG-TERM CHANGE IN THE NOISE LEVEL OF ROAD PAVEMENTS AND THEIR ASSESSMENT

VÍTĚZSLAV KŘIVÁNEK, PETRA MARKOVÁ, KAREL EFFENBERGER

*Centrum dopravního výzkumu, v. v. i., Brno, Česká republika*

### SOUHRN

Snížení emisí hluku do životního prostředí je prioritou dopravní politiky jak jednotlivých států, tak Evropské unie. Hlučnost z provozu na silničních komunikacích, představuje dominantní podíl na celkové hlukové zátěži a je ovlivňována intenzitou, složením a rychlostí dopravního proudu, ovšem také technickým stavem vozovky, tedy stavem její ohrubné vrstvy. Realizace ohrubných směsí se sníženou hlučností na pozemních komunikacích představuje velmi efektivní protihlukové opatření přímo u zdroje hluku. Na základě doporučení technické komise TC 227/WG5 Evropského výboru pro normalizaci CEN a výsledků evropského projektu ROSSANE je pro monitoring hlučnosti povrchů vozovek výhradně upřednostňována metoda CPX, která jako ISO norma vyšla v březnu 2017. V České republice se dosud v omezené míře používá aplikace technologií asfaltových vrstev snižujících hlučnost, přičemž tyto technologie mají svá specifika. Z hlediska akustického hodnocení těchto technologií se postupuje v ČR dle nového závazného předpisu Ministerstva dopravy ČR, TP 259 Asfaltové směsi pro ohrubné vrstvy se sníženou hlučností, který vyšel v prosinci 2017.

*Klíčová slova:* hluk – snižování, metoda CPX, hlučnost povrchu vozovky

### SUMMARY

Reduction of noise emission into the environment is a priority of transport policies of individual countries, as that of well as the European Union. Road traffic noise has a dominant share in the total noise production and is influenced by traffic volume, traffic composition, traffic flow speed, as well as the technical condition of the road pavement, i.e. the condition of its wearing course. The installation of low-noise wearing courses on road pavements is a very effective acoustic measure directly at the noise source. Based on the recommendation of the technical committee TC 227/WG5 of the European Committee for Standardisation CEN and on the results of the European project ROSSANE, the CPX method, which was published as an ISO standard in March 2017, is exclusively preferred for the monitoring of road pavement noise. Technologies of asphalt mixtures reducing noise have been applied in the Czech Republic. These technologies have their specific features. Regarding the acoustic assessment of these technologies in the Czech Republic, "binding technical specifications" TP 259 Asphalt mixtures for low-noise wearing courses, published by the Ministry of Transport in December 2017, are in use.

*Key words:* noise – reduction, CPX method, road surface noise

<https://doi.org/10.21101/hygiena.a1612>

### Úvod

Z hlediska ochrany životního prostředí před hlukem ze silniční dopravy se jako velmi důležitá jeví detailní znalost akustických charakteristik povrchů nových vozovek pozemních komunikací a jejich změna v průběhu následného užívání, jak pro vlastní správce (zhodovatele), tak pro orgány ochrany veřejného zdraví (1). Na základě reálně naměřených dat z terénu je možné získat vstupní podklady pro posuzování dopadů na lidské zdraví, jednotlivých zdravotních dopadů i rizik včetně hodnocení dlouhodobého účinku (2) aj.

Od roku 2015 pro porovnávání výsledků z různých míst v souladu s doporučením mezinárodní pracovní skupiny CEN TC227/WG5 je jedinou vhodnou metodou

pro dlouhodobé sledování změn akustické charakteristiky ohrubných vrstev krytů vozovek pozemních komunikací metoda CPX (3). Metoda je popsána v nově vydané normě z roku 2017: ISO 11819-2:2017 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2 (4), kde jsou uvedeny základní požadavky na měření a korekce. Norma je doplněna specifikací ISO/TS 11819-3:2017 Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 3: Reference tyres (5), která předepisuje použití definované referenční pneumatiky při měření dle metody CPX. Dále specifikací ISO/TS 13471-1:2017 Acoustics – Temperature influence on tyre/road noise measurement – Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method (6), jež stanovuje postupy pro zohlednění vlivu teploty na emise hluku na styku pneumatika/vozovka.

