

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby



Bakalářská práce

Akusticky pohltivé asfaltové směsi
Acoustically absorbing asphalt mixes

Autor: Tomáš Slatinka

Vedoucí práce: Ing. Petr Mondschein, Ph.D.

Rok zpracování: 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

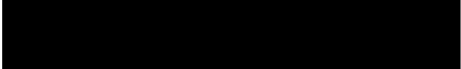
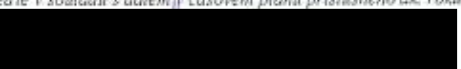
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE


I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Slatinka	Jméno: Tomáš	Osobní číslo: _____
Zadávací katedra: katedra silničních staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství		
Studijní obor: Konstrukce a doprava		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Akusticky pohltivé asfaltové směsi	
Název bakalářské práce anglicky: Acoustically Absorbing Asphalt Mixes	
Pokyny pro vypracování: Rešerše problematiky hluku vznikajícího z dopravy na pozemních komunikacích, typy asfaltových a CB úprav pohlcujících valivý hluk, popis a realizace měření hluku, rešerše čištění komunikací	
Seznam doporučené literatury:	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Petr Mondschein, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 20.2.2017	Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
<u>20.2.2017</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)



Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

Podpis studenta

V Praze dne



Poděkování

Tato bakalářská práce byla vypracována na Katedře silničních staveb Fakulty stavební Českého vysokého učení technického v Praze v roce 2017 pod vedením Ing. Petra Mondscheina Ph.D., jemuž patří mé poděkování za jeho rady a odborné vedení při tvorbě této práce. Také bych rád poděkoval panu Ing. Michalu Uhlíkovi Ph.D. za jeho odbornou konzultaci v průběhu tvorby této práce. Velice si vážím spolupráce se společnostmi EUROVIA CS, TSK a Pražské služby a.s..



Anotace

Bakalářská práce se zabývá hlukem v automobilové dopravě, popisuje metody měření hluku, možná protihluková opatření a zdravotní rizika spjatá s dlouhodobým vystavením člověka nadměrnému hluku. Tato práce také obsahuje podrobnější charakteristiku nízkohlučných povrchů vozovek. V praktické části zkoumá vliv čištění a stáří akusticky pohltivé ohrusné vrstvy vozovek na naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku. K měření akustických parametrů jsou využity principy metody SPB dle normy ČSN ISO 11819-1.

Klíčová slova:

Hluk v automobilové dopravě, měření hlukové zátěže (metody SPB, CPB a CPX), akusticky pohltivé asfaltové ohrusné vrstvy (PA, SMA NH, BBTM), Viaphone®, čištění a údržba nízkohlučných asfaltových povrchů.

Abstract

The bachelor thesis is dealing with a noise issue in the field of the automotive traffic. The thesis describes the methods of noise measuring, its potential acoustic measures and health risks relating to a human long-term expose of an excessive noise. Moreover, the thesis is also focused on detailed characteristics of low-noise roadway surface. The practical part of the thesis looks at an influence of treatment and age of an acoustic asphalt surface of roadways in compliance with the measured values of an equivalent sound pressure level. There are principles of SPB method that are used. These principles are used in accord with the norm of ČSN ISO 11819-1 to measure acoustic parameters.

Keywords:

Noise in the field of automotive traffic, measurement of noise load (SPB, CPB and CPX method), acoustically absorbing asphalt layers (PA, SMA NH, BBTM), Viaphone®, treatment and maintenance of low-noise asphalt surfaces.



Obsah

Úvod.....	8
1. Zvuk.....	10
2. Definice hluku	12
3. Hluk v dopravě	14
3.1. Vznik hluku při automobilové dopravě.....	15
3.2. Hluk na styku pneumatiky a vozovky	15
3.2.1. Náraz dezénového bloku.....	17
3.2.2. Rezonance a Air pumping.....	18
3.2.3. Stick–slip (Tření mezi pneumatikou a povrchem).....	18
3.3. Metody snižování hluku v automobilové dopravě	18
3.4. Metody měření hluku	21
3.4.1. Statistical Pass-By (SPB).....	21
3.4.2. Controlled Pass-By (CPB)	24
3.4.3. Close-proximity (CPX).....	24
3.5. Vliv hluku na zdraví člověka.....	29
4. Protihlukové asfaltové vrstvy	31
4.1. SMA NH	33
4.2. PA.....	35
4.3. BBTM	38
4.3.1. Viaphone®.....	39
4.4. Vymývaný beton	45
4.5. Nátěrové technologie	48
5. Čištění a údržba nízkohlučných povrchů	49
6. Měření komunikace	58
6.1. Měření hluku	58
6.2. Ulice Slezská.....	59
6.2.1. Popis komunikace a situace měření	59
6.2.2. Výsledky a vyhodnocení měření.....	62
6.3. Ulice 5. května	67



6.3.1. Popis komunikace a situace měření	67
6.3.2. Výsledky a vyhodnocení měření.....	70
6.4. Ulice K Barrandovu	74
6.4.1. Popis komunikace a situace měření	74
6.4.2. Výsledky a vyhodnocení měření.....	79
Závěr	84
Seznam tabulek	87
Seznam grafů	88
Seznam obrázků.....	89
Seznam použité literatury	91
Seznam příloh	96



Úvod

Hlukem nazýváme každý rušivý nebo obtěžující zvuk, který působí na člověka v nepříznivý čas a na nepříznivém místě. Dlouhodobé vystavení obyvatel zvýšené hladině hluku může vést k velice závažným zdravotním a psychickým komplikacím. Hluk můžeme charakterizovat jako environmentální znečištění, protože významně ovlivňuje úroveň života obyvatel. V současnosti je vliv hluku na životní prostředí jedním z hlavních témat na poli evropských environmentálních diskuzí.

Nejvýznamnějším zdrojem hluku v ČR a ve vyspělých evropských zemích je hluk z dopravy, zejména z automobilové dopravy, který má nejvyšší vliv na zdraví obyvatel žijících v blízkosti hlavních silničních extravilánových a intravilánových tahů. Prudký rozvoj osobní a nákladní dopravy je jedním z důležitých faktorů působících na kvalitu života v pozitivním i negativním smyslu. Značné zvýšení hlukové zátěže z automobilové dopravy vedlo k intenzivnějšímu přístupu k rozvoji protihlukových opatření, z nichž některými se budu podrobně zabývat ve své práci.

Práce bude rozdělena do šesti kapitol. V prvních třech kapitolách bude pozornost věnována problematice hluku, zejména hluku pocházejícího z automobilové dopravy. Podrobně bude rozebrán hluk vznikající na styku pneumatiky s vozovkou. Dále budou popsány základní principy a postupy měření hluku v automobilové dopravě s hlavním zaměřením na metody SPB a CPX a budou uvedeny některé ze základních metod protihlukových opatření. V poslední podkapitole budou rozebrány možné zdravotní problémy plynoucí z dlouhodobé vyšší hlukové zátěže.

Čtvrtá kapitola bude věnována nejrozšířenějším typům akusticky pohltivých asfaltových směsí, se snahou o vytvoření uceleného popisu jednotlivých nízkohlučných povrchů. V současnosti je využití akusticky pohltivých asfaltových směsí stále nedostatečné, na vině je zejména menší množství zkušeností a také chybějící jednotné normy deklarující základní požadavky a principy.



Pátá a šestá kapitola bude věnována praktické části bakalářské práce. V páté kapitole budou popsány základní principy čištění nízkohlučných povrchů. Ve spolupráci se společností Pražské služby a. s. bude popsán technologický postup průběhu čištění.

V šesté kapitole budou popsány jednotlivé lokality měření se základními informacemi o typu komunikace, skladbě vozovky, skladbě dopravního proudu, umístění měřicího přístroje a dále bude vyhodnocen průběh měření hluku na vybraných komunikacích. Cílem měření bude zhodnotit vliv vysokotlakého speciálního čištění na naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Budou porovnávány hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku před a po čištění nízkohlučných vozovek. Měření bude probíhat dle principů metody SPB. Na základě poskytnutých protokolů firmou EUROVIA CS z měření hlukové zátěže před a po realizaci vybraných povrchů vozovek bude též zhodnocen vliv stárnutí asfaltových povrchů na hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku.



1. Zvuk

Zvukové vjemy jsou přirozenou součástí našeho života. Zvuk je základ pro lidskou řeč a příjem informací. Lidským uchem můžeme zvuk vnímat jako příjemný, poslouchatelný nebo v podobě hluku jako rušivý. Definice zvuku zní: *“Zvukem je každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem.”* Mechanické kmitání vytváří v pružném prostředí tlak, který se v průběhu šíření zvukové vlny mění a to z důvodu zhušťování a zředování molekul daného prostředí. [1] [2]

Ve fyzikální terminologii popisujeme zvuk pomocí třech základních charakteristik. Mezi tyto charakteristiky patří frekvence, hladina akustického tlaku a délka trvání zvuku. Frekvence kmitání určuje počet kmitů za sekundu a je vyjádřena v hertzech (Hz). Člověk je schopen postřehnout a zaznamenat frekvenci kmitání mezi 20 až 20 000 Hz. Hladina akustického tlaku udává hodnotu zvukové energie vydávané zdrojem zvuku. Nejnižší zvuk, který je člověk schopen slyšet při frekvenci 1 000 Hz se nazývá „Referenční akustický tlak“ a jeho hodnota je 20 mikropascalů (20 μPa). Za maximální hodnotu akustického tlaku, při které nedochází k poškození sluchového ústrojí, se považuje 20 Pa, což je milionkrát větší než sotva slyšitelný „referenční akustický tlak.“ [2]

Tato široká škála hodnot akustického tlaku, které mohou být zachyceny lidským sluchem, vedla k vytvoření decibelů (dB) ve formě logaritmické stupnice. Decibel jako jednotka akustického tlaku je představován nejnižším slyšitelným zvukem tzv. prahem slyšitelnosti, který je roven 0 dB (20 μPa) a prahem bolesti, který má hodnotu 120 dB (20 Pa). Při posuzování hluku pomocí decibelů se nemůže vycházet z běžných aritmetických pravidel a ani z lineárních stupnic, protože například při kombinaci dvou hluků o hladině akustického tlaku 50 dB je dosaženo zvýšení celkové hladiny přibližně o 3 dB. [2]



Tabulka 1: Stupnice zvukových hladin

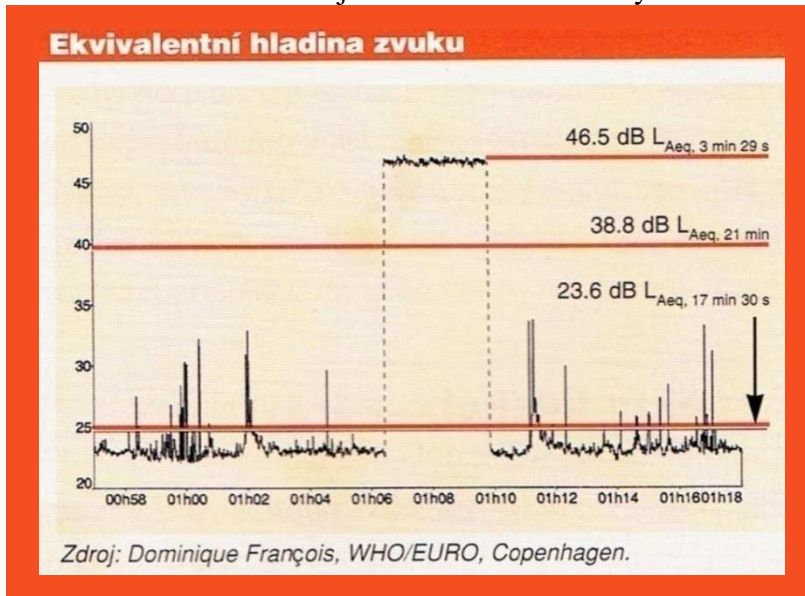
P (μPa)	P (dB)	Subjektivní pocit	Typ hluku
200 000 000	140		Letadlo při startu ve výšce 50m
	130		
20 000 000	120	Práh bolesti	Letadlo ve výšce 300m
	110	Snesitelné krátkou dobu	
2 000 000	100		Pneumatické kladivo
	90	Velmi bolestivé	Ulice s velkou dopravní zátěží
200 000	80		
	70	Bolestivé	Živá ulice
20 000	60		Běžná konverzace
	50	Běžné	
2 000	40	Tiché	Knihovna
	30		Les
200	20	Velmi tiché	
	10		Akustická laboratoř
20	0	Práh slyšitelnosti	

Zdroj: [2]

Za účelem porovnatelnosti měření hladiny akustického tlaku byla stanovena tzv. ekvivalentní hladina akustického tlaku, která je značena jako $L_{eq,t}$. Ekvivalentní hladina akustického tlaku vyjadřuje jedinou hodnotou průběh měnící se hladiny zvuku a reprezentuje množství energie, kterou by vyvolalo stálé a rovnoměrné působení zdroje zvuku. Dle novely metodiky pro výpočet hluku silniční dopravy z roku 2004 [3] lze ekvivalentní hladinu akustického tlaku vyčíslit jako hladinu časového integrálu intenzity zvuku daného délkou časového intervalu. Průběh měření ekvivalentní hladiny akustického tlaku musí být tudíž vždy spojen s časovým údajem o délce měření. Důležitost časového údaje je nastíněna na obrázku 1, na kterém je zaznamenán průběh hladiny akustického tlaku během měření po dobu jednadvaceti minut a jsou zde vyznačeny tři ekvivalentní hladiny akustického tlaku vztažené na tři rozdílné časové údaje. [2] [3]



Obrázek 1: Graf znázorňující ekvivalentní hladiny akustického tlaku



Zdroj: [2]

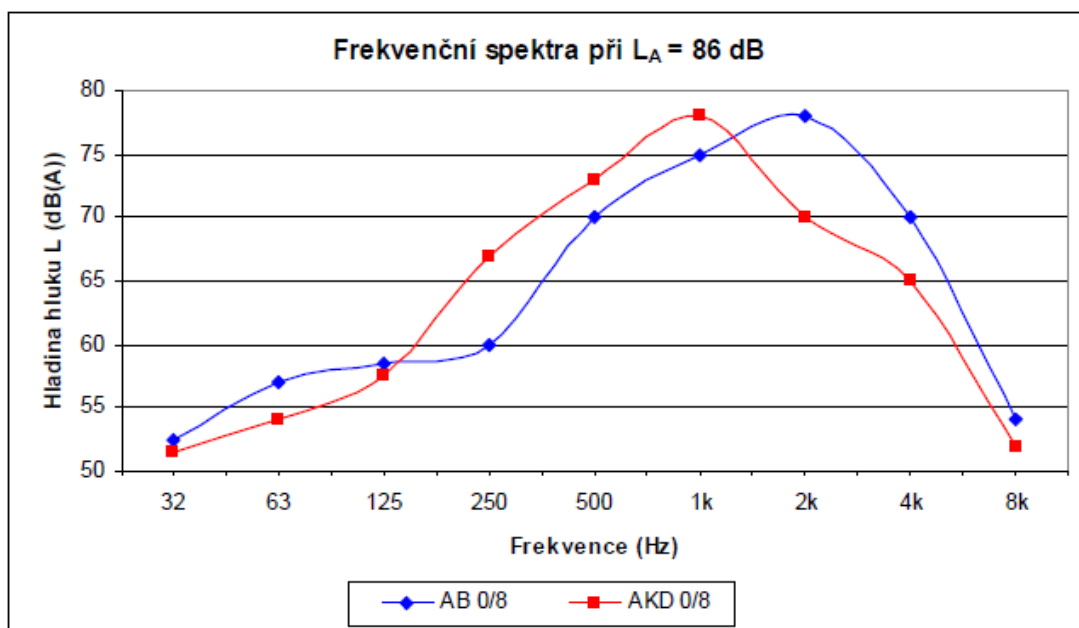
2. Definice hluku

Hluk je popsán Světovou zdravotnickou organizací jako „slyšitelná akustická energie, která negativně ovlivňuje nebo může ovlivnit zdraví lidí a jejich fyzickou, duševní a sociální pohodu.“ Hluk je projev zvuku, který není definovatelný pomocí fyzikálních parametrů. Hladina hluku je založena na subjektivních pocitech osob, na které negativně působí zvuky vznikající v jejich okolí. Samozřejmě určité zvuky dosahující vysokých hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku jsou zdravotně a sociálně škodlivé po většinu doby svého trvání, ale v mnoha situacích nerozhoduje o škodlivosti hluku jen jeho vysoká hlasitost. Mezi další faktory negativního účinku hluku patří například délka trvání, četnost, výskyt v nevhodnou dobu a v nevhodné situaci. [1] [2]



Frekvenční spektrum hluku je velice důležité při posuzování hlučnosti. Lidský sluch je nastaven tak, že při vydávání zvuků o podobné síle, ale odlišné frekvenci, vnímá hluk jinak. Například dle subjektivních pocitů člověka je zvuk s frekvencí nižší příjemnější a méně rušivý. Tyto závěry byly založeny na mnoha měřeních na komunikacích s drenážními koberci, kdy z měřičského pohledu nedocházelo při změnách frekvencí ke snižování maximálních hodnot hluku v měřeném okolí, ale z pohledu subjektivního pocitu hlučnosti došlo- k nezanedbatelnému snížení hluku. [5]