V předmětné oblasti na národní úrovni byly vytvořeny technické podmínky Ministerstva dopravy ČR – TP 259: „*Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností*“, které platí od prosince 2017 a jsou plně integrovány do Systému jakosti v oboru pozemních komunikací (7). Do roku 2017 bylo pracovníky Centra dopravního výzkumu, v. v. i. (dále CDV), kteří jsou členy CEN TC227/WG5 za ČR, změřeno a vyhodnoceno, i v rámci opakovaných periodických měření, přes 4 000 km pozemních komunikací v terénu na území ČR metodou CPX – především v rámci výzkumných projektů TA01030459, TE01020168, TA04021486 (8), (9). Tato rozsáhlá datová základna byla využita i při vlastní tvorbě TP 259. Konkrétně přílohy A, kde jsou vymezeny požadavky pro řádnou údržbu a ošetřování obrusných vrstev se sníženou hlučností i přílohy B, která vymezuje způsoby měření hlučností s využitím metody CPX (7).

#### Stanovení referenční hodnoty

Důvod zavedení národní srovnávací základny – stanovení referenční ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na styku pneumatika/vozovka vychází z předpokladu, že pro hodnocení a porovnání účinnosti jednotlivých technologií z akustického hlediska není důležité, jak moc špatný byl stav pozemní komunikace před změnou (10). Naopak pro porovnání účinnosti jednotlivých technologií obrusných vrstev se sníženou hlučností je důležité, jaké změny bylo dosaženo po rekonstrukci či obnově, proto je nutné uvádět veškeré naměřené hodnoty (11), respektive uvádět rozdíl vůči referenční hodnotě, jelikož hodnocení pomocí absolutního rozdílu hodnot před a po pokládce nevypovídá o kvalitě nového povrchu obrusné vrstvy pozemní komunikace. V TP 259 pro stanovení a zvolení národní srovnávací základny bylo postupováno v souladu s doplňkovými doporučeními normy ISO 11819-2 i na základě doporučení CEN TC 227/WG5, včetně doposud získané a vyhodnocené databáze výsledků z měření na území ČR. Standardně se ve světě za tuto základnu používá asfaltová obrusná vrstva nejčastěji používaná v daném státě, stáří jednoho až dvou let (12). V našem případě se jedná o obrusné vrstvy vozovek s asfaltovými směsmi typu SMA 11 (asfaltový koberec mastixový) či ACO 11 (asfaltový beton pro obrusnou vrstvu vozovky). Kvalitně provedené běžné asfaltové směsi dosahují ihned po pokládce maximální hlučnosti v úrovni cca 89 dB, kdy po zajetí (jednom až dvou letech) se jejich hlučnost pohybuje na úrovni 90 dB. Na základě získaných dat i zahraničních zkušeností (např. francouzského předpisu *Mesure en continu du bruit de contact pneumatique/chaussée*, LCP No. 63, 2008) je v TP 259 pro hodnocení obrusných vrstev se sníženou hlučností a porovnání akustické charakteristiky povrchů vozovek pozemních komunikací dle metody ISO 11819-2 stanovena referenční ekvivalentní hladina akustického tlaku A na styku pneumatika/vozovka hodnotou 90 dB, pro rychlost 50 km/h a 98 dB, pro rychlost 80 km/h při použití pneumatiky SRTT (Uniroyal Tigerpaw 225/60 R 16) (13). Z hlediska vlastního hodnocení obrusných směsí se sníženou hlučností dle TP 259 se vychází z analogie a navázání na NV č. 272/2011 Sb. ve znění pozdějších předpisů, kdy se zde pracuje s pojmem prokazatelné navýšení hluku, které

představuje navýšení hlukové zátěže o 2 dB. Tuto skutečnost využívá i TP 259 a zavádí formulaci: „*Za obrusnou vrstvu pozemní komunikace se sníženou hlučností lze považovat libovolnou asfaltovou směs, jejíž hlučnost (korigovaná ekvivalentní hladina akustického tlaku styku pneumatika/vozovka na referenční rychlost, teplotu a tvrdost při použití SRTT pneumatiky P1) po pokládce je minimálně o 2,0 dB nižší než stanovená referenční hodnota.*“ Hlučnost povrchu pozemní komunikace se v čase vyvíjí a to jak pro směsi se sníženou hlučností, tak i pro běžné asfaltové směsi použité na pozemních komunikacích, proto je v TP 259 uvedeno, do kdy lze považovat obrusnou vrstvu se sníženou hlučností za funkční z hlediska jejího akustického benefitu v porovnání s běžným novým povrchem pozemní komunikace: „*Po dvou a více letech od uvedení do provozu lze za obrusnou vrstvu pozemní komunikace se sníženou hlučností považovat libovolnou asfaltovou směs, jejíž hlučnost (korigovaná ekvivalentní hladina akustického tlaku styku pneumatika/vozovka na referenční rychlost, teplotu a tvrdost při použití SRTT pneumatiky P1) nedosáhne stanovené referenční hodnoty.*“

#### Výsledky měření

Výsledky a výstupy projektu TAČR TA01030459 a TA04021486 (8, 9) naznačují, že změny v jednotlivých letech nejsou pro běžné povrchy zásadně významné. Lze však i tyto malé změny hlučnosti jednotlivých povrchů vozovek úspěšně měřit a hodnotit pomocí metody CPX (14). Pravidelný monitoring hlučnosti povrchů vozovek vybraných úseků komunikací probíhal pracovníky CDV od roku 2012 (15). Měření byla každý rok opakována na nové referenční pneumatice, získaná data jsou korigována na příslušné referenční rychlosti a teploty (16), (17) v souladu s řadou norem ISO 11819-2 tak, aby mohlo být provedeno příslušné srovnání změn hodnot v čase. Hlučnost všech typů pozemních komunikací se v čase mění (18). Provedeno je srovnání běžné a nízkohlučné směsi ze stejné lokality – úseky následují bezprostředně za sebou. Obdobných lokalit v ČR je velice málo, z hlediska hodnocení se však jedná o vysoce cenné lokality, jelikož na pozemní komunikaci působí stejné vlivy – intenzita dopravy (složení, rychlost), meteorologické vlivy (děšť, mráz, klimatické podmínky), případné další vlivy (např. znečištění zemědělskými či stavebními stroji). Ověřovací periodická měření hlučnosti probíhala průběžně ve stejný den. Je třeba si uvědomit, že vlastní rychlost nárůstu hlučnosti povrchu pozemní komunikace je různá pro jednotlivé typy použitých směsí (19). V souladu s TP 259 (stanovená referenční ekvivalentní hladinou akustického tlaku A styku pneumatika/vozovka) je tato hodnota níže v jednotlivých obrázcích naznačena tlustou linkou v grafech. Jednotlivé prezentované příklady uvádí skutečnou výslednou změřenou korigovanou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A na styku pneumatika/vozovka (7) (provedeny příslušné vyžadované korekce v souladu s ISO 11819-2).

První dvě ukázky jsou v rámci zastavěného území obce (nižší povolená rychlost). V okolí prvního posuzovaného místa panuje velmi aktivní průmyslová (těžká nákladní doprava) a zemědělská činnost. Na této starší lokalitě je použita technologie směsi typu PA, která se u nás uplatňovala především v počátcích, kdy se povrchy se sníženou hlučností v ČR zaváděly do praxe. Za

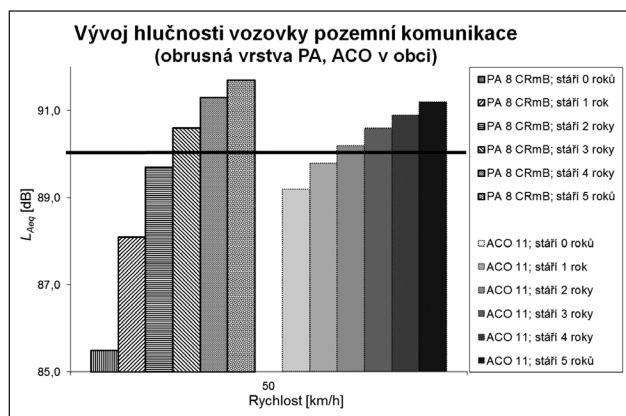
důležitou informaci lze považovat skutečnost, že za asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností ve smyslu platného TP 259 se nepovažují žádné směsi typu drenážního asfaltového koberce (PA) či obdobné asfaltové směsi, které by vykazovaly mezerovitost vyšší než 15 % (7). Tedy první ukázka dlouhodobých výsledků je z místa, kde použitá směs nevyhovuje podmínkám definovaným v TP 259.