Graf 1: Závislost frekvence zvuku a hladiny akustického tlaku



Zdroj: [5]

Mezi hlavní zdroje hluku patří ze 40% hluk z pracovního prostředí (mechanizované nářadí, průmyslová výroba) a z 60% z mimopracovního prostředí. Ve městech má největší podíl doprava a to až ze 75%. Mezi další zdroje můžeme zařadit hluk související s bydlením (technické vybavení domu, sanitárně-technické vybavení domu, činnost osob v bytech) a v neposlední řadě hluk související s trávením volného času. [4]



3. Hluk v dopravě

Dopravní infrastruktura je jedním z nejdůležitějších článků správně fungujícího státu. Hraje významnou roli při rozvoji na poli ekonomiky, průmyslu, hospodářství, dopravy, bezpečnosti státu a mnoha dalších faktorů, které ovlivňují správný chod státu jako celku. Nedílnou součástí dopravní infrastruktury je silniční infrastruktura s kvalitní silniční sítí, a to vzhledem k schopnosti rychlého transportu obyvatel, výrobků a zboží. Rozvoj silniční dopravní sítě má pozitivní dopad na náš ekonomický a sociálně-kulturní život. S rozvojem je spjat také nárůst intenzity dopravy na komunikacích. Zvyšování množství nákladních a osobních automobilů v extravilánu a hlavně v intravilánu vede k negativním dopadům dopravy na kvalitu života, v krajních případech při dlouhodobé zátěži negativními účinky až k zdravotním problémům. [5]

V dnešní době lidé čím dál více začali dbát na své zdraví a považují tedy hluk z dopravy za faktor, který snižuje jejich životní úroveň. Tato skutečnost vedla odborníky v oblasti silničního stavitelství k intenzivnějšímu přístupu k této problematice. Především na komunikacích v blízkosti hustě obydlených zástaveb a na průtazích měst s vysokou intenzitou dopravy je snižování hlukové zátěže jedním z hlavních bodů při realizaci nových a rekonstrukci stávajících komunikací. Problematikou dopravního hluku se mimo jiné zabývají také odborníci z oblasti urbanismu a územního plánování, jejichž snahou je skloubit přání obyvatel co možná nejklidnějšího prostředí pro bydlení a zároveň rychlé dopravní obslužnosti v pokud možno co nejkratší vzdálenosti od hlavních dopravních tahů. Největší vliv na zvýšení hluku na komunikacích má společně s rostoucím počtem osobních automobilů také nákladní silniční doprava, která zaznamenala v posledních dvaceti letech významný nárůst, kdy byla přeměrována přeprava zboží a materiálů z železniční na silniční dopravu. [5]



3.1. Vznik hluku při automobilové dopravě

Automobilový hluk vznikající při jízdě dopravního prostředku můžeme rozdělit na hluk vnitřní a hluk vnější. Hluk vnitřní negativně působí na posádku vozidla a má značný vliv na komfort převážených osob ve vozidle, je obvykle způsoben hnacím ústrojím vozidla, aerodynamickým tvarem vozidla nebo jízdou po vozovce. Proto se při výrobě nových vozidel dbá na správný návrh motorů, karoserií a dalších prvků, které by mohly zvyšovat vnitřní hluk automobilové dopravy. [6]

Naopak vnější hluk, jak již bylo uvedeno v předešlé kapitole, má negativní vliv na lidi žijící ve městech a sídelních útvarech umístěných v blízkosti pozemních komunikací. Je snahou tento hluk redukovat na hladiny, které jsou společensky přijatelné, a které podléhají normovaným hygienickým předpisům. Odborníky byly stanovené maximálně přípustné hladiny vnějšího hluku různých dopravních prostředků a maximální hluk přípustný vně budov. [6]

Nejvýznamnějšími zdroji vnějšího automobilového hluku jsou zejména pneumatiky, hnací jednotky automobilu, aerodynamické obtékání vzduchu kolem vozidla, brzdy a samotná karoserie. Z těchto zdrojů byly v minulosti největšími původci hluku právě prvky související s návrhem vozidel. Běh motoru, sání a méně aerodynamický tvar karoserie byly pojmy, kterými se odborníci z řad automobilových závodů ve výzkumech zabývali. Je nutno dodat, že v důsledku vývoje výkonnějších motorů a z pohledu aerodynamiky efektivnějších prvků karoserie se podařilo vznikající hluk významně omezit. Z tohoto důvodu byla pozornost výzkumu přesunuta na styk pneumatiky vozidla s vozovkou jako na primární zdroj hluku. [6]

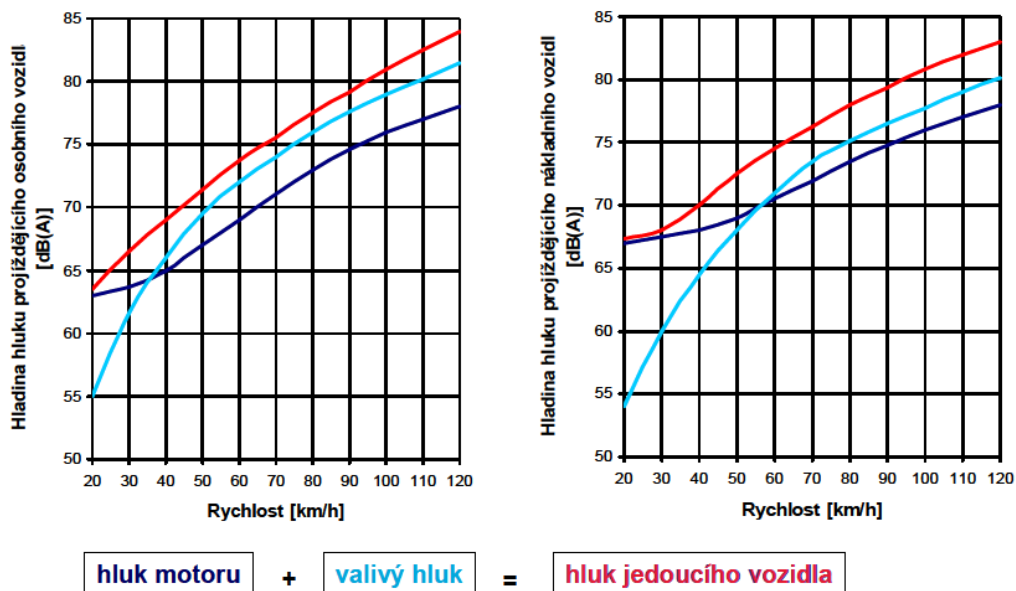
3.2. Hluk na styku pneumatiky a vozovky

Klíčovým faktorem, který stojí za zvýšenou hlučností je rychlost jedoucího vozidla. Převládajícím zdrojem hluku při rozjezdu a počátečním zrychlování automobilu je chod motoru. Při dalším zvyšování rychlosti se automobil dostává na mezní hranici, kdy již není dominantním zdrojem motor nýbrž valivý hluk. V odborné literatuře můžeme najít velice odlišné názory na mezní hodnotu rychlosti, při které dochází ke změně určujícího



zdroje. Některé zdroje uvádějí rychlost u osobních vozidel 30 km/h jako mezní, jiné 50 km/h, přičemž je nutno přihlédnout na druh a stav vozovky. Je také nutno uvést, že jízda po mokré vozovce zvyšuje hladinu valivého hluku až o 8-10 dB(A), proto může být hodnota mezní rychlosti nižší. U nákladních automobilů je jako mezní rychlost uváděna rychlost 70 km/h. Při rychlostech vyšších než 200 km/h je hlavní složkou aerodynamický hluk. V současné době nemůžeme s přesností určit kdy a za jakých podmínek je daný zdroj hluku dominantní, proto se musíme zabývat hlukem z automobilové dopravy z širší perspektivy. [5]

Obrázek 2: Složky hluku při kontaktu pneumatiky a povrchu vozovky (vlevo osobní vozidlo, vpravo nákladní auto)



Zdroj: [5]

Závislost rychlostí jedoucího automobilu a zdroje hluku na velikosti hladiny akustického tlaku je vyjádřena na obrázku 2, zde je patrné, při jakých rychlostech můžeme přibližně očekávat změnu určujícího zdroje hluku.

Někteří z řad výrobců pneumatik uvádějí u svých typů jako jednu z vlastností nízkohlučnost pneumatik. Tyto pneumatiky jsou navrženy se speciálním rozvržením drážek dezénu, které mohou redukovat valivé tření a dosáhnout snížení hladiny hluku.



Samy od sebe pneumatiky hluk nevytváří, je zapotřebí jejich kontakt s vozovkou pojížděné komunikace. [6]

Valivý hluk vzniká při kontaktu pneumatiky kola s vozovkou. Tudíž kromě rychlosti jedoucího vozidla se musíme zabývat zejména druhem povrchu vozovky a jeho texturou z hlediska vzniku a šíření hluku. Právě vhodná makrotextura a mezerovitost obrusných vrstev povrchu je schopna za pomoci absorpce snižovat hladinu vznikajícího hluku a omezovat šíření hlukových vln. Mezi odborníky je vedena dlouhá léta diskuze právě na téma absorpce obrusných vrstev.[5] Jak uvádí VALENTIN [5] ve své práci s odkazem na publikace jiných autorů, „*Například STEVEN [9] ve své práci uvádí, že v případě drenážního koberce tloušťky 4 cm lze absorpcí hluk snížit pouze o 1-2 dB a tento poznatek odůvodňuje skutečností, že pro provozní podmínky, při kterých je valivý hluk určující složkou hluku, sehrává efekt absorpce druhořadou roli. SANDBERG [12] v souvislosti s absorpční schopností uvádí, že pohltivost nesnižuje pouze hluk vznikající na styku pneumatiky a vozovky, nýbrž může pozitivně přispívat ke snížení hluku motoru, obzvláště pokud se hlukové vlny na delší vzdálenost šíří při povrchu vozovky. V této souvislosti uvádí jako další významný faktor poréznost směsi obrusné vrstvy.*

3.2.1. Náraz dezénového bloku

Každá konvenčně vyráběná pneumatika má na povrchu běhounu navrhnutý dezén pro odvod vody, což je po celém obvodu vytvořený vzorek pneumatiky. Během pohybu dopravního prostředku dochází v místě nazývaném kontaktní zóna ke styku dezénových bloků s výstupky (texturou) povrchu vozovky. Tyto nárazy vyvolávají u pneumatik tzv. radiální kmitání, které má za následek tvorbu automobilového hluku, který se zvětšuje s tím, jak se zvyšuje množství nerovností na vozovce. Takto vznikající hluk má největší intenzitu při frekvenci v rozsahu 500 až 1000 Hz. Možným řešením snížení hluku tohoto zdroje je návrh asfaltové směsi s vhodnou křivkou zrnitosti a použitím menších frakcí kameniva. [5] [6]



3.2.2. Rezonance a Air pumping

Dezén pneumatiky je tvořen propojenými drážkami a lamelami, které vytvářejí mezi běhounem a vozovkou prostor. Tento prostor je při styku pneumatiky a vozovky vyplněn vzduchem a působí jako akustický rezonátor. Valivým pohybem kola dochází k deformaci drážek a ke stlačování vzduchu, který je po otočení kola explozivně vytlačen. Tento jev se nazývá Air pumping. Tímto způsobem vznikající hluk dosahuje frekvencí vyšších, přibližně 1000 až 2000 Hz. Redukce hlukové zátěže je možné dosáhnout otevřenou texturou povrchu vozovky, protože s ohledem na větší mezerovitost asfaltové směsi dochází ke zvýšení absorpce hlukových vln. [5] [6]

3.2.3. Stick–slip (Tření mezi pneumatikou a povrchem)

Na rozhraní každých dvou pohybujících se těles vzniká tření a styk mezi pneumatikou a povrchem vozovky není výjimkou. Při kontaktu s vozovkou dochází ke změně tvaru pneumatiky, kdy se pneumatika přizpůsobuje makrotextuře povrchu pojezděné vozovky. Tahové síly, které působí ve směru jízdy, se při brzdění nebo zrychlení přenáší do povrchu vozovky a tím se vytváří takzvané hysterezní tření, které můžeme zařadit mezi další zdroje hluku. Bloky běhounu, které se dostávají mimo kontaktní zónu, se poté navrací rychlým pohybem do původní velikosti. Tato změna tvaru se nazývá „snapout“ a způsobuje tangenciální a radiální vibrace pneumatiky. [6]

3.3. Metody snižování hluku v automobilové dopravě

Primárním nástrojem pro redukci hluku v silniční dopravě by mělo být územní plánování. Územní plán je hlavním podkladem pro udržitelný rozvoj měst a obcí. Výhodou územního plánu je schopnost predikovat v dlouhodobém měřítku využitelnost území i s ohledem na vývoj hlukové zátěže. Měly by v něm být zakotveny základní předpoklady rozvoje daného území, z hlediska hluku preventivní opatření proti vzniku hluku nebo způsoby snižování hluku již existujícího. Jedním z podkladů pro územní plánování je hlukové mapování. Úkolem strategického hlukového mapování je zmapovat území v okolí hlavních zdrojů hluku a analýza území z hlediska hlukové zátěže a počtu osob exponovaných hlukem. Na základě výsledků hlukového mapování



jsou následně přerozdělovány finance na pořízení prostředků pro snižování intenzity hluku. [2]

Cílem odborníků je vybrat takovou metodu snižování hluku, která bude nejefektivnější pro dané území. V posledních letech se vedou různé diskuze na toto téma a názory se různí. Na našem území byly v minulých patnácti letech v hojném množství projektovány protihlukové stěny a valy, které patří mezi stavebně-technická opatření. Protihlukové stěny jsou velice účinným prvkem, jsou schopny snižovat hluk až o 5-8 dB. Na druhou stranu jsou s realizací spojeny vyšší náklady na výstavbu a negativní dopady těchto umělých bariér na krajinný ráz území. Proto byla stále častěji kladená otázka efektivnosti a jejich skutečného přínosu. V současnosti se do popředí zájmu odborníků dostala dopravně-organizační opatření (např. snižování intenzit dopravy, snižování maximální povolené rychlosti) a zejména opatření, která eliminují hluk přímo u zdroje. S tím je spojen velký rozvoj krytů se zvukově pohltivými vlastnostmi. [5][7]

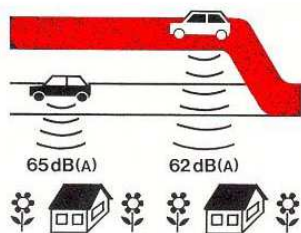
Způsoby snižování hluku rozdělujeme na aktivní a pasivní protihluková opatření. Aktivní protihluková opatření se podílejí na eliminaci hluku přímo u zdroje nebo v jeho těsném okolí a pasivní protihluková opatření redukuje hluk v místech posluchače. Jsou jimi například úpravy provedené na budovách (protihluková okna, úpravy otvorů). [5][7]

VALENTIN [5] uvádí mezi základními aktivními protihlukovými úpravami:

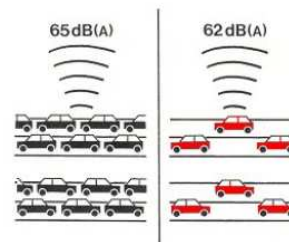
- zvětšení vzdálenosti vedení trasy komunikace od chráněných objektů (obrázek 5. a) nebo dodržení doporučených hodnot minimální vzdálenosti, při které nedochází ke zhoršení hlukové zátěže;
- omezení intenzity provozu (obrázek 5. b);
- technická opatření u vozidel – snížení hlučnosti motoru apod. (obrázek 5. d);
- provedení protihlukových valů nebo stěn (obrázek 5. e);
- provedení povrchu vozovky s využitím vhodné úpravy snižující hluk (obrázek 5. f);
- vedení trasy v zářezech.