Rozdíl ve vývoji hlučnosti „nízkohlučného“ (např. PA) a běžného (např. ACO) asfaltového povrchu je velmi významná, viz obr. 1. K nejvýraznějšímu nárůstu hlučnosti (z akustického hlediska) dochází přibližně první tři roky pro všechny typy obrusných směsí (i pro běžné povrchy pozemních komunikací), pokud se neprojeví vady komunikace, což souvisí s postupným „zajetím“ povrchu. Povrchy typu PA se vyznačují velmi vysokou mezerovitostí, což v praxi znamená jeho zanášení – ucpávání vzduchových pórů. Pokud tyto povrchy zpravidla nejsou ošetřovány (čištěny) – při nižších rychlostech je uplatnění „samočisticího efektu“ minimální – může být tento nárůst hlučnosti velmi významný (20) a dosahovat úrovně až 2 dB za rok oproti počátečním hodnotám, viz obr. 1 levá část. Z výsledků na obr. 1 je zřejmé, že běžný a nízkohlučný povrch bez pravidelné údržby v této konkrétní měřené lokalitě má přibližně stejnou hlučnost i cca po 2–3 letech od jeho pokládky. Další, již méně výrazný vyšší nárůst hlučnosti nízkohlučného povrchu z obr. 1 (levá část) oproti běžnému povrchu, může být dán nižší životností specializovaného povrchu, který dříve vykazuje poruchy na vrchním krytu vozovky. Pro dosažení maximální mezerovitosti jsou jednotlivá zrna stmelena bodově a jsou zde kladeny vysoké požadavky na pojivo. Přesto je zde riziko postupného oslabení kontaktních ploch, což vede k vyšší náchylnosti na poškození vrstvy – vytrhávání kamene z obrusné vrstvy (21). Druhá situace je opět z komunikace v obci, zde však je použita jiná, nověji uplatňovaná technologie obrusné vrstvy vozovek, která vyhovuje podmínkám definovaným v TP 259, viz obr. 2. Navíc tato pozemní komunikace není příliš zatěžována zemědělskou technikou. Patrný je zřejmý rozdíl v akustickém chování směsi se sníženou hlučností oproti situaci uvedené na obr. 1. Při detailnějším srovnání lze nalézt i drobné rozdíly v nepatrně odlišném nárůstu hlučnosti u běžné směsi ACO 11, která je vyšší (cca o 0,2 dB) v případě uvedeném na obr. 1. Tento rozdíl však může představovat i vlastní chyba a nejistota měření, která je u metody CPX v úrovni  $\pm 1$  dB (22).

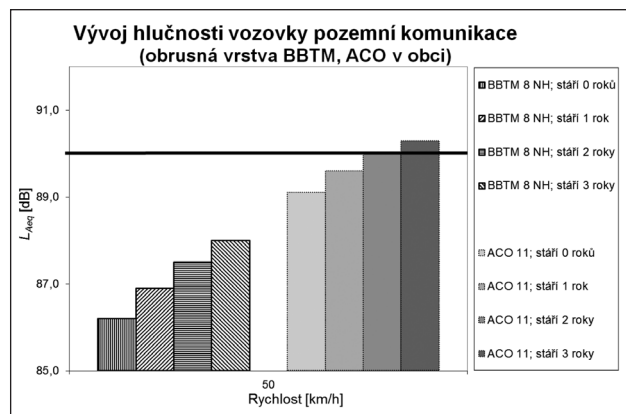
*Pozn.: PA je označení pro asfaltový koberec drenážní, ACO je asfaltový beton, BBTM je asfaltový beton pro obrusné vrstvy, SMA je asfaltový koberec mastixový. Zkratka „NH“ dle TP 259 se uplatní pro vymezení asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností. Označení číslice za zkratkou asfaltové směsi vždy udává nejvyšší zrna v dané asfaltové směsi uvedené v milimetrech.*

Další dvě ukázky jsou z míst, která se nacházejí mimo zastavěné území obce na dálniční síti v ČR, kdy použité technologie vyhovují podmínkám definovaným v TP 259.