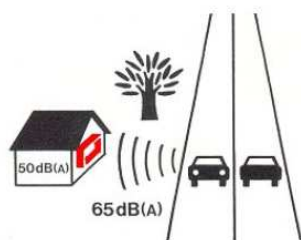
Obrázek 3: Metody snižování hluku v automobilové dopravě



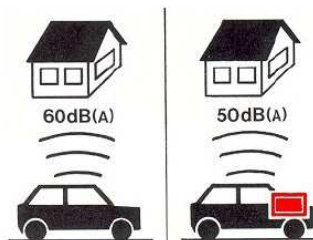
Obrázek 5.a: Zvětšení vzdálenosti trasy od objektu



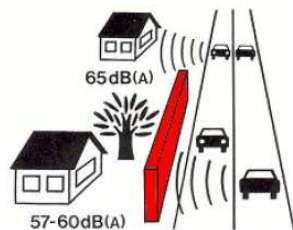
Obrázek 5.b: Omezení intenzity provozu



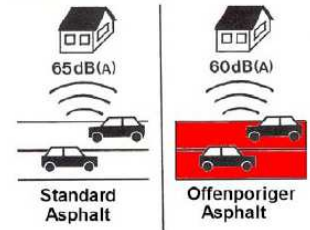
Obrázek 5.c: Pasivní protihlukové opatření



Obrázek 5.d: Technické opatření na vozidle



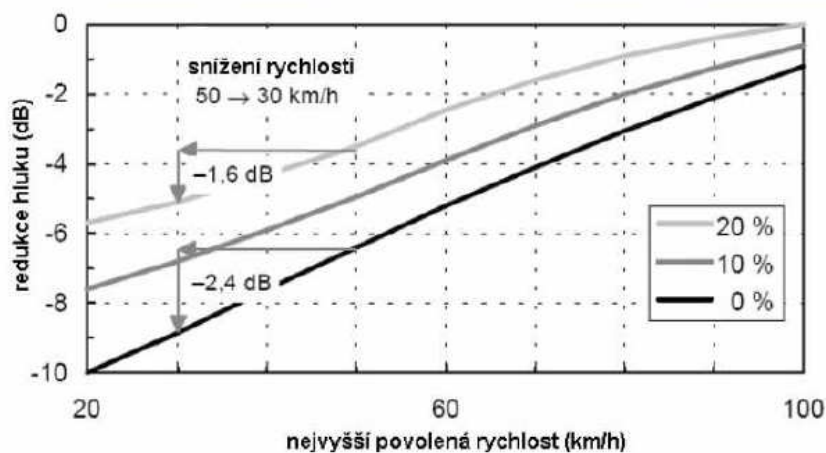
Obrázek 5.e: Provedení protihlukové stěny



Obrázek 5.f: Provedení akustického povrchu (PA)

Zdroj: [5]

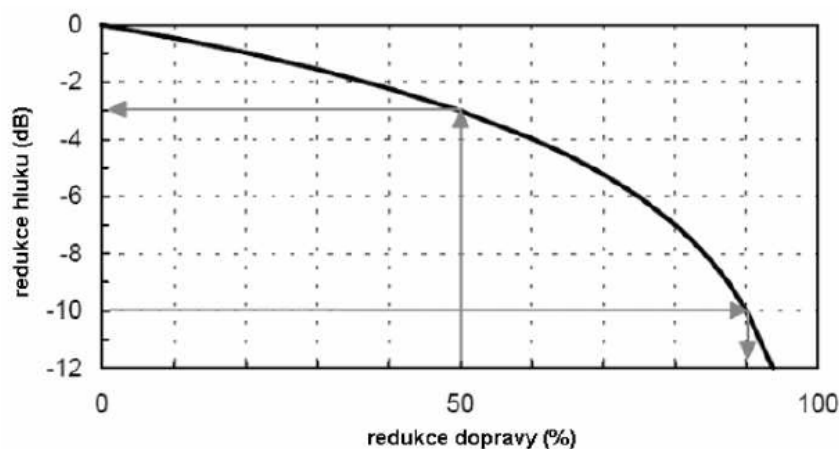
Graf 2: Závislost redukce hluku na změně nejvyšší povolené rychlosti



Zdroj: [7]



Graf 3: Závislost redukce hluku na redukcí intenzity



Zdroj: [7]

3.4. Metody měření hluku

3.4.1. Statistical Pass-By (SPB)

SPB neboli Statistical Pass – By (český překlad: Statická metoda při průjezdu) je jednou ze základních metod měření hluk jak v ČR, tak i v zahraničí. Základní principy a zásady jsou popsány v normě ISO 11819-1 – Acoustic – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: The statistical Pass-By method. Česká verze ČSN ISO 11819-1, 2000 popisuje SPB jako metodu porovnávání dopravního hluku na různých površích vozovek pro různé složení silniční dopravy sloužící k vyhodnocení různých typů povrchů vozovek. [10]

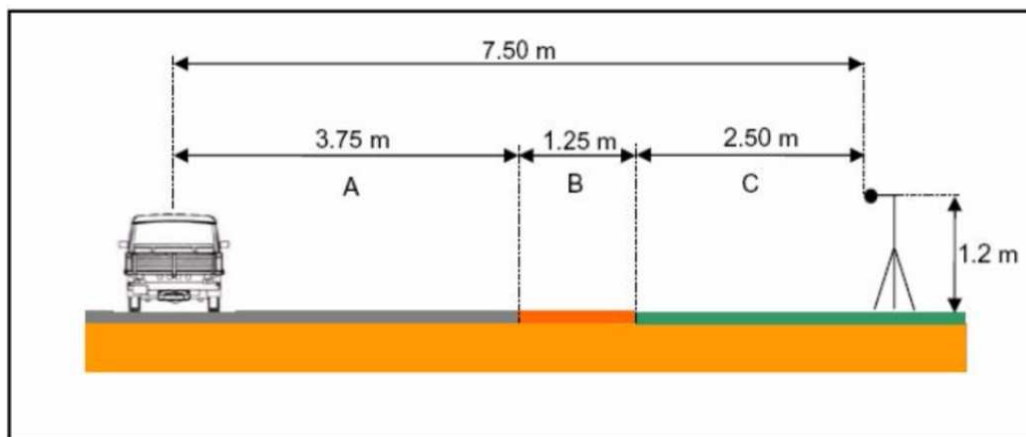
Tato metoda je založena na statickém měření hluku a měření rychlostí projíždějících vozidel pomocí radarů. Hluk dopravního proudu je snímán v jednom bodě pomocí měřicího přístroje mikrofónu, který zaznamenává maximální hodnotu akustické hladiny hluku, dále je zapisována rychlost a druh vozidla. Nejefektivnější je tato metoda na komunikacích, kde je stálý a neomezený dopravní proud s konstantní rychlostí 50 km/h a vyšší. V místech, kde je provoz jakkoli omezován, např. v místě křižovatek, je převládajícím zdrojem hluku motor. Vozidla rozdělujeme dle rychlosti do tří základních referenčních skupin – nízká (rychlost 45 – 64 km/h), střední



(rychlost 65 – 99 km/h) a vysoká (100 a více km/h) a dle kategorie vozidla na osobní vozidla, dvounápravová těžká vozidla a vícenápravová těžká vozidla. [10]

Základem měření je správné, normou definované umístění měřicího přístroje. Mikrofon by měl být postaven kolmo k přilehlému jízdnímu pruhu ve vzdálenosti $7,5 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ od jeho středu a ve výšce $1,2 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$ nad rovinou přilehlého jízdního pruhu. Toto umístění je znázorněno na obrázku 4. [10]

Obrázek 4: Poloha měřicího mikrofону při metodě SPB (ČSN ISO 11819-1)

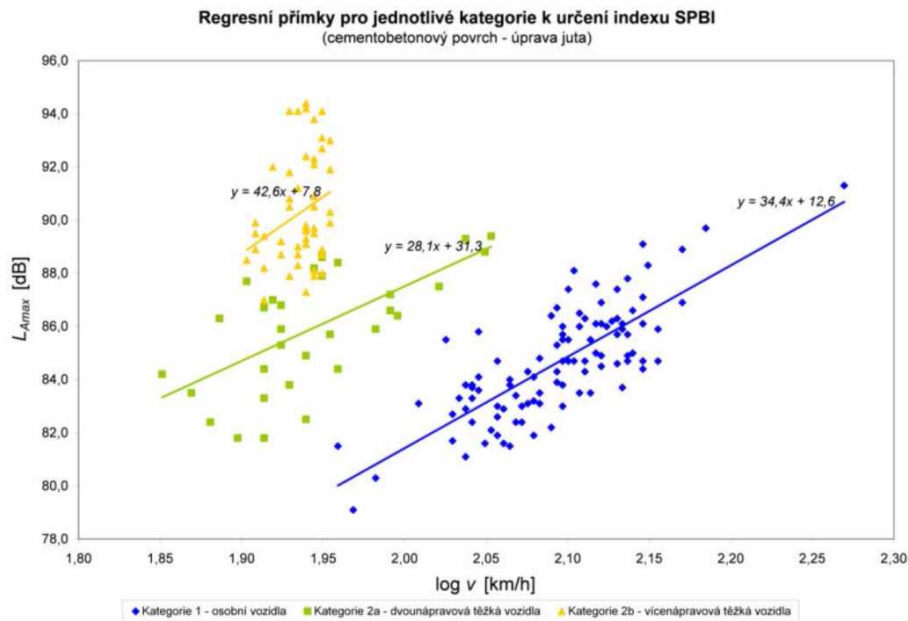


Zdroj: [10]

Jednotlivé naměřené akustické hladiny tlaku se při vyhodnocení berou v úvahu jedině tehdy, když se dají vztáhnout přímo na konkrétní vozidlo bez vlivu jiných dopravních prostředků. Pro relevantní výsledky je zapotřebí zaznamenat průjezd minimálně u 100 osobních vozidel, u 30 dvounápravových těžkých vozidel a u 30 vícenápravových těžkých vozidel. Z naměřených dat se poté vytvoří graf závislosti maximální hladiny akustického hluku A na logaritmu rychlosti pro každou kategorii vozidla, pomocí kterého se vypočte regresní křivka a určí se průměrná maximální hladina akustického tlaku vozidla a značí se L_{veh} . Tato závislost je znázorněna na grafu 4. Následně se hladiny akustického tlaku vozidel jednotlivých kategorií v určitém poměru sečtou a vznikne index pojmenovaný jako statistický index při průjezdu (SPBI). [10]



Graf 4: Regresní přímka závislosti maximální hladiny akustického hluku A na logaritmu rychlosti pro CB kryt



Zdroj: [10]

Výhody SPB dle KŘIVÁNEK [10]:

- poměrně velmi přesná metoda
- bere v úvahu nejenom hluk způsobený pneumatikou, ale i další vlivy
- dobře zahrnuje vliv všech typů vozidel (lehkých i těžkých)

Nevýhody SPB dle KŘIVÁNEK [10]:

- pouze bodová metoda
- velmi náročná na volbu měřicího místa
- při měření zaznamená maximální hladinu hluku při průjezdu vozidla
- skladba dopravního proudu nemusí být vždy konstantní
- v některých státech se používají jiné pneumatiky v létě a v zimě – rozdílné výsledky v zimě a v létě



3.4.2. ControlledPass-By (CPB)

Metoda CPB (Controlled Pass – By) funguje na velice podobném principu jako metoda SPB (Statistical Pass – By). Je také založena na statickém měření hladiny akustického tlaku pomocí měřicího přístroje umístěného 7,5 m od osy přilehlého jízdního pruhu a 1,2 m nad jejím povrchem, který míjejí při průjezdu dvě referenční vozidla (jedno malé a druhé velké). Tato vozidla mají obuté referenční pneumatiky (na každé vozidlo dvě sady) a mají zapnutý motor. Vyhodnocuje se průměrná hladina akustického tlaku pro konkrétní rychlosti. Tato metoda je velice, co se týče podmínek měření, variabilní. Podmínky se dají upravovat na základě potřeb měření. Je možné měnit způsob jízdy obou vozidel (např. vzájemné míjení, jízda za sebou, přibližování vozidel), měnit povětrnostní podmínky (měření za sucha, za mokra). Další obdobný způsob měření se nazývá „Coast – By“ (CB), což je metoda, při které míjí vozidlo bez zapnutého motoru měřicí přístroj referenční rychlostí 80 km/h pro osobní automobil a 70 km/h pro nákladní automobil. Obě metody se využívají především pro detailní studie povrchů vozovek, nikoli pro posuzování a srovnávání s jinými druhy vozovek. [6] [15]

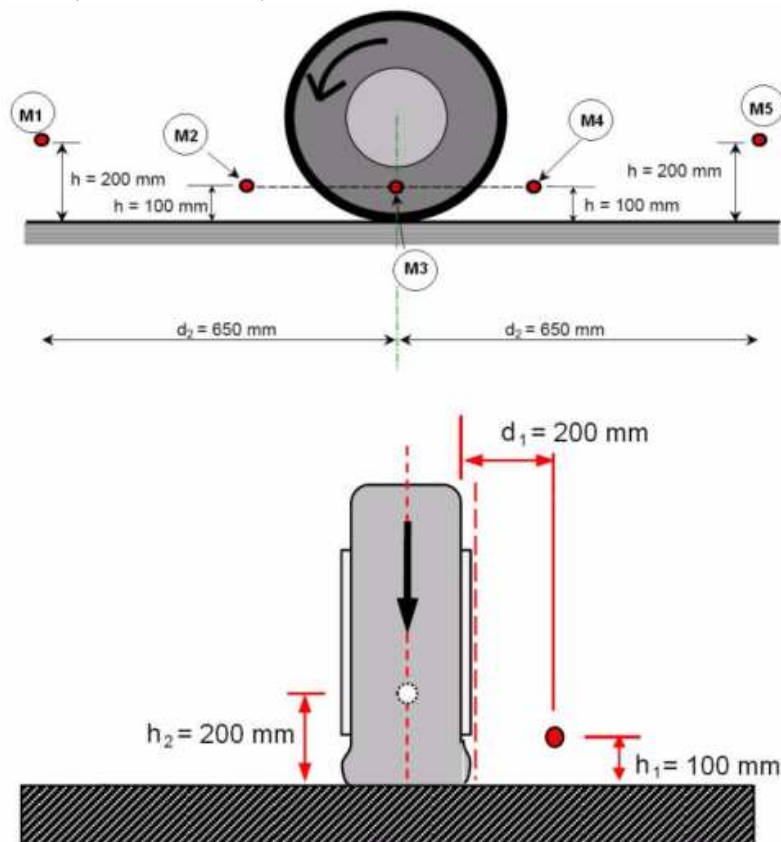
3.4.3. Close-proximity (CPX)

Další metodou měření hluku je CPX (Close – proximity), do českého jazyka překládáno jako „Metoda malé vzdálenosti“. V dnešní době je to v zahraničí nejrozšířenější druh měření hladiny akustického tlaku a je také doporučován mezinárodní pracovní skupinou CEN TC 227/WG5. [14] Základní principy a parametry CPX metody jsou obdobně jako u SPB metody obsaženy v normě ISO 11819-2 – Acoustic – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The Close Proximity Method, která byla publikována v březnu roku 2017. Vzhledem k nedávnému uveřejnění nebyla tato evropská norma zatím publikována v českém znění jako ČSN ISO. Na rozdíl od metody SPB, která bere v úvahu kromě hluku z odvalování pneumatiky také další vlivy jako hluk motoru, absorpci hluku vozovkou nebo okolní vlivy, je základem metody CPX měření hladiny akustického tlaku přímo na styku pneumatika – vozovka v malé vzdálenosti od odvalující se pneumatiky. [10]



Hlavní podstata měření hladiny akustického tlaku spočívá v rozmístění pěti mikrofonů u každého kola měřicí soupravy připojených na notebook v tažném automobilu. Příklad rozmístění mikrofonů je uveden na Obrázku 5. Vzhledem k velice krátké vzdálenosti mikrofonů od primárního zdroje hluku je měření a vyhodnocování nezávislé na intenzitě okolního dopravního proudu. Při měření se využívají buď speciálně upravená vozidla s vlastním pohonem, nebo přívěsy zachycené za běžným automobilem. Přívěsy mohou být otevřené nebo uzavřené (viz obrázek 6 a 7 – Přívěs otevřený a uzavřený). Základním předpokladem je jízda měřicí soupravy konstantní rychlostí vyšší než 40 km/h, kdy začíná dominovat hluk vznikající na styku pneumatiky s vozovkou. Evropská norma uvádí rychlosti 40, 50, 80 a 100 km/h jako referenční rychlosti pro měření hluku. Dále je požadováno měření teploty ovzduší a teploty měřeného povrchu. [10]

Obrázek 5: Rozmístění pěti měřicích mikrofonů kolem referenční pneumatiky pro metodu CPX (ISO 11819 - 2)



Zdroj: [10]



Obrázek 6: Přívěs otevřený (Centrum dopravního výzkumu - CDV)



Zdroj: [12]

Obrázek 7: Přívěs uzavřený (holandská firma M+P)



Zdroj: [13]

Největší výhodou této metody tkví v možnosti srovnání hlučnosti různých typů povrchů vozovek u nás i v zahraničí. Tudíž je nezbytné při měřeních dodržovat hlavní zásady uvedené v ISO normě tak, aby bylo možné objektivně porovnávat hluk na styku pneumatiky s vozovkou. Hlavním faktorem ovlivňujícím výsledky měření metodou CPX je typ pneumatiky. Dříve užívané typy byly vybírány na základě národních a mezinárodních statistik použitelnosti pneumatik obyvatelstvem. [10] To mohlo vést k znehodnocení posudků při porovnávání a hodnocení dvou různých typů povrchů, protože u nových pneumatik stejných rozměrů, ale odlišných vlastností, může být rozdíl v naměřených hodnotách hladiny akustického tlaku až 4 dB. [11] Proto byla na základě



zkušeností s měřením v Nizozemsku doporučena a ustanovena jako referenční pneumatika pro osobní vozidla Uniroyal Tigerpaw 225/60-R16 (SRTT). Z ekonomických a praktických důvodů jsou pneumatiky pro nákladní vozidla simulovány pomocí referenční pneumatiky Avon AV4 195-R14C. [10]

Výhody CPX dle KŘIVÁNEK [10]:

- *dynamická rychlá metoda umožňující měřit dlouhé úseky komunikací*
- *nezávislá na skladbě dopravního proudu*
- *může být použita k provedení akustického posouzení vozovky krátce po jejím zprovoznění – testování hlučnosti a konfrontace s požadavky uvedenými v zadávací dokumentaci*
- *snadno lze aplikovat k monitorování akustického chování vozovky v průběhu několika let používání*
- *na rozdíl od statických metod měření hlukové zátěže z dopravy není tak náročná na požadavky okolí měřené komunikace*

Nevýhody CPX dle KŘIVÁNEK [10]:

- *zaznamenává pouze hluk pneumatika/vozovka*
- *hůře postihuje vliv těžkých nákladních vozidel*
- *je třeba větší minimální délka měřeného zkušebního úseku na rozdíl od statických metod měření hlukové zátěže z dopravy*

V USA se používá metoda OBSI (On Board Sound Intensity), která je založena na podobných principech jako metoda CPX. Při měření se místo mikrofonů používají intenzitní sondy, které jsou nainstalovány k pneumatikám na vozidle s vlastní pohonem a nepoužívají se tudíž přívěsy. Tento měřicí systém je detailně vyobrazen na obrázku 8.