Na třetím posuzovaném místě se díky výrazně vyšším rychlostem dopravního proudu uplatňuje samočisticí efekt. Absence zemědělské techniky na komunikaci představuje i možné nižší znečišťování bahnem. Tuto situaci ukazují výsledky na obr. 3. Přestože jiný typ a směs nízkohlučného povrchu (BBTM) vykazuje mírně vyšší



Obr. 1: Srovnání hlučnosti běžné (ACO) a asfaltové směsi (PA) v obci při silném zatížení těžkou nákladní dopravou i zemědělskou technikou.

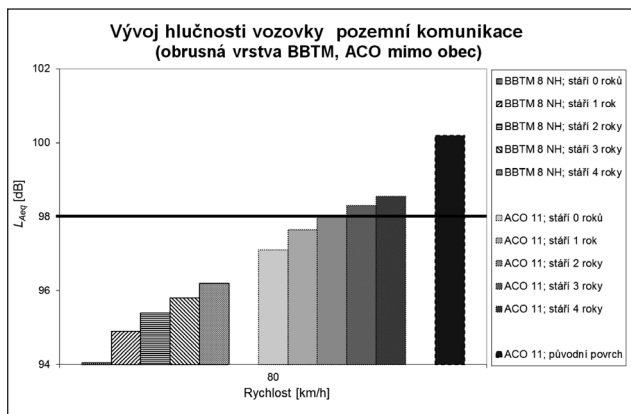


Obr. 2: Srovnání hlučnosti běžné (ACO) a asfaltové směsi BBTM pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností v obci.

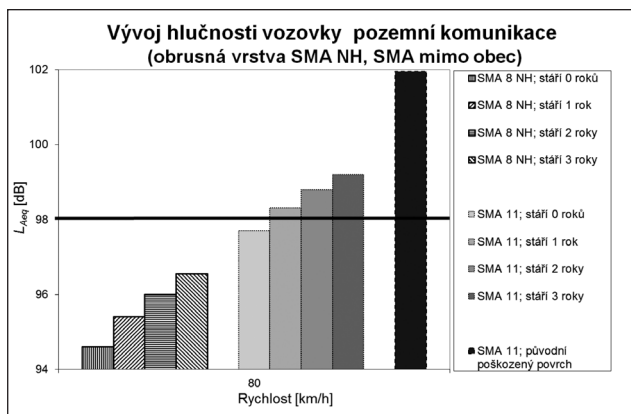
nárůst hlučnosti oproti běžné směsi (ACO), tak i po čtyřech letech od uvedení do provozu je aktuální hlučnost používané nízkohlučné směsi nižší než hlučnost běžné směsi ihned po pokládce (jejíž hlučnost v čase též narůstá). Tuto situaci demonstruje i další příklad na obr. 4. Místo měření se opět nachází na dálnici, ovšem o čtyřnásobně vyšší intenzitě provozu než komunikace na obr. 3. I zde je patrné, že směs SMA NH (asfaltový koberec mastixový pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností) v daném místě po třech letech od uvedení do provozu oproti navazujícímu úseku z klasické směsi SMA vykazuje nižší hlučnost než běžné směsi ihned po pokládce. Z porovnání obr. 3 a obr. 4 je viditelná drobná vyšší počáteční hlučnost běžné asfaltové směsi SMA proti směsi ACO, což je zohledněno ve výsledcích, které jsou uvedené v certifikované metodice „Dlouhodobé hodnocení hlučnosti povrchů vozovek“ (23). Nepatrně vyšší nárůst hlučnosti směsi SMA vůči směsi ACO (cca o 0,3 dB) za dobu tří let může být dán opět nejistotou vlastního měření, případně lze přičíst právě daleko vyšší intenzitě dopravy, která způsobuje i rychlejší vlastní degradaci vrchní obrusné vrstvy vozovky pozemní komunikace, která následně generovanou hlučnost velmi významně ovlivňuje.

Veškeré dílčí prezentované výsledky ukazují, že z akustického hlediska dochází k nejvýraznějšímu nárůstu hlučnosti povrchu vozovky první tři až čtyři roky od pokládky, jak je zřejmé z obr. 1–4. Následně dochází k postupnému zpomalování rychlosti nárůstu hlučnosti za předpokladu, že nedochází ke vzniku poruch konstrukce vozovky (24). V souvislosti s výskytem poruch (např. trhlin, výtluků, vertikálních posunů desek na spárách cementobetonového krytu – tzv. schodovitost, vy-





Obr. 3: Srovnání hlučnosti běžné (ACO) a asfaltové směsi BBTM pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností mimo obec na dálnici.



Obr. 4: Srovnání hlučnosti běžné (SMA) a asfaltové směsi SMA NH pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností mimo obec na dálnici se silnější intenzitou provozu než v případě obr. 3.

jetých kolejí u vozovek s asfaltovým krytem aj., dochází k dalšímu velmi výraznému nárůstu hlučnosti (23).

## Diskuse

Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hlučností mají v porovnání s běžnými typy ACO nebo SMA směsí díky vymezené čáře zrnitosti vždy vyšší mezerovitost, popřípadě se uplatňuje nižší maximální velikost frakce použitého kameniva (7). Tato skutečnost má přímý vliv na potenciál dosažitelného útlumu hluku, současně však činí takto zvolené obrusné vrstvy choulostivější z pohledu zanášení vzduchových mezer drobnými nečistotami (jíl, prach, hlína, oleje a maziva, posypový materiál apod.) (10). Díky vyšší mezerovitosti dochází k tomu, že při stlačování a odlepování pneumatiky od vozovky může tento vzduch lépe unikat do okolí a nevytváří se vysoké změny tlaku (vlastní zvuková vlna). Dále vlastní hluk styku/pneumatika vozovka se při vyšších frekvencích dostává do těchto vzduchových mezer, kde se část energie ztratí odrazy (21).

V důsledku zanášení vzduchových mezer se významně snižuje akustická životnost, proto nejvyššího rozdílu mezi současně položenou běžnou a nízkohlučnou směsí lze dosáhnout ihned po pokládce a v čase se tento rozdíl snižuje (19). Pro směsi v souladu s TP 259 viz obr. 2–4, je počáteční rozdíl cca 3,0–3,5 dB, po dvou letech je rozdíl cca 2,0–2,5 dB. Akustická životnost obrusné vrstvy se sníženou hlučností je charakterizována jako období, během kterého sledovaný typ obrusné vrstvy dosahuje

je oproti stanovené referenční hodnotě zlepšení akustického útlumu (7). Tato referenční hladina udává průměrnou hlučnost běžných povrchů do dvou let od pokládky. Z jednotlivých výsledků zde prezentovaných je však zřejmé, že hlučnost narůstá pro všechny typy uvedených obrusných směsí (běžné i nízkohlučné) v souvislosti s jejich používáním, degradací a stárnutím. Tedy v okamžiku, kdy povrch se sníženou hlučností po několika letech používání dosáhne hodnoty hluku nové běžné směsi, tak hluk této běžné směsi za stejnou dobu několika let taktéž naroste (14), což jasně demonstrují veškeré obrázky v tomto článku.

Srovnáním původního povrchu před zahájením rekonstrukce a nově položeného nízkohlučného povrchu po pokládce (úplně pravý a levý sloupec) v obr. 3 a obr. 4 dokazuje nevhodnost posuzování změny hlukové emise povrchů vozovek pomocí absolutního rozdílu (19), jelikož je zde zřejmý rozdíl ve výchozím stavu. Absolutní rozdíl vyjde lépe pro případ z obr. 4, kde výchozí stav pozemní komunikace byl horší (pozemní komunikace vykazovala vyšší hlučnost), zatímco dle obr. 3 je absolutní rozdíl před a po pokládce nižší. Ovšem získaná hodnota útlumu hluku na pozemní komunikaci posuzovaná vůči referenční hladině (která představuje typickou hodnotu hlučnosti nového povrchu běžné pozemní komunikace) je vyšší pro případ z obr. 3, kde je dosažena hodnota cca 94 dB oproti případu z obr. 4, kde je dosažena hodnota cca 94,5 dB. Tento výsledek jasně demonstruje nutnost postupovat pro porovnání jednotlivých výsledků mezi sebou tak, že se provádí vůči stanovené srovnávací základně, jelikož hodnocení pomocí absolutního rozdílu hodnot nevypovídá o kvalitě nového povrchu obrusné vrstvy pozemní komunikace (23).