Obrázek 8: Metoda OBSI

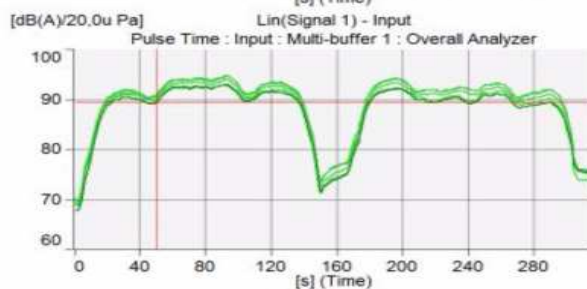


Zdroj: [10]

Obrázek 9: Průběh rychlosti, hladiny akustického tlaku a teploty povrchu na měřeném úseku v čase metodou CPX



Průběh rychlosti $v(t)$ na měřeném úseku



Průběh hladiny akustického tlaku $L_{Aeq}(t)$ na měřeném úseku



Průběh teploty $T(t)$ na měřeném úseku

Zdroj: [10]



3.5. Vliv hluku na zdraví člověka

Ochrana lidského zdraví před hlukem je zakotvena v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví. V posledních letech byly řadou výzkumů neoddiskutovatelně prokázány nežádoucí účinky hluku na zdraví člověka, který je vystaven dlouhodobé expozici hluku. Posudky vychází ze dvou základních skupin účinků hluku na člověka. Jsou to zdravotní účinky objektivně podloženy lékařskými zprávami a subjektivní účinky spojeny s kvalitou života, u kterých je posuzován tzv. akustický komfort. [16]

Působení nadměrného hluku působí řadu zdravotních komplikací. Ať už se jedná o poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém nebo nepříznivé působení na osvojování řeči a čtení u dětí. V průběhu spánku a fyziologické regenerace jsou těmito komplikacemi fyziologické reakce (kardiovaskulární aktivita, EEG zaznamenaná aktivita mozku), poruchy spánku a s nimi spojené užívání léků na spaní. Dalšími, i když zatím ne zcela vědecky prokázanými zdravotními problémy, může být například ovlivnění některých biochemických funkcí (vliv na vývoj plodu, na placentu), působení na mentální zdraví, sociální chování a výkonnost člověka, obezita nebo poruchy duševního zdraví. [1]

Nadměrné hodnoty hluku jsou primárně spojeny se zdravotními problémy sluchu. K poškození vnitřního ucha může dojít buď při náhlém a krátkodobém působení hluku, který se vyznačuje extrémně vysokými hodnotami hladiny akustického tlaku. Z pohledu hluku z dopravy nás ale více zajímá hluk dlouhodobého účinku, s kterým je spojena postupná degradace sluchového aparátu. V průběhu řady let dochází k přechodné a následně k trvalé funkční a morfologické změně smyslových a nervových buněk vnitřního ucha, projevující se na počátku zvýšením sluchového prahu, poté zhoršením sluchu a následnému omezení v porozumění řeči. V ojedinělých případech může docházet také ke vzniku tinnitu, což se u lidí projevuje jako šelest nebo pískání v uších a může se stát trvalým problémem po celý život. [2]



VANDASOVÁ [1] uvádí „*Epidemiologické studie prokázaly, že při $L_{Aeq24hod}$ do 70 dB nedochází k poškození sluchového aparátu u více než 95 % exponované populace ani při celoživotní expozici hluku v pracovním a životním prostředí a aktivitách ve volném čase [6]. Nelze však zcela vyloučit možnost, že by již při nižší úrovni hlukové expozice mohlo dojít k malému sluchovému poškození u citlivých skupin populace, jako jsou děti, nebo osoby současně exponované vibracím nebo ototoxickým lékům či chemikáliím.*“

Dlouhodobé působení hluku může mít také za následek chronické změny v regulaci filologických systémů, čímž je myšleno zvýšené uvolňování stresových hormonů. Uvolňováním adrenalinu a noradrenalinu se lidský organismus připravuje na „boj s účinky hluku“, což při stálém opakování může vyústit v arteriosklerosu nebo až v infarkt. Uvolňováním kortizolu, který napomáhá většímu srážení krve, se připravuje lidský organismus na „přežití v případě poškození,“ což může mít po delší době za následek ucpání tepny a vznik srdeční příhody. Odborná literatura uvádí až 20% zvýšení rizika infarktu myokardu při průměrných denních a nočních hodnotách hladiny akustického hluku 65 dB a 55 dB. [2]

Při dlouho trávající expozice hluku nedochází jen ke zdravotním problémům, ale také k mimosluchovým účinkům. Příkladem jsou poruchy spánku, které mohou způsobit problémy s výkonností v práci, s psychickou pohodou nebo s imunitním systémem. Chronické poruchy spánku mohou vést k depresím, neuróze a agresivitě. Hluk má vliv na soustředění a na porozumění při komunikaci. U menších dětí je velice důležitá schopnost naslouchat a reprodukovat to, co slyšely a nadměrné hladiny okolního hluku jim mohou ztížit podmínky pro osvojení jazyka. Hluk je vjem, který člověka obtěžuje, způsobuje mu nepříjemné pocity z okolního prostředí a může zapříčinit vztek, rozladění, pocit neuspokojení, odtažitost, úzkost a nervozitu. Řešeným trendem současnosti je proto akustický komfort, který nemá souvislost jen s šířením hluku v životním prostředí, ale také souvisí se sociálními, psychologickými a ekonomickými faktory. [2]

Základní hygienické limity jsou uvedeny v nařízení vlády č. 217/2016 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.



4. Protihlukové asfaltové vrstvy

Vývoj protihlukových opatření se v minulosti orientoval především na redukcii hlukové emise, tj. realizace protihlukových valů a clon, používání protihlukových oken. Nevýhodou je ta skutečnost, že protihlukové valy vytvářejí umělou překážku v zastavěném území a mají vyšší náklady na realizaci. Protihluková okna řeší problém hluku jen částečně, protože je jejich funkčnost zajištěna jen tehdy, když je okno zavřeno. Vzhledem ke stále rostoucí intenzitě dopravy bylo zapotřebí přeorientovat se více na snižování hlukové emise, tj. na obměnu vozového parku, rychlost dopravního proudu, rozdělení intenzit a složení dopravy a protihlukovou úpravu vozovek. V souvislosti s technickým vývojem automobilů, a to hlavně v oblasti motorových jednotek, karoserie a hybridních pohonů, je předpoklad, že se do deseti let stane dominantním zdrojem hluku i při menších rychlostech hluk na styku pneumatiky a vozovky. Tento odhad žene kupředu rychlými kroky vývoj protihlukových vrstev vozovek. [18]

Nejrozšířenějším typem vozovek v České republice jsou vozovky netuhé, proto je vývoj protihlukových úprav směřován zejména na asfaltové vozovky. První, bohužel nepřesvědčivé a neprůkazné zkušební aplikace některého z typů protihlukových asfaltových vrstev v Československu, se datují na přelom 70. a 80. let., kdy byly pokládány drenážní asfaltové koberce. Na základě poznatků z vývoje akusticky pohltivých asfaltových provedení obrusných vrstev v zahraničí byly postupem času v ČR vytvořeny vlastní typy asfaltových směsí s akusticky pohltivými vlastnostmi. Mezi tyto druhy vozovek můžeme zařadit asfaltové obrusné vrstvy se sníženou hlučností (ACO NH), asfaltové koberce mastixové se sníženou hlučností (SMA NH), asfaltové koberce drenážní (PA) nebo protihlukové tenké asfaltové koberce (BBTM). [18]

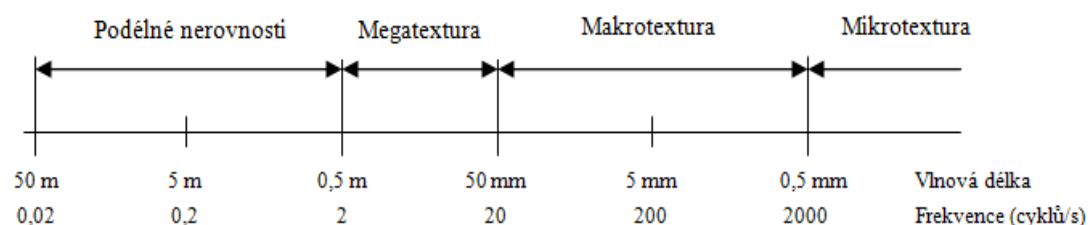
Jedním z hlavních problémů, který má za následek stále v současnosti omezené využívání těchto speciálně upravených povrchů, je absence jakékoliv jednotné normy deklarující základní požadavky a principy. S tím souvisí také nedostatečné množství zkušeností s nízkohlučnými povrchy, které byly v minulosti čerpány zejména



ze zahraničních doporučení vydávaných v ostatních evropských zemích. V současnosti je možné se při návrhu asfaltové směsi opřít pouze o některé technické normy (např. ČSN EN 13108-7 Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 7: Asfaltový koberec drenážní), dále vycházet ze článků v odborných technických periodikách (např. SILNICE ŽELEZNICE, Silnice mosty, Silniční obzor), z podkladů prezentovaných během konferencí (např. konference Asfaltové vozovky 2011, 2013 a 2015 pořádané Sdružením pro výstavbu silnic Praha) nebo z metodik, např. Metodika pro návrh, výrobu a provádění akustických vrstev vytvořenou ve spolupráci ČVUT v Praze a VUT v Brně. Na základě znalostí získaných ze zkoušek, experimentů a článků publikovaných ve výše uvedených zdrojích bylo možné prokázat u nízkohlučných asfaltových vrstev schopnost snižovat hlukovou zátěž. [5]

Maximální účinnosti vozovek s protihlukovou úpravou obrusných vrstev lze dosáhnout kombinací vyšší mezerovitosti zhutněné asfaltové vrstvy a vhodné textury povrchu vozovky. Zvýšením mezerovitosti povrchu vozovek jsme schopni docílit lepších akustických vlastností, zejména díky zmenšení rozpínání a stlačování vzduchu ve vzorku pneumatiky a pohlcení zvukové energie ve vzduchových mezerách povrchu. Textura povrchu vozovky je popisována na základě intervalu vlnových délek. Rozdělení textury povrchu je znázorněno na obrázku 10. Mikrotextura je tvořena velikostí a tvarem výstupků jednotlivých zrn kameniva. Její hrubý povrch vytváří protismykové vlastnosti pojezděné komunikace, čímž zajišťuje bezpečnost provozu na pozemních komunikacích. Makrotextura je dána různými frakcemi kameniva v asfaltové směsi. Megatextura utváří podmínky pro jízdní komfort. [17]

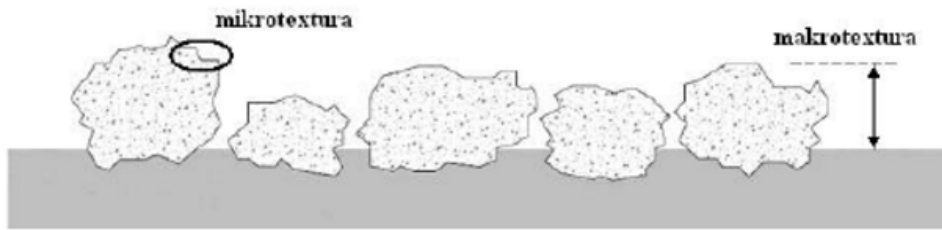
Obrázek 10: Rozdělení textury a nerovností povrchu vozovky z hlediska délky vln



Zdroj: [17]



Obrázek 11: Rozdíl mezi makrotexturou a mikrotextrou



Zdroj: [17]

Při ideálně zvolených parametrech asfaltové směsi a při správné realizaci pokládky asfaltové vrstvy můžeme dosáhnout snížení hlukové zátěže o 4-7 dB(A) po dobu 10 let životnosti těchto akusticky upravených asfaltových vrstev, u drenážních asfaltových koberců až o 8 dB(A). Vezmeme-li v úvahu, že redukce hluku o 5 dB(A) odpovídá snížení vnímání hluchnosti až o 50% a redukce hluku o 3(6) dB(A) znamená stejné snížení jako by způsobilo snížení intenzity dopravy na polovinu (na jednu čtvrtinu) mohou tyto technologie výrazně přispět k zlepšení životního prostředí z hlediska snížené hlukové zátěže. Kromě stavebně technických charakteristik těchto asfaltových úprav je velice důležité mít při projektování na paměti, že nejúčinnější jsou tyto povrchy na komunikacích s minimální dopravní rychlostí 60 km/h. [5]

4.1. SMA NH

SMA NH neboli nízkohlučný asfaltový koberec mastixový (dříve používané označení LSMA a SMA LA) je speciálně upravený asfaltový koberec mastixový s pozměněnou čarou zrnitosti, pomocí které je možné upravit povrchovou texturu a společně s minimálními podélnými nerovnostmi dosáhnout snížení hlukové zátěže až o 4 dB(A). Vývoj SMA NH započal v polovině devadesátých let 20. století v Německu a Rakousku, za účelem vytvoření alternativy k drenážním kobercům. Nejrozšířenějším typem této úpravy se v Německu staly především směsi typu LSMA 0/8 nebo LSMA 0/5. [18]

Oproti PA se navrhuje s menší mezerovitostí asfaltové směsi v rozmezí 10 - 12% (PA – 24 - 28%) a tím pádem dosahují nižších akustických vlastností. Na druhou stranu dosahují vyšší životnosti a to zejména díky většímu množství menších zrn kameniva



frakce než se používá v případě návrhu směsi PA. Dalšími výhodami jsou menší nároky na pravidelnou údržbu, nižší náročnost zimní údržby a výrazné snížení rizika zanášení mezer nečistotami, což zajišťuje vyšší odolnost proti snižování účinnosti akustických vlastností. [18]

Při návrhu čáry zrnitosti je snahou snížit podíl jemných částic pro vytvoření pórovitější asfaltové směsi. Důsledkem menšího množství jemných částic, které by vyplňovaly prostor mezi jednotlivými většími zrny dominantní frakce kameniva, je používání výhradně vysoce modifikovaných asfaltových pojiv. Jejich předností je zejména vylepšená makrotextura. Vývoj návrhu asfaltové směsi SMA NH vycházel z běžného asfaltového koberce mastixového, což poskytuje výraznou výhodu při projektování komunikací s většími intenzitami pojíždějících vozidel. Je tedy vhodná pro všechny třídy dopravního zatížení a pro všechny dopravní rychlosti. [18]

Tabulka 2: Vybrané vlastnosti směsí s maximální zrnitostí 8 mm.

Typ směsi	LSMA 0/8	PA8	SMA8 S
Odladitelnost, hodnota PSV	>51	>54	>51
Podíl frakce drobného kameniva	100 %	100 %	100 %
Asfaltové pojivo	doporučen vysoce modifikovaný PmB	doporučen vysoce modifikovaný PmB	PmB (nebo 50/70)
Mezerovitost u asfaltové směsi	10-12 %-obj.	24-28 %-obj.	2,5-3,0 %-obj.
Mezerovitost u asfaltové hotové vrstvy	10-15 %-obj.	22-28 %-obj.	0-5 %-obj.
Stupeň vyplnění mezer	TBR	TBR	TBR
Doporučená tloušťka vrstvy	25 mm	45-50 mm	30-40 mm

Zdroj: [18]

Ze získaných poznatků z řady let zkoumání je známo, že asfaltové směsi s menší maximální velikostí zrna D mají větší vliv na redukci hlukové zátěže v silniční dopravě. Například asfaltová směs typu LSMA 0/5 je schopna docílit dalšího snížení hluk o 2-2,5 dB(A) v porovnání s SMA 0/8. Na druhou stranu snižování množství větších zrn frakce v asfaltové směsi má za následek snížení únosnosti a odporu proti deformacím hotových asfaltových vrstev. Vzhledem k tomu bylo doporučeno pokládat tuto asfaltovou směs jen na komunikacích se střední a nízkou intenzitou dopravy. [18]



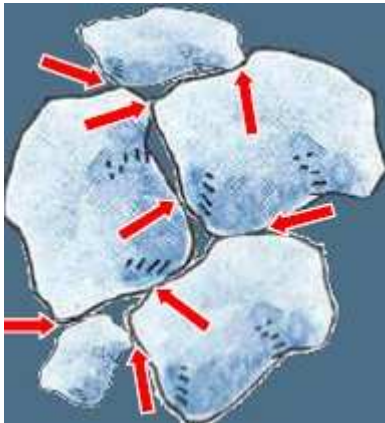
Na pomezí mezi nízkohlučnými SMA a běžnými SMA můžeme zařadit speciální asfaltovou směs vyvinutou v Německu pod označením LOA 5D s největší velikostí zrna kameniva 5 mm. Při vývoji bylo snahou skloubit vlastnosti SMA (menší mezerovitost (5-7%), větší životnost a odolnost proti deformacím, vyšší hodnoty protismykových vlastností) a SMA NH (optimalizace kostry kameniva směsi využívající maximální průměr zrna kameniva 5 mm). Jako u předchozích směsí se výhradně používají modifikovaná asfaltová pojiva. Pokládá se v tloušťce 2 až 3 cm. Tento druh asfaltové směsi byl poprvé vyzkoušen v roce 2007 poblíž města Düsseldorf, proto je někdy označován jako „düsseldorfská asfaltová směs“. Výsledky měření na dvou realizovaných úsecích ukázaly, že tento povrch je schopen snížit hluk o 5 dB(A) u osobních aut jedoucích rychlostí 50 km/h. [18] [19]

4.2. PA

Asfaltový koberec drenážní, označován v Německu jako OPA (Ofenporiger Asphalt), v Anglii jako PA (Porous asphalt) a v ČR donedávna jako AKD, je nejstarší technologií úpravy asfaltových směsí s akusticky vylepšenými vlastnostmi. Jedná se o směs s vysokým obsahem mezer v rozmezí 24 až 28%-obj., která je upravena ve výrobné normě ČSN EN 13108-7. Vhodná mezerovitost směsi je dosažena úpravou čáry zrnitosti, kdy se při návrhu využívá větší množství zrn největší frakce kameniva. Na druhou stranu při mezerovitosti větší než 15% dochází k významnému snížení počtu kontaktních ploch mezi zrny, protože je omezeno množství menších zrn, která by zaplnila společně s asfaltovým pojivem vzniklé mezery. Celkově otevřenější struktura asfaltové vrstvy způsobuje větší namáhání kamenné kostry, proto se kladou vyšší požadavky na kvalitu kameniva (na jeho otlukovost, ohladitelnost, odolnost proti mrazu, tvarový index a pevnostní charakteristiky). Je také vyžadováno, vzhledem k menšímu podílu asfaltové malty než je tomu například u SMA NH, použití výhradně vysoce modifikovaných viskózních asfaltových pojiv s nadstandardními vlastnostmi, konkrétně lepivosti, odolnosti proti stárnutí a přilnavosti pro zajištění dostatečné koheze jednotlivých zrn kameniva. Dále se pro zlepšení vazeb mezi zrny kameniva používají stabilizační přísady, např. celulózní vlákna. S vyššími nároky na použité vstupní materiály se řadí tato metoda mezi náročnější a značně nákladné technologie. [5]



Obrázek 12: Zajištění koheze u směsi PA



Zdroj: [5]

Z hlediska zrnitosti asfaltové směsi je na základě maximální optimalizace všech poznatků za doby užívání drenážních asfaltových koberců v Německu a Rakousku považována za nejvhodnější směs PA 11 se zrnitostí 0-11 mm. Dále jsou využívány směsi se zrnitostí 0-8 a 0-16, přičemž směsi s maximálním zrnem do 8 mm snižují vibraci pneumatiky více než je tomu u hrubozrnnějších směsí, ale vlivem uzavřenějšího systému u nich dochází k rychlejšímu zanášení mezer, což vede k dřívějším ztrátám projektovaných vlastností. [5]

Na poli všech akustických úprav vozovek, ať už se jedná o tuhé nebo o netuhé vozovky, mají nově položené drenážní asfaltové koberce nejvýraznější vliv na redukci hluku. Otevřený systém vzájemně propojených mezer dokáže snižovat hluk o 4 až 8 dB(A). Vzhledem k tomu, že nejvyšších hodnot redukce hluku bylo dosaženo na komunikacích s vyššími rychlostmi, provádějí se PA vozovky především na rychlostních komunikacích či dálnicích procházejících v blízkosti zastavěných území. Záměrně bylo výše uvedeno, že se jedná o nové položené drenážní koberce, protože schopnost redukovat hluk se postupem času snižuje. V současnosti uvažujeme životnost akustických vlastností na dobu 10 let. Vliv na ztrátu této primární vlastnosti má mnoho faktorů, ale tím nejvýznamnějším je zanášení mezer. Údržba a čištění těchto povrchů by měla probíhat v pravidelných intervalech, minimálně dvakrát do roka. [5] Například HÝZL [22] s odkazem na německé výzkumy uvádí, že se každoročně snižuje efekt pohlcování hluku u vrstev PA až o 0,5 dB(A).



V souvislosti s otevřenou strukturou drenážního koberece panuje mezi odborníky nejednotný názor na schopnost vrstev pohlcovat hluk. Zatím není prokázáno, že by určujícím faktorem snižování hluku měla být absorpční schopnost vzájemně propojených vzduchových mezer. Pokud by to tak bylo, asfaltové vrstvy by bylo výhodné pokládat ve větších tloušťkách tak, aby byl zajištěn co nejvyšší přínos tohoto fyzikálního jevu. Prozatím je tedy z akustického hlediska spatřován hlavní přínos PA směsí ve snížení vlivu oscilace pneumatiky a efektu air-pumpingu. [5]

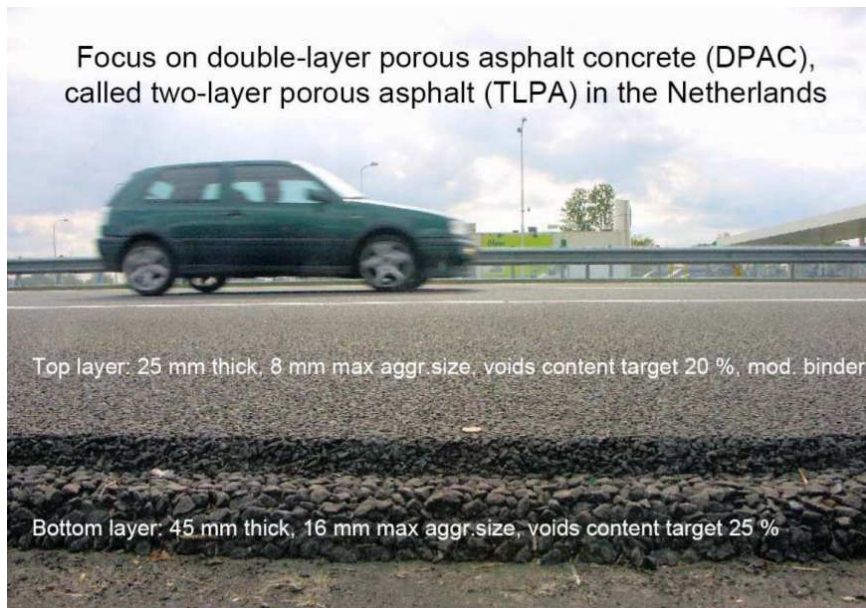
Další, velmi specifickou vlastností PA je drenážní schopnost. Vysoký obsah mezer propojujících povrch obrusné vrstvy vozovky s nepropustnou podkladní vrstvou odvádí ve vodorovném směru srážkovou vodu po nepropustném podkladě tvořeném SAMI vrstvou (Stress Absorbing Membrane Interlayer) na okraj vozovky. Aby bylo dosaženo tohoto jevu, je zapotřebí zajistit správně fungující systém odvodnění. Při realizaci nesmí dojít k vytvoření podélných pracovních spár, které by vytvořily překážku odtékající vodě. Z tohoto důvodu se obrusná vrstva pokládá jedním finišerem v celé šířce vozovky nebo dvěma finišery souběžnou pokládkou „horké do horkého“ tak, aby došlo k okamžitému propojení pokládaných asfaltových pásů. Také je zapotřebí dbát na udržování krajnice silničního tělesa, aby jejich výška nepřevyšovala povrch podkladní nepropustné vrstvy. Díky této vlastnosti dochází ke snižování rizika aquaplaningu, omezení vzniku vodních mlh za jedoucimi vozidly a s tím spojených dopravních nehod. Zanedbatelné není ani snížení odrazu světla na mokré vozovce ve spojitosti s oslněním řidičů. [5] [22]

Největší zkušenosti s těmito povrchy mají v Nizozemí, kde je tento druh vozovek běžnou součástí dálniční sítě. (přibližně 50%). Dále je rozšířený zejména ve Francii, Belgii, Německu a Japonsku. Drenážní asfaltový koberec se pokládá buď v jedné vrstvě, nebo jako dvouvrstvý. V Holandsku vyvinutý dvouvrstvý PA se skládá z podkladní vrstvy s hrubším kamenivem frakce 0/16 (PA 16) pokládané v tloušťce 45 mm a horní obrusné vrstvy s maximálním zrnem kameniva 8 mm (PA 8) v tloušťce 25 mm. Při této realizaci se využívá dobrých akustické vlastností spodní vrstvy a kvalitní textury obrusné vrstvy, což má za následek zlepšení akustických vlastností celého souvrství s redukcí hluku o 4 až 6 dB(A) a snížení možnosti zanášení mezer.



Odhaduje se, že při dalších optimalizacích tohoto povrchu by se dal redukovat hluk o 7 – 9 dB(A). Je patrné, že asfaltové drenážní koberce mají stále obrovský potenciál k navýšení ochrany proti hluku a to vede v současnosti k dalšímu vývoji dvouvrstevných drenážních koberců druhé a třetí generace. [17]

Obrázek 13: Dvouvrstvý drenážní asfaltový koberec



Zdroj: [23]

4.3. BBTM

Asfaltové koberce pro velmi tenké vrstvy jsou technologie, které se zejména v zahraničí využívají na rekonstrukce betonových a asfaltových vozovek. Je to účinný nástroj pro rychlé opravy trhlinami narušené stávající ohrubné vrstvy a také pro zlepšení protismykových vlastností na dopravou degradovaných površích komunikací. Konstrukční tloušťka je závislá na maximálním zrně použitého kameniva v asfaltové směsi. Maximální užívaná tloušťka asfaltové ohrubné vrstvy je 30 mm a pokládá se pokládkou za horka. Použité kamenivo se, podobně jako je tomu u drenážních asfaltových koberců, vyznačuje přerušenou čarou zrnitosti, tzn. že se určitá frakce kameniva ve směsi vyskytuje v menším poměru nebo zcela chybí. Ale vzhledem k tomu, že se pokládají v tenkých vrstvách a využívá se pro návrh asfaltové směsi



kamenivo zrnitosti 0/8 nebo 0/4 nedochází k vytvoření takové mezerovitosti jako u PA, tudíž není jejich realizace spojena s drenážními vlastnostmi. Avšak vyšší dosažená mezerovitost (max. 15%-hm.) má zřejmý vliv na air-pumping efekt, což má za následek zlepšení akustických vlastností. Na rozdíl od drenážních asfaltových koberců nemůžeme u této technologie hovořit o absorpčních schopnostech, protože pórovitá struktura vrstvy se poměrně rychle zanáší. Nezanedbatelná je oproti PA výhoda nižších provozních nákladů na čištění, údržbu, prostředky na zimní údržbu a dopravní vodorovné značení. [5]

Mezi první použité typy této kategorie asfaltových vrstev můžeme zařadit technologii microdrain, vyvinutou a používanou v 80. letech v Rakousku. Dle dostupných poznatků lze microdrain považovat za předchůdce asfaltových koberců drenážních, u kterého bylo možné snižovat hluk o 3 dB(A). Do skupiny tenkých asfaltových koberců s protihlukovými vlastnostmi zařazujeme také povrchy vyvinuté stavebními firmami. Například francouzská společnost EUROVIA si nechala patentovat asfaltový koberec pod názvem Viaphone®. Dalším produktem, který dle publikovaných informací má schopnost snížit hluk až o 7 dB(A), je asfaltová směs Rugosoft či Nanosoft vytvořená a realizovaná v tloušťce 2 až 3 cm francouzskou firmou Colas. [5]

4.3.1. Viaphone®

Viaphone® je technologie protihlukové úpravy obrusných asfaltových vozovek vyvinutá v 90. letech 20. století francouzskou stavební firmou EUROVIA a poprvé prezentována v roce 1993 v rámci tzv. Charty silničních inovací. V odborných člancích je popisována jako hutněná asfaltová směs pro tenké obrusné vrstvy s dobrými protismykovými vlastnostmi a se schopností snižovat valivý hluk dle metody SPB (podle ČSN ISO 11819-1) cca o 3 dB(A), což odpovídá snížení intenzity dopravy o necelých 40% nebo snížení maximální povolené rychlosti na daném úseku o 10 km/h. Na základě kladných zkušeností bylo ve Francii do roku 2000 položeno přes 2,5 milionů m² této asfaltové směsi. V dubnu roku 2000 bylo uděleno Viaphone® francouzským ředitelstvím dálnic technické schválení osvědčující schopnost trvale snižovat valivý hluk, dobré drenážní a protismykové vlastnosti. [24] [26]



Návrh asfaltové směsi se vyznačuje zrnitostí kameniva 0/8 mm, přerušenou čarou zrnitosti v oblasti frakce kameniva 2/4(5) mm a vyšším obsahem hrubého drceného kameniva. Základním požadavkem na druh hrubého kameniva je jeho ohladitelnost, která musí být deklarována jako hodnota vyšší než 53 (PSV_{53} DEKLARED). Viaphone® je charakterizován vyšším podílem asfaltového pojiva ve směsi, což má za následek zlepšení zpracovatelnosti a zjednodušení pokládky. V závislosti na třídě dopravního zatížení a dalších specifikách konkrétní stavby se používají buď běžná asfaltová pojiva, nebo asfaltová pojiva modifikovaná polymery s velkou kohezí, malou tepelnou citlivostí, velkou pružností a odolností proti stárnutí. EUROVIA CS vyrábí svoji vlastní třídu modifikovaných asfaltových pojiv pod názvem POLYBITUME, např. SBS – Polybitume E 65 (tj. PMB 45/80-55). Využitím přísad jako jsou vláknité hmoty, vosky a průmyslově vyráběny polymery jsou schopni zlepšit vlastnosti asfaltové směsi. V případě Viaphone® se využívají zejména celulózová či granulovaná vlákna, která napomáhají k lepším fyzikálně-mechanickým vlastnostem asfaltové směsi. Využití R-materiálu je zakázáno. Při výrobě je doporučeno udržovat teplotu směsi v rozmezí 160 až 180 °C, protože při následné pokládce tenké vrstvy asfaltová směs rychleji chladne. Přesné navržení asfaltové směsi je know-how společnosti EUROVIA CS, které má plně v kompetenci Centrální laboratoř, resp. Laboratoř Čechy východ, EUROVIA Services, s.r.o. [24] [26]

Viaphone® má velmi zajímavou homogenní strukturu povrchu, která je dána jemnozrnností asfaltové směsi. I přes větší mezerovitost (15%) má směs velmi dobrou odolnost proti trvalým deformacím, proto ji lze využít pro všechny třídy dopravního zatížení. Ačkoliv nejsou v příslušných normách nastaveny maximální dovolené hodnoty trvalých deformací, společnost EUROVIA CS se rozhodla pro zkvalitnění prezentace Viaphone® provést zkoušky opakovaného pojíždění kolem dle ČSN EN 12697-22 Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 22: Zkouška pojíždění kolem. Výsledné hodnoty maximálního poměru hloubky koleje PRD_{air} a maximálního přírůstku hloubky koleje WTS_{air} s jinými asfaltovými povrchy jsou prezentovány v tabulce 3. Zde můžeme vidět, že asfaltová směs Viaphone® dosahuje při zkoušení lepších hodnot než asfaltový koberec mastixový s asfaltovým



pojivem a podobných hodnot jako asfaltový koberec mastixový se zvýšenou odolností proti tvorbě trvalých deformací a modifikovaným asfaltem 25/55 - 55. [24]