Po kolika letech nově používané směsi v souladu s TP 259 se sníženou hlučností dosáhnou stanovené referenční hodnoty a po kolika dalších letech bude naměřena stejná hlučnost současně položeného nízkohlučného a běžného povrchu zatím nelze s jistotou říci, jelikož zatím neexistují tato tvrdá reálná data z terénu pro nové technologie vyhovující TP 259.

## Závěr

V současné době existuje jednoznačný postup, definovaný v TP 259 (7), jak technologie nových obrusných vrstev se sníženou hlučností navrhnout, vyrobit a realizovat na pozemní komunikaci (vlastní dokument TP 259), hodnotit, monitorovat i dlouhodobě nezávisle posuzovat z hlediska vývoje akustické charakterizace (příloha B v TP 259), a to včetně posouzení prováděné údržby (čištění), která je v tomto předpise jasně deklarována (příloha A v TP 259).

V ČR se první pokusné pokládky specializovaných povrchů se sníženou hlučností realizovaly v roce 2010, kdy do roku 2012 byly položeny cca dvě desítky těchto zkušebních úseků. Především se jednalo o asfaltové koberce drenážní – vysoce mezerovité povrchy typu PA, které sice ihned po pokládce vykazují vynikající vlastnosti, však především v zastavěném území obcí (či na komunikacích s nízkou rychlostí) velmi rychle dochází k jejich zanášení a ztrátě pozitivních protihlukových vlastností, což potvrdila dílčí měření i v rámci výzkumného projektu TA01030459 (8), (18). Tento typ povrchů

však není v souladu s TP 259. Od roku 2014 se tak ve větší míře uplatňují povrchy typu SMA NH nebo BBTM, jež jsou v souladu s novým TP 259, které jsou v hojnější míře v současnosti pokládány, kdy počáteční nárůst hluchnosti není tak strmý, jak ukazují dílčí výsledky projektu TA04021486 (9), (23) a které zde byly demonstrovány. Na druhou stranu tyto nové technologie, které vyhovují předpisu TP 259 zde máme jen velmi krátkou dobu a dlouhodobé hodnocení, respektive posouzení po dobu celé očekávané životnosti není dosud možné provést (22).

Proto technické podmínky TP 259 v současné době nepředepisují hodnoty stanovené po víceletém období od vlastní pokládky asfaltové směsi pro obrusnou vrstvu se sníženou hluchností. Důvodem je skutečnost, že v současnosti existuje v České republice jen omezené množství relevantních údajů, které by opravňovaly stanovit hodnoty zvýšení hluchnosti po uvedeném období. Tato problematika by měla být částečně řešena v rámci výzkumného projektu TAČR č. TL02000258 „Rozvoj území s využitím nízkohlučných vozovek“, v rámci něž bude na vybraných úsecích pozemních komunikací do roku 2022 prováděn pravidelný roční monitoring změn akustických vlastností pomocí metody CPX.

#### Poděkování

*Tento příspěvek vznikl na základě dat získaných v rámci projektu Technologické agentury ČR č. TA04021486 za finanční podpory projektu Rozvoj území s využitím nízkohlučných vozovek (TL02000258), na výzkumné infrastruktuře pořízené z operačního programu výzkum a vývoj pro inovace (CZ.1.05/2.1.00/03.0064).*