Tabulka 3: Výsledky zkoušky poježdění kolem

ČSN EN 12697-22 – zkušební teplota 50 °C tl. zkoušených těles 40 mm		VIAPHONE® PMB 45/80-55	SMA 11S 50/70	SMA 11S PMB 25/55-60	Požadavky ČSN EN 13108-5
PRD _{AIR d5 000}	[%]	3,500	4,500	3,800	5,000
WTS _{AIR d10 000 - d5 000}	[mm/10 ³]	0,022	0,040	0,022	0,070
RD _{AIR d10 000}	[%]	1,550	2,170	1,720	---
Počet výsledků	---	11,000	6,000	19,000	---

Zdroj: [24]

Kvalitního výsledku dosáhl Viaphone® také při zkouškách ztráty částic dle ČSN EN 12697-17 - Asfaltové směsi – Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka – Část 17: Ztráta částic zkušební tělesa asfaltového koberce drenážního. Hodnoty ztrát dosahovaly v průměru 6% a maximálně bylo dosaženo 10% ztrát, přičemž pro porovnání u asfaltových drenážních koberců jsou požadovány maximální hodnoty ztrát pro třídu dopravního zatížení S a I 15%. [24]

Obrázek 14: VIAPHONE® – zkušební tělesa po zkoušce ztráty částic



Zdroj: [24]

Složením a vlastnostmi Viaphone® neodpovídá nastaveným specifikacím pro asfaltové betony pro velmi tenké vrstvy v rámci národních příloh evropské normy ČSN EN 13108-2 - Asfaltové směsi – Specifikace pro materiály, proto bylo v roce 2010 na



základě Nařízení vlády 163/2002 sb. vystaveno pro Viaphone® stavebně technické osvědčení. [27]

Viaphone® se pokládá jako tenká obrusná vrstva v tloušťce 20 až 30 mm (cca 40 – 60 kg/m²). Je velice důležité zmínit, že tato asfaltová vrstva není navrhována ke zvýšení únosnosti konstrukce vozovky, proto se nesmí realizovat tam, kde došlo k překročení únosnosti stávající vozovky. Pokládka je možná na všechny druhy hutněných asfaltových směsí s výjimkou PA a AKO a dále se nesmí použít na CB povrchy a vrstvy stabilizované cementem. Základem je velice kvalitní podkladní vrstva, vyznačující se dostatečnou pevností, únosností a rovinatostí. Před pokládkou obrusné vrstvy musí být odstraněny všechny lokální poruchy, trhliny a výtluky podle TP 96 - Vysprávký vozovek tryskovou metodou a TP 115 - Opravy trhlin na vozovkách s asfaltovým krytem. Podmínka rovinatosti podkladu je důležitá také v souvislosti s technologickým postupem pokládky, kdy se při přípravě podkladu měří jeho podélné nerovnosti čtyřmetrovou latí a příčné nerovnosti dvoumetrovou latí. Při vyhodnocení podkladu nesmí hodnoty nerovností přesáhnout 4 mm pro TDS S až III a 5 mm pro TDS IV až VI. V případě nerovností větších než 4(5) mm je zapotřebí posoudit příčiny deformací podkladu a určit riziko do jaké míry by mohly poškodit pokládanou obrusnou vrstvu. Pakliže jsou nerovnosti větších rozměrů, využívá se broušení a frézování nebo dostatečně hutněná vyrovnávací vrstva. Po úpravě podkladu přichází na řadu spojovací postřik v podobě asfaltové emulze z modifikovaného asfaltu v doporučeném množství 250 až 400 g/m². [27]

Samotnou pokládku Viaphone® obstarávají klasické finišery opatřené vibrační lištou. Je žádoucí, jestliže to podmínky na konkrétní stavbě dovolí, aby celá pokládka probíhala na celou šířku vozovky optimální rychlostí 7 – 8 m/min. Musí být zajištěn kontinuální postup pokládky. Doba dopravy asfaltové směsi na staveniště nesmí přesáhnout 1,5 hodiny, při teplotě menší než 15 °C 1 hodinu. V sílech se smí směr Viaphone® skladovat maximálně 2 hodiny. Důležité je také dodržování klimatických podmínek při realizaci, kdy by teplota neměla klesnout pod 10°C (za posledních 24 hod. pod 5 °C), rychlost větru by měla být maximálně do 7,5 m/s a nemělo by vytrvale přšet.



Hutnění se provádí hladkými tandemovými válci, obvykle dvěma až čtyřmi pojízdy a mělo by být ukončeno ve chvíli, kdy teplota asfaltové směsi klesne pod 100 °C. [27]

V České republice byly první zkušební úseky realizovány v roce 2010, jedním z nich byl úsek v ulici Ke Hrázi v Horních Počernicích o celkové ploše 1 000 m². V téže roce byla realizovaná první větší modernizace vozovky pomocí Viaphone® a to v ulici Slezská v úseku mezi ulicemi Vinohradská vodárna – Náměstí Míru na ploše 8 100 m². V tabulce 4 jsou uvedeny naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A před realizací a po realizaci Viaphone® metodou CPX a v tabulce 5 metodou SPB. [25]

Tabulka 4: Výsledky měření na ulici Slezská (CdR Eurovia, metoda CPX, 2010 - 06 a 2011 - 07)

Doba měření	dB (A) při rychlostech 50 km/h	Rozdíl dB (A)
Před rekonstrukcí	94,2	-6,4
Po rekonstrukci	87,8	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [25]

Tabulka 5: Výsledky měření na ulici Slezská (EKOLA group, spol s.r.o., metoda SPB)

Doba měření	Místo měření	Den dB (A)	Rozdíl den dB (A)	Noc dB (A)	Rozdíl noc dB (A)
Před rekonstrukcí	M1	62,6	-5,4	57,6	-6,8
Po rekonstrukci		57,2		50,8	
Před rekonstrukcí	M2	61,4	-1,5	55	-1,6
Po rekonstrukci		59,9		53,4	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [25]

Zatím nejvýznamnějším, a co do plochy pokládané asfaltové směsi největším projektem, při kterém se využila technologie Viaphone®, byla stavba na části severojižní magistrály na ulici 5. května. Bylo zde položeno přes 105 000 m² asfaltové směsi. Výsledky z měření hluku dodala společnost EKOLA group, spol s.r.o. a také CdR EUROVIA. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 6 a 7. Byť by se při pohledu na výše uvedené tabulky mohlo zdát, že technologie Viaphone® dokáže snižovat hluk až o 9 dB(A), musíme si ale uvědomit, že při měření hluku před rekonstrukcí nebyly výsledky ovlivněny jen typem obrusné vrstvy, ale také různými nerovnostmi, výtluky, korozí povrchu, širokými trhlinami či pracovními spárami. K snížení hluku na dané



vozovce by došlo i při rekonstrukci běžnými asfaltovými povrchy bez akusticky pohltivých vlastností. Toto snížení by ale nebylo v takové míře, jako při použití technologie Viaphone®. [25]

Tabulka 6: Výsledky měření na ulici 5. května (CdR Eurovia, metoda CPX, 2011 - 07)

Doba měření	dB (A) při rychlostech 50 km/h	Rozdíl dB (A)
Před rekonstrukcí	92,5	-3,8
Po rekonstrukci	88,7	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [25]

Tabulka 7: Výsledky měření na ulici 5. května (EKOLA group, spol s.r.o., metoda SPB)

Doba měření	Místo měření	Den dB (A)	Rozdíl den dB (A)	Noc dB (A)	Rozdíl noc dB (A)
Před rekonstrukcí	M1	74,9	-7,1	70,7	-8,8
Po rekonstrukci		67,8		61,9	
Před rekonstrukcí	M2	72,6	-4,0	69,3	-6,0
Po rekonstrukci		68,6		63,3	
Před rekonstrukcí	M3a	73,7	-5,5	70	-7,7
Po rekonstrukci	M3b	68,2		62,3	

Zdroj: Vlastní zpracování na základě [25]

Dalšími významnými realizovanými projekty, které za použití technologie Viaphone® provedla firma Eurovia CS byla v roce 2011 rekonstrukce ulice K Barrandovu, v roce 2012 průtah městem Říčany a modernizace R46 u Prostějova, v roce 2016 rekonstrukce ulice Spořilovská. Celkově bylo od roku 2010 do roku 2015 položeno přibližně 524 000 m² asfaltové směsi typu Viaphone®. [25]

V roce 2011 udělila Česká stavení akademie technologii Viaphone® Zlatou cenu v soutěži Stavební výrobek - Technologie roku 2011. [25]



Obrázek 15: Zlatá cena – medaile, certifikát



Zdroj: [25]

4.4. Vymývaný beton

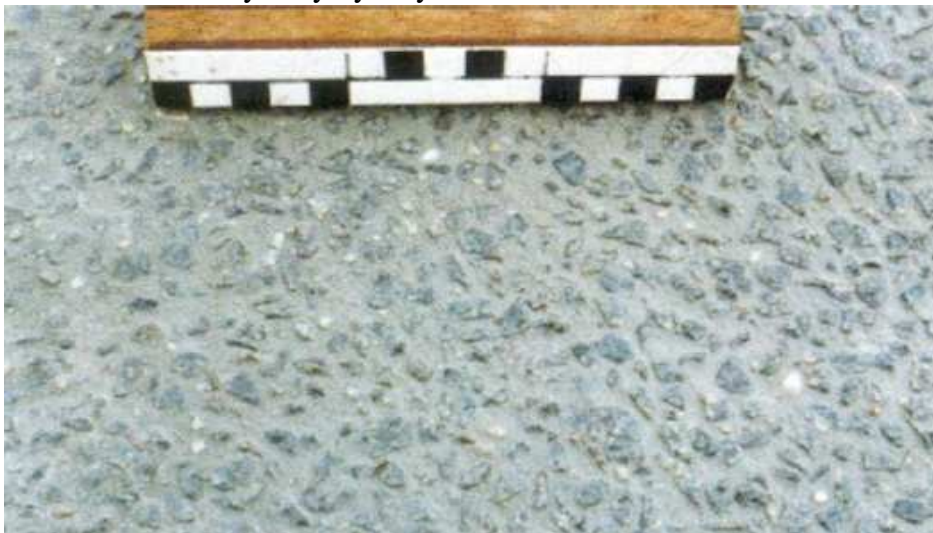
Betonové vozovky vytvářejí uzavřený systém bez možnosti upravovat jejich vnitřní stavbu, proto každá technologie akustických úprav cementobetonových krytů je v současnosti založena na speciální úpravě obrusné vrstvy povrchu krytu. Během prvních technologických postupů se využívalo hladící lišty urovnávající příčné zvlnění vznikající za pokládajícím finišerem a vlhčené tkaniny (např. juta), speciálních hrábí (hroty) nebo kartáčů, které měly za úkol vytvořit finální úpravu podélné textury povrchu komunikace. Tímto způsobem vytvořená úprava textury dosahovala určitých akusticky pohltivých vlastností, avšak důsledkem vyšší ohladitelnosti textury docházelo k rychlým ztrátám těchto vlastností a ke snižování protismykových vlastností povrchu. [17]

Pro delší účinnost úprav CB krytů byl vyvinut koncem 80. let modernější způsob nazývaný vymývaný beton. Principem této technologie je nanesení specifického postřiku, který vytvoří na hotové vrstvě betonového krytu vrstvu, která zabraňuje odpařování vody z čerstvého betonu a zpomaluje jeho hydratační procesy. Také se může využít zpomalovače tuhnutí naneseného ihned po pokládce a následného položení



ochranné fólie. Po následujících 24 až 30 hodinách tvrdnutí betonového krytu se odstraní ochranná fólie a na horním nevytvrzeném povrchu se vymyje tlakovou vodou nebo vykartáče kartáči struktura vymývaného betonu. Jelikož při použití této metody jsou požadavky na výchozí materiály a na beton vyšší než u tradičních CB krytů, vozovky z vymývaného betonu se z ekonomických hledisek zhotovují výlučně jako dvouvrstvé. Spodní podkladní vrstva optimalizována pro pevnost a vrchní vrstva pro texturu. Kvalitnější kamenivo se tedy ukládá do horní ohrusné vrstvy, aby nedocházelo ke snižování protismykových a akustických vlastností vymývaného betonu. Během pokládky první finišer pokládá spodní vrstvu betonu (modernizace D1 – v tloušťce 24 cm), dále je beton zhutněn ponornými vibrátory a následně se do betonu vkládají kluzné trny a kotvy. Za prvním finišerem následuje pokládka vrchní vrstvy betonu (modernizace D1 – v tloušťce 6 cm) na zhutněný podkladní beton. Postupuje se v závislosti na možnostech stavby a na prostorovém uspořádání stavby buď čelním zavážecím zařízením přes finišer pro podkladní beton, nebo bagrem z boku. Ukládání vrchního betonu se musí uskutečnit na zhutněném podkladním betonu způsobem "čerstvý do čerstvého", aby se dosáhlo trvanlivého spojení mezi oběma betony. Tento způsob úpravy povrchu CB krytu se odsvědčil zejména v Rakousku, Nizozemí a Belgii, kde bylo dosaženo snížení hluku o 3 dB(A) oproti referenčnímu asfaltovému povrchu. [17] [21]

Obrázek 16: CB kryt s vymývaným kamenivem



Zdroj:[17]



Obrázek 17: Úprava povrchu CB krytu vykartáčováním



Zdroj: [21]

Ve Spojených státech amerických vyvinuli způsob odhlučnění CB krytu s nevhodnou texturou. Pomocí diamantových kotoučů jsou vybrušovány podélné drážky, což je z akustického hlediska vhodné a umožňuje snížení hluku až o 5 dB(A) oproti stávajícímu CB krytu. Životnost této úpravy se odhaduje na 10 let. [17]

Obrázek 18: Úprava povrchu CB krytu diamantovými kotouči



Zdroj: foto poskytnuté firmou EUROVIA CS



Tabulka 8: Porovnání ekvivalentních hladin hluku L_{Aeq} podle ISO 11819-2 (dle CPX)

Rychlost měření [km/h]	Úsek/úprava povrchu/stáří vrstvy				
	CBK striáž 33let	CBK juta 1 rok	CBK negativní textura 5 měsíců	SMA 11 mm 14 let	PA 8 CRmB 1 rok
	Ekvivalentní hladina hluku s filtrem A – L_{Aeq} [dB (A)]				
80	102	99	98	96	92
110	108	104	103	101	-

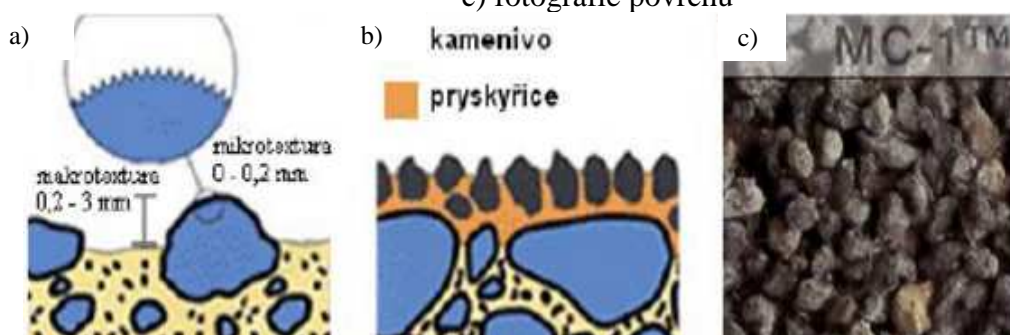
Zdroj: [20]

4.5. Nátěrové technologie

Podstatou této technologie, která byla primárně vyvíjena za účelem zlepšování protismykových vlastností vzletových a odletových ploch letišť, je tenká vrstva ze speciálního modifikovaného asfaltu nebo epoxidové pryskyřice vytvořená na povrchu betonových krytů a její následné posetí vhodným podrceným kamenivem úzké frakce. Při realizaci této nátěrové technologie se využívá jak přírodní drcené kamenivo, tak i umělé kamenivo (např. drcená struska). Úzká frakce kameniva pokrývající povrch vozovky omezuje vliv oscilace pneumatiky a vede ke snížení air-pumpingového efektu, to má za následek vylepšené akustické vlastnosti realizovaného povrchu. [17]

První zkušební úseky byly realizovány v Belgii. Při pokládání nátěrové technologie bylo využito drcené kamenivo o velikosti 1 až 3 mm. Po dvou letech užívání byly naměřeny hodnoty akustického tlaku o 3 až 4 dB(A) menší. [17] [18]

Obrázek 19: Nátěrové technologie a) povrch bez nátěru b) povrch s nátěrem c) fotografie povrchu