#### LITERATURA

- Hellmuth T, Potužníková D, Junek P, Fiala Z. Obtěžování hlukem: zdravotní problém nebo akustický komfort? Hygiena. 2016;61(1):33-5.
- Potužníková D, Hellmuth T, Bednarčík P, Fiala Z. Zkušenosti z hodnocení zdravotních rizik expozice hluku ze silniční dopravy. Hygiena. 2012;57(3):100-4.
- Haider M, Conter M, Green M, Schmidt B, Sandberg U. Status of the EU-Project ROSANNE. Transp Res Procedia. 2016;14:2946-55.
- ISO/CD 11819-2:2017. Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise - Part 2: The close-proximity method. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.
- ISO/TS 11819-3:2017. Acoustics - Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - Part 3: Reference tyres. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.
- ISO/TS 13471-1:2017. Acoustics - Temperature influence on tyre/road noise measurement - Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method. Geneva: International Organization for Standardization; 2017.
- Valentin J, Mondschein P, Bureš P, Křivánek V. Technické podmínky 259 Asfaltové směsi pro obrusné vrstvy se sníženou hluchností. Praha: Ministerstvo dopravy; 2017.
- Křivánek V a kol. Změna hluku povrchů vozovek v průběhu několika let používání. Závěrečná zpráva. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2015.
- Křivánek V a kol. Nástroje pro analýzu a hodnocení environmentálních dopadů hluku vozovek. Zkrácená odborná závěrečná zpráva. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2018.
- Licitra G, Teti L, Cerchiai M, Bianco F. The influence of tyres on the use of the CPX method for evaluating the effectiveness of a noise mitigation action based on low-noise road surfaces. Transp Res D Transp Environ. 2017;55:217-26.
- Hellmuth T, Potužníková D, Bednarčík P, Fiala Z. Návrh metodiky Stanovení rozumně dosažitelné míry protihlukových opatření. Hygiena. 2014;59(1):27-31.
- Cesborn J, Klein P. Correlation between tyre/road noise levels measured by the Coast-By and the Close-Proximity methods. Appl Acoust. 2017;126:36-46.
- ASTM F2493-08 Standard specification for P225/60R16 97S radial standard reference test tire. West Conshohocken (PA): ASTM International; 2008.
- Mioduszyewski P, Gardziejczyk W. Inhomogeneity of low-noise wearing courses evaluated by tyre/road noise measurements using the close-proximity method. Appl Acoust. 2016;111:58-66.
- Křivánek V, Marková P, Špička L. Verification of the acoustic parameters of Close-Proximity method. Akustika. 2016 Sep;27(1):13-9.
- Bühlmann E, Sandberg U, Mioduszyewski P. Speed dependency of temperature effects on road traffic noise. In: Burroughs C, editor. Internoise 2015: Implementing Noise Control Technology: Proceeding of the 44th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering; 2015 Aug 9-12; San Francisco, USA. Reston (VA): Institute of Noise Control Engineering; 2015. p. 2592-605.
- Wehr R, Fuchs A. A combined approach for CPX tyre hardness and temperature correction. In: Kropp W, editor. Internoise 2016: Towards a Quieter Future: Proceedings of the 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering; 2016 Aug 21-24; Hamburg, Germany. Berlin: Deutsche Gesellschaft für Akustik; 2016. p. 2986-91.
- Křivánek V. Metodika pro měření a hodnocení komunikací z hlediska hlukové zátěže. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2014.
- Soares F, Freitas E, Cunha C, Silva C, Lamas J, Mouta S, et al. transTraffic noise: Annoyance assessment of real and virtual sounds based on close proximity measurements. Transp Res D Transp Environ. 2017 May;52:399-407.
- Křivánek V, Stryk J, Jedlička J. Čištění nízkohlučných povrchů vozovek a změna jejich hluchnosti na území ČR sledovaná metodou CPX. Hygiena. 2016;61(4):152-6.
- Sanderberg U, Ejsmont J. Tyre/road Noise Reference Book. Kisa, Sweden: Informex; 2002.
- Křivánek V, Marková P. Změna hluchnosti povrchů vozovek na území ČR sledovaná metodou CPX. Hygiena. 2015;60(4):137-42.
- Křivánek V, Marková P, Stryk J, Jedlička J, Špička L, Effenberg K. Dlouhodobé hodnocení hluchnosti povrchů vozovek. Certifikovaná metodika. Brno: Centrum dopravního výzkumu; 2017.
- Kowalski KJ, Bankowski W, Krol JB, Gajewski M, Horodecka R, Swiezewski P. Selection of quiet pavement technology for Polish climate conditions on the example of CiDRO project. Transp Res Procedia. 2016;14:2724-33.

Došlo do redakce: 16. 4. 2018

Přijato k tisku: 31. 10. 2018

Ing. Vítězslav Křivánek, Ph.D.  
Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.,  
Lázeňská 33a  
636 00 Brno  
E-mail: vitezslav.krivaneke@cdv.cz