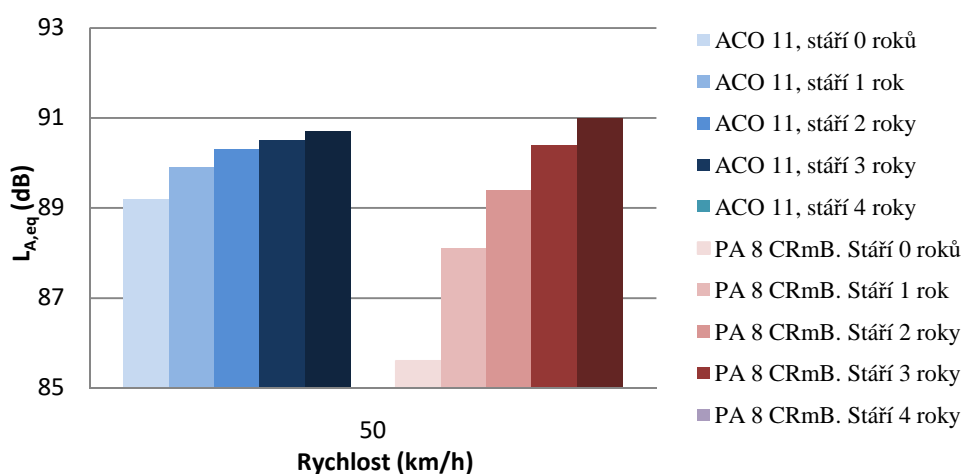
Zdroj: [17]



5. Čištění a údržba nízkohlučných povrchů

Základem pro zajištění delší účinnosti akusticky pohltivých vlastností vozovek je jejich správná a častá údržba. Jak ukázaly výsledky každoročního měření Centra pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI) ve spolupráci s CDV (Centrum dopravního výzkumu v. v. i.) a s firmami EUROVIA CS a Skanska, v průběhu času ztrácejí nízkohlučné povrchy akusticky pohltivé vlastnosti. Tato ztrátovost neroste lineárně, nýbrž je nejvýraznější po prvním roce od realizace. Tento vývoj hlučnosti vozovek je naznačen v grafu 5. Vliv na degradaci akustických vlastností nemá jen stáří vozovky, poruchy obrusné vrstvy nebo hloubkové koroze uvolňováním kameniva, ale také postupné zanášení mezer a dutin. Zanášení je nejvíce ovlivněno druhem dopravy, prašností na daném území, znečištěním vozidel a v neposlední řadě počasím v zimním období (množství sněhových srážek, mrazové cykly, intenzita tání atd.) a s ním spojenou zimní údržbou. Pravidelným čištěním obrusných vrstev jsme schopni dosáhnout meziročního snížení hluku. [28]

Graf 5: Vývoj hlučnosti vozovky - ACO, PA (měřeno metodou CPX)

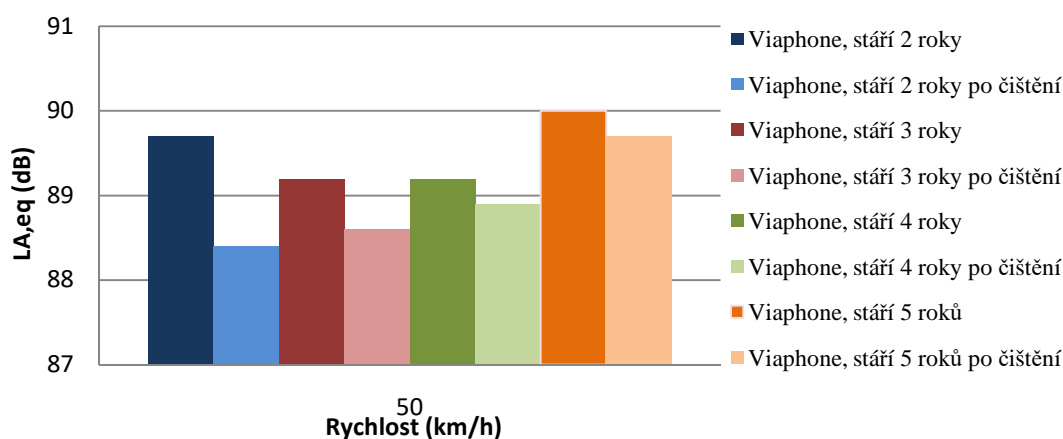


Zdroj: Vlastní zpracování na základě [29]



Graf 6 názorně ukazuje vliv čištění na hlučnost vozovky. Vyšší naměřená hodnota po dvou letech užívání je způsobena tím, že během této doby nebyla vozovka čištěna. Po dvou letech provozu proběhlo čištění a hodnota naměřeného hluku se výrazně snížila přibližně o 1,3 dB(A). V dalším roce došlo k snížení hluku po čištění o 0,6 dB(A). Jak je patrné z grafu 6, po čištění komunikace se hodnoty hluku nesníží na hodnoty naměřené po čištění v předešlém roce, což je zapříčiněno stárnutím a poškozením povrchu vozovky provozem, lze ale dosáhnout možného prodloužení její životnosti. [29]

Graf 6: Srovnání hluku Viaphone před a po čištění ulice 5. května – směr Brno úsek Na Strži - Jižní spojka, pomalý pruh (metoda CPX)



Zdroj: Vlastní zpracování na základě [29]

Velký podíl na rozvoji monitoringu hlučnosti povrchů před a po čištění má společnost EUROVIA CS, která společně s CDV každoročně vyhodnocuje měření hluku metodou CPX v Praze na ulici 5. května a Slezská. [29]

Tabulka 9: Monitoring hluku na vybraných úsecích (metoda CPX)

		2013	2013	2014	2014	2015	2015
		CDV	rozdíl	CDV	rozdíl	CDV	rozdíl
Ulice Slezská, Praha - realizace 2010/11	před čištěním	90,2		90,4		91,0	
	po čištění	89,3	-0,9	89,7	-0,7	90,3	-0,7
5. května směr Praha úsek 1 (Jižní spojka - Na Strži), pomalý pruh - realizace 2012	před čištěním	90,1		89,7		89,7	
	po čištění	89,0	-1,1	89,2	-0,5	89,4	-0,3
5. května směr Praha úsek 1 (Jižní spojka - Na Strži) levý pruh - realizace 2012	před čištěním	89,0		89,6		89,2	
	po čištění	-----	-----	88,2	-1,4	88,6	-0,6
5. května směr Praha úsek 2 (Hvězdova - Pankrácké náměstí), pomalý pruh - realizace 2011	před čištěním	89,7		89,7		89,6	
	po čištění	88,9	-0,8	89,1	-0,6	89,3	-0,3
5. května směr Praha úsek 2 (Hvězdova - Pankrácké náměstí) levý pruh - realizace 2011	před čištěním	89,2		89,8		89,5	
	po čištění	-----	-----	88,8	-1,0	89,0	-0,5

Zdroj: Vlastní zpracování na základě podkladů poskytnutých společností EUROVA CS



V případě nízkohlučných krytů vozovek položených na extravilánových komunikacích s vyšší povolenou rychlostí než 70 km/h můžeme hovořit o tzv. „samočisticím efektu“. Tento efekt vzniká při jízdě vozidla na mokřem povrchu, kdy dochází k nárazovému vtlačování vody do pórů asfaltové vrstvy a vyplachování mezer. Podstatná je zde rychlost projíždějících vozidel, protože čím rychleji dopravní prostředek jede, tím je samočisticí účinek vyšší. S ohledem na nižší maximální povolené rychlosti v intravilánu nemůžeme počítat s tímto způsobem „samočištění“, proto by měl být s vývojem protihlučných asfaltových úprav spojen rozvoj strojní techniky pro čištění těchto komunikací v městech a obcích. [28]

Již v roce 2009 byly Pražskými službami, a. s. zakoupeny první samosběrné stroje s vysokotlakým systémem čištění. V té době nebylo primárním důvodem k pořízení této technologie čištění akusticky pohltivých asfaltových vrstev, nýbrž čištění vozovek v tunelech, kde nedochází ke spláchnutí nečistot dešťovými srážkami, dále vyčištění zaneseného a zašlého vodorovného dopravní značení, odstranění mastných skvrn například po autonehodách a v neposlední řadě intenzivní čištění vozovek na výjezdech ze stavby. Ještě do roku 2013 prováděla společnost EUROVIA CS v České republice čištění na několika úsecích jen za pomoci stroje zapůjčeného od slovenské Správy ciest v Bratislavě. V minulých letech byl problém hluku řešen pokládkou nové nízkohlučné asfaltové vrstvy a o pozdější údržbě se z pohledu technického ani finančního nepřemýšlelo. Problémem totiž byly nedostatečně podložené závěry z výsledků měření hluku před a po čištění, které by vedly k intenzivnějšímu přístupu k čištění nízkohlučných povrchů. Až v roce 2013 se vysokotlaké čištění stalo devízou Pražských služeb, a. s., které rozšířily svůj vozový park o novější a účinnější stroje s technologií strojního tlakového mytí vozovek s povrchem se sníženou hlučností nebo vozovek v tunelu. Ve spolupráci s Technickou správou komunikací hlavního města Prahy (TSK) provádí každý rok údržbu a čištění vybraných úseků. Od roku 2017 disponují Pražské služby, a. s. čtyřiatřiceti zametacími stroji. Tři jsou typu samosběru s mechanickým sběrem nečistot, kdy středový válec sbírá nečistoty a pomocí dopravníku je ukládá do zásobníku (není zde využíváno vysávání) a zbylých jedenatřicet je typu Faun Viajet. V současné době není v žádných technologických předpisech upřesněno, kolikrát do roka by se měly nízkohlučné povrchy speciálně čistit. Snahou TSK a Pražských služeb,



a. s. je vyčistit strojním tlakovým čištěním nejvýznamnější komunikace s nízkohlučnou úpravou obrusné vrstvy minimálně dvakrát do roka. [28] [29]

Pražské služby, a.s. používají k technologii vysokotlakého mytí vozovek zametací stroj složený ze dvounápravového podvozku Mercedes-Benz Atego a ze samosběrné nástavby zametacího stroje FAUN Viajet 6 RLH. K procesu čištění jsou ještě zapotřebí kropicí vozy, např. nastavba silniční kropicíky od společnosti KOBIT MK - 8 na podvozku Mercedes-Benz Axor. Výhodou podvozků MB Axor je jejich univerzálnost, Pražské služby, a. s. je využívají kromě kropení i při zimní údržbě, kdy je upevněna na podvozek nastavba čelního pluhu a nastavba automatického sypače. [30]

Samotná technologie vysokotlakého čištění je založena na využití vysokotlakého rozvodu vody. Pomocí tlaku vodního paprsku je stroj schopen lépe vyčistit povrch komunikace, protože pronikne do větší hloubky nečistotami zanesených mezer a pórů. Maximální hodnota tlaku vodního paprsku je 100 až 110 bar. Vodní systém přivádí vodu pomocí vodního čerpadla s výkonem 70 l/min přes mycí lištu a mycí trysky k válcovému a talířovému kartáčům zametacího stroje FAUN Viajet 6 RLH. Technologií vysokotlakého strojního čištění je ve vozovém parku Pražských služeb vybaveno devět strojů typu Faun Viajet. V průběhu čištění je kromě kvality čistícího procesu sledována také prašnost na výstupu vzduchu ze zametacího stroje a vnější hlučnost zametacího stroje. Z tohoto důvodu FAUN Viajet 6 RLH využívá oběhový systém vzduchu, který je schopen snížit obsah prachových částic velikosti nad 10 mikrometrů (označované jako PM 10) z odváděného vzduchu o 99% a taktéž významně snížit množství prachových částic menších než 10 μ m. Dosahované hodnoty platí pouze v případě, že je vozidlo osazeno i přídatnými filtry částic PM 10. Nasátý vzduch s nečistotami je skrápěn vodou hned za sací hubicí a poté těsně před zásobníkem na nečistoty tak, aby docházelo k maximálnímu možnému zasažení a odloučení poletujících jemných prachových částic ze vzduchu. Zbytek prachových částic, které se neodloučí v zásobníku, je poté zachycen filtry nad zásobníkem. Vzduch zbaven nečistot je poté nasáván přes ventilátor a ze 70% veden zpět za nasávací vozík. Přívod tlakového vzduchu ve směru jízdy zametacího stroje má pozitivní vliv na účinnost sběru zametače. Pouze menší část nasátého vzduchu (30 %) je odváděna mimo oběhový systém zpět do okolního prostředí. To má za



následek snížení prašnosti stroje až o 50% a snížení hluku vydávaného zametacím stroje a tím pádem možnost provádění čištění i v noci a nad ránem. Nezanedbatelnou výhodou je také možnost čištění komunikací i při teplotách do $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dle technologického postupu Pražských služeb se provádí čištění při teplotách do $+3\text{ }^{\circ}\text{C}$), což je umožněno ohřátím cirkulovaného vzduchu uvnitř stroje. Tento oběhový systém vzduchu je zachycen na obrázku 20. [31] [32]

Obrázek 20: Oběhový systém vzduchu FAUN Viajet 6 RLH



Zdroj: [31]

Technologický postup vysokotlakého čištění vozovky na základě [30]:

- 1) Vedoucí práce provede prohlídku daného čištěného úseku a určí takový postup práce (začátek a směr), aby byla zajištěna bezpečnost všech zúčastněných pracovníků a obzvláště účastníků silničního provozu. V případě potřeby stanoví před zahájením čištění místa odběru technologické vody a místa vypuštění znečištěné vody.
- 2) Jako první vyjíždí na daný úsek kropicí vůz běžně s objemem cisterny $7,5$ až 10 m^3 . Ten pokropí čistou vodou pás, ve kterém bude uskutečněno vysokotlaké čištění. Pro vyšší efektivnost čištění a pro nižší prašnost procesu je velice důležité, aby čištění probíhalo jako mokrá proces. Proto by měla být vozovka po celou dobu navlhčená. Na základě místních podmínek (např. vyšší teplota vozovky) je možné zvýšit počet průjezdů kropicího vozu před čištěním.



- 3) Po zvlhčení vozovky přichází na řadu druhý kropicí vůz většinou menšího objemu (2 až 5 m³). Ten nanese pracovní rychlostí cca 5 m/s na povrch vozovky roztok detergentního prostředku, který má schopnost odstraňovat nečistoty a usazené mastnoty a tím zvyšovat účinnost strojního tlakového čištění. Jako detergent se používá 2% roztok přípravku Ultraton Strong (doporučená maximální dávka na 5 000 l vody je 100 l přípravku) vyráběný firmou NOVATO.

Obrázek 21: Nanesení detergentního prostředku



Zdroj: Vlastní fotodokumentace z průběhu čištění ulice Slezská

- 4) Následuje technologická přestávka, při které dochází k působení detergentu. Na základě klimatických podmínek, kdy nesmí dojít k vyschnutí detergentu před samotným čištěním, se určí doba přestávky nebo se zvýší množství použitého roztoku detergentu. Obvyklá doba přestávky je v rozmezí 10 až 15 minut.
- 5) Poté dochází ke strojnímu tlakovému čištění vozovky při rychlosti samosběrného vozu do 5 km/h. Čištění probíhá na základě místních podmínek v jednotlivých pásích s maximální šířkou jednoho záběru 2,3 m. Čistící vůz za sebou zanechává pouze čistý a lehce vlhký povrch vozovky. (viz obrázek 22)

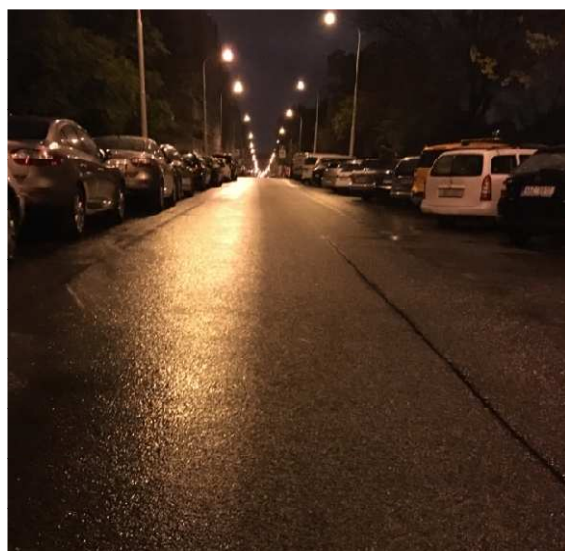


Obrázek 22: Samosběrná nástavba se speciálním vysokotlakým systémem mytí Faun Viajet na podvozku Mercedes Benz



Zdroj: Vlastní fotodokumentace z průběhu čištění ulice Slezská

Obrázek 23: Vyčištěný pravý pruh strojním tlakovým mytím



Zdroj: Vlastní fotodokumentace z průběhu čištění ulice Slezská



- 6) Na závěr dochází ke spláchnutí zbytkového detergentu. Využívá se plošného vysokotlakého spláchnutí čistou vodou, které je možné několikrát opakovat tak, aby při závěrečné kontrole čištěného úseku nezůstal na vozovce žádný zbytek detergentu, který by snižoval protismykové vlastnosti vozovky. [30]

Obrázek 24: Plošné spláchnutí vozovky čistou vodou



Zdroj: Vlastní fotodokumentace z průběhu čištění ulice Slezská

V roce 2016 rozšířily Pražské služby, a. s. vlastní vozový park o inovativní technologii Peel Jet, která dokáže díky silnému vodnímu paprsku, dosahujícímu tlaku 2 500 bar, částečně obnovit makrotexturu, plně obnovit mikrotexturu obrusné vrstvy a tím zlepšit protismykové vlastnosti vozovky, aniž by došlo ke znehodnocení vrstvy asfaltové vozovky. Kromě úpravy protismykových vlastností je technologie Peel Jet také využívána k ekologickému odstraňování vodorovného značení, k čištění olejových skvrn nebo k čištění komunikací. Po použití Peel Jetu bude povrch nepoškozený, čistý a téměř suchý, což umožňuje, že nové vodorovné dopravní značení může být aplikováno už po 20 až 30 minutách. Technologie Peel Jet se též využívá k odstranění pogumovaných povrchů odletových a příletových letištních drah. Maximální šířka jednoho záběru je 2,2 m. Ing. František Hodan popisuje v [33] pracovní proces takto: „Technologická voda je čerpána z kombinovaných zásobníků o objemu 10 m³ do vysokotlakého čerpadla a následně putuje až na povrch komunikace, kde



pomocí rotujícího disku osazeného tryskami odvede svoji práci. Voda je pak vysávána zpět do prostor na použitou vodu v zásobníku. Pracovní cyklus je uzavřený. Použitá voda se tedy nedostává volně do přírody. Celý proces je absolutně bezprašný. Za strojem zůstává pouze vlhká stopa“. Celá technologie je osazená na 11 metrů dlouhém a 2,5 metru širokém podvozku Mercedes - Benz Arocs 3240. Poprvé byl v ČR Peel Jet využit v tunelu Mrázovka dne 17. 8. 2016. [33]

Obrázek 25: Technologie Peel Jet (tunel Mrázovka)



Zdroj: [33]



6. Měřené komunikace

6.1. Měření hluku

Měření hlukové zátěže bylo založeno na podobných principech popsanych v kapitole 3.4.1. pro metodu SPB (Statistical Pass – By). Měřicí přístroj byl vždy umístěn 7,5 m od osy přilehlého jízdního pruhu, ve výšce 1,2 m nad rovinou přilehlého jízdního pruhu a kolmo k ose přilehlého jízdního pruhu. Dále dle [34] Metodického návodu pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí byla dodržena minimální vzdálenost 1 m od fasády přilehlé budovy. Vzdálenosti byly měřeny pomocí svinovacího metru o maximální délce 7,5 m.

K měření byl použit zvukoměr NORSONIC Nor131 sériového čísla 1312754 včetně pevného stativu. V instrukcích pro zvukoměr Nor131 uvádí společnost Norsonic pro frekvenční rozhraní 20 Hz až 16 kHz směrodatnou odchylku měření 0,5 dB(A). Před a po měření akustických parametrů byla pokaždé provedena kalibrace měřicího přístroje pomocí kalibrátoru NORSONIC AS 1251 výrobního čísla 31126 na 114 dB při frekvenci 1000 Hz.

Na rozdíl od metody SPB nebyla měřena jednotlivá ekvivalentní hladina akustického tlaku a rychlost projíždějících vozidel, ale byla měřena hodnota celkové ekvivalentní hladiny akustického tlaku s váhovým filtrem A, $L_{Aeq,T}$ vztažená k době trvání měření T. Význam váhových filtrů popisuje KŘÍVÁNEK A HUZLÍK [10] takto: „*Váhové filtry jsou zařízení s kmitočtovými charakteristikami, které odpovídají charakteristikám lidského sluchu a používají se ke korigování kmitočtu (zvuk v různém kmitočtu je vnímán sluchem s nestejnou citlivostí)*“. Dále byly z měřicího přístroje vyčteny hodnoty maximálního akustického tlaku L_{max} a minimálního akustického tlaku L_{min} . Doba jednoho měření byla určena na jednu hodinu v závislosti na poskytnutí hodinových intenzit dopravy Technickou správou komunikací hl. města Prahy (TSK). V průběhu měření byla zaznamenávána teplota vzduchu, vlhkost vzduchu a rychlost větru. Součástí protokolu měření byl záznam složení dopravního proudu, protože TSK poskytuje pouze celkový součet všech vozidel míjejících snímající systém bez rozlišení druhu vozidla.



Využití jen hrubého součtu všech vozidel by mohlo vést ke zkreslení výsledků, protože hodnota naměřeného hluku přímo souvisí se zastoupením jednotlivých dopravních prostředků.

Výběr nejvýhodnějšího místa pro měření hluku na daných komunikacích záviselo zejména na místních podmínkách (zástavba, parkovací místa, autobusové zastávky, parky a dětská hřiště), na vzdálenosti jiných druhů dopravy a jiných komunikací a na umístění kamerového systému snímajícího intenzitu dopravy (seznam umístění jednotlivých snímačů byl poskytnut TSK). Bylo zapotřebí vybrat místo pro uskutečnění měření tak, aby bylo dosaženo co nejmenšího ovlivnění hlukové zátěže jiným zdrojem hluku než byl hluk vznikající jízdou vozidel. Čas, ve kterém probíhalo měření, závisel na jednotlivých hodinových intenzitách dopravy. Bylo žádoucí provádět měření v dopravních špičkách tak, aby byla zaznamenána maximální možná hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a dosažena podobná intenzita dopravy před a po čištění vozovek. Dále bylo důležité zohlednění klimatických podmínek. Měření je doporučeno provádět minimálně 48 hodin po posledních dešťových srážkách a rychlost větru by neměla být vyšší než 5 m/s.

Lokality pro měření byly zvoleny na základě poskytnutých podkladů firmou EUROVIA CS. Vybrány byly ulice Slezská, K Barrandovu a 5. května, kde byla v minulosti realizována technologie Vaiphone®. Účelem měření bylo porovnání hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A naměřených před a po čištění nízkohlučného povrchu.

6.2. Ulice Slezská

6.2.1. Popis komunikace a situace měření

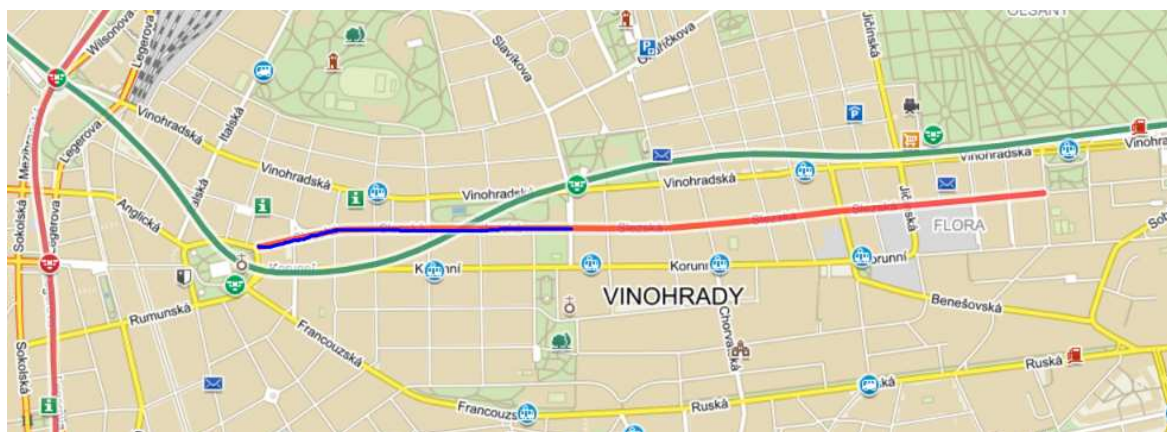
Ulice Slezská je situována na pražských Vinohradech v Praze 2. Společně s ulicemi Vinohradská, Korunní a Ruská je součástí významného dopravního tahu z jihovýchodní části Prahy do centra města. Po celé své délce cca 2 km je to komunikace jednosměrná vedoucí od náměstí Jiřího z Lobkovicz nacházejícího se nedaleko Olšanských hřbitovů k náměstí Míru. Tato komunikace je místní komunikací řadící se do funkční skupiny B



– sběrná MK s funkcí dopravně – obslužnou. Komunikace umožňuje průjezd dopravy do centra města a také představuje komunikaci zajišťující obsluhu jednotlivých objektů (zásobování a parkování místních obyvatel).

Hlavní zájmový úsek pro měření byl vybrán od ulice U Vodárny k náměstí Míru, protože v roce 2010 právě na této části ulice Slezská položila firma EUROVIA CS přes 8 100 m² tenkého asfaltového koberce typu Viaphone®. Schéma ulice Slezská i s modře vyznačeným úsekem realizovaného nového povrchu je znázorněno na obrázku 26.

Obrázek 26: Schéma ulice Slezská (modře vyznačen rekonstruovaný úsek)



Zdroj: [mapy.cz]

Skladba konstrukce vozovky [35]:

Obrusná tlumící vrstva	ABVJ I	(BBTM)	30 mm
Asfaltový beton velmi hrubý	ABVH I	(ACL 22)	50 mm
Asfaltový beton hrubý	ABH II	(ACP 16)	60 mm
Kamenivo stmelené cementem	KSC I		120 mm
Štěrkodrt' 0/32	ŠD		180 mm
		Celkem	440 mm

V úseku od ulice U Vodárny k ulici Sázavská je komunikace jednopruhová s šířkou jízdního pruhu 3,5 m, po pravé straně se nachází parkovací pás se šikmým stáním pod úhlem 60° s šířkou 4,9 m a po levé straně parkovací pruh šířky podélného parkování 2,2 m. Dále v úseku od ulice Sázavská k náměstí Míru je komunikace rozšířená do dvou pruhů, jednoho vedoucího do ulice Blanická a druhého vedoucího k náměstí Míru. V celém úseku byl vyprojektován jednostranný příčný sklon 2,5% a podélný sklon 0,5%



až 3% klesající směrem k náměstí Míru. Maximální povolená rychlost je 50 km/h. [15] [35]

Nejvýznamnější podíl na struktuře dopravního proudu, dle zaznamenávaného sčítání dopravy, mají osobní automobily, a to v průměru z 92%. Dále se na celkovém součtu všech vozidel podílejí v průměru 5% dodávky a 2% nákladní automobily a motocykly. V tabulce 10 jsou uvedeny čtyřadvacetihodinové intenzity automobilové dopravy na jednotlivých úsecích v ulici Slezská v roce 2016 dle sčítání dopravy TSK.

Tabulka 10: Sčítání dopravy v roce 2016 v ulici Slezská – v pracovní dny, za 24h

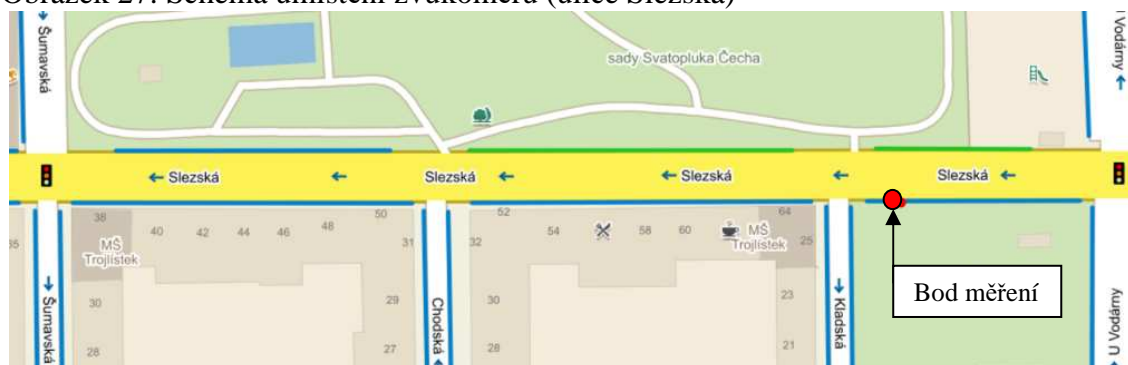
Úseky		Osobní vozidla	Pomalá vozidla	Bus MHD	Vozidel celkem
Začátek	Konec				
U Vodárny	Šumavská	5300	100	0	5400
Šumavská	Budečská	6900	100	0	7000
Budečská	Blanická	6900	100	0	7000
Blanická	Náměstí Míru	9700	100	0	9800

Pozn. Pomalá vozidla = nákladní vozidla a autobusy mimo MHD

Zdroj: [Vlastní zpracování na základě [36]]

Pro možnost porovnání hodnot hlukové zátěže naměřených v roce 2011 před a po realizaci nového povrchu s hodnotami hlukové zátěže z roku 2017 bylo umístění zvukoměru inspirováno pozicí zvukoměru při měření hluku v rámci diplomové práce [15]. Měřicí přístroj byl umístěn přibližně 15 m před křižovatkou s ulicí Kladská, v místě z obou stran přiléhajících parků. Bod umístění zvukoměru je vyznačen na obrázku 27.

Obrázek 27: Schéma umístění zvukoměru (ulice Slezská)



Zdroj: [mapy.cz]



Obrázek 28: Pozice měřicího stanoviště



Zdroj: [Vlastní fotodokumentace]

6.2.2. Výsledky a vyhodnocení měření

Samotné měření probíhalo v hodinových intervalech. Pro zajištění maximálních hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A bylo měřeno v ranní a odpolední dopravní špičce. Během dopoledního měření bylo zapotřebí eliminovat hluk mateřských školek na dětském hřišti obklopujícím bod měření, proto bylo měřeno v intervalech od 7:30 do 8:30, od 8:30 do 9:30 a od 11:30 do 12:30. Poté během odpoledne bylo měřeno ve dvou hodinových intervalech od 16:00 do 17:00 a od 17:00 do 18:00. První sada pěti měření proběhla před čištěním ulice Slezská. V úterý 25.4.2017 provedla na ulici Slezská od 22:00 do 00:00 čištění komunikace speciálním vysokotlakým čištěním nízkohlučných vozovek společnost Pražské služby, a. s. Čištění proběhlo v celém úseku komunikace s obrusnou vrstvou technologie Viaphone® od ulice U Vodárny až po náměstí Míru. Foto z čištění viz kapitola 5 Čištění a údržba nízkohlučných povrchů – technologický postup. Z důvodu nepříznivých klimatických podmínek proběhlo následné měření až týden po čištění 3. a 4.5.2017. Měření probíhalo ve stejných intervalech jako před čištěním, aby byla zajištěna vyšší pravděpodobnost podobnosti intenzity dopravy. V úseku umístěného měřicího přístroje je povolená maximální rychlost 50 km/h, většina řidičů během měření nepřekračovalo max. povolenou rychlost.



Tabulka 11: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, před rekonstrukcí v roce 2011

	začátek	konec	stav	OA	M	D	NA	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	7:30	8:30	před rekonstrukcí	318	10	31	5	364	62,8	77,7	44,8
2	7:30	8:30		279	2	39	4	324	61,2	78,9	45,1
3	7:30	8:30		311	3	35	5	354	62,5	78,7	45,8
4	7:30	8:30		282	4	33	3	322	61,5	78,2	44,8
5	7:30	8:30		270	1	34	6	311	61,9	77,8	44,6
6	16:00	17:00		257	9	23	1	290	60,5	76,7	45,5
7	16:00	17:00		269	2	25	1	297	59,9	75,2	42,6
8	16:00	17:00		276	4	19	1	300	60,4	75,1	42,5
9	16:00	17:00		294	6	19	2	321	59,7	74,2	45,0

Zdroj: [vlastní zpracování na základě výsledků z [15]]

Tabulka 12: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, po rekonstrukci v roce 2011

	začátek	konec	stav	OA	M	D	NA	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	7:30	8:30	po rekonstrukci	456	4	58	5	523	57	79,5	46,3
2	7:30	8:30		450	0	50	3	503	57,7	78,8	47,0
3	7:30	8:30		475	3	46	2	526	57,3	77,3	47,1
4	7:30	8:30		432	3	51	2	488	56,6	76,5	47,5
5	10:30	11:30		337	3	44	2	386	55,6	71,7	46,4
6	14:00	15:00		398	7	26	5	436	58,4	75	47,3
7	16:00	17:00		374	4	18	1	397	55,8	79,2	46,9
8	16:00	17:00		420	1	32	3	456	55,9	77,6	45,9
9	16:00	17:00		380	6	21	0	407	55,8	75,4	47,0

Zdroj: [vlastní zpracování na základě výsledků z [15]]

Tabulka 13: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, 18. - 25.4. 2017 a 3. - 4.5. 2017

	začátek	konec	stav	OA	M	D	NA	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	7:30	8:30	před čištěním	366	9	21	5	401	58,6	76,8	45,9
2	8:30	9:30		385	2	11	6	404	58,6	74,2	45,0
3*	11:30	12:30		336	9	32	5	382	59,2	79,2	44,8
4*	16:00	17:00		346	3	16	7	372	58,4	77,0	46,7
5	17:00	18:00		334	4	11	2	351	57,6	77,1	45,8
6	7:30	8:30	po čištění	377	1	27	6	411	58,3	78,7	46,5
7	8:30	9:30		345	4	28	7	384	58,1	80,4	44,4
8*	11:30	12:30		352	6	25	3	386	58,9	78,5	44,9
9*	16:00	17:00		338	4	16	5	363	58,1	78,1	45,6
10	17:00	18:00		332	8	14	8	362	57,0	76,5	45,1

Zdroj: [vlastní zpracování]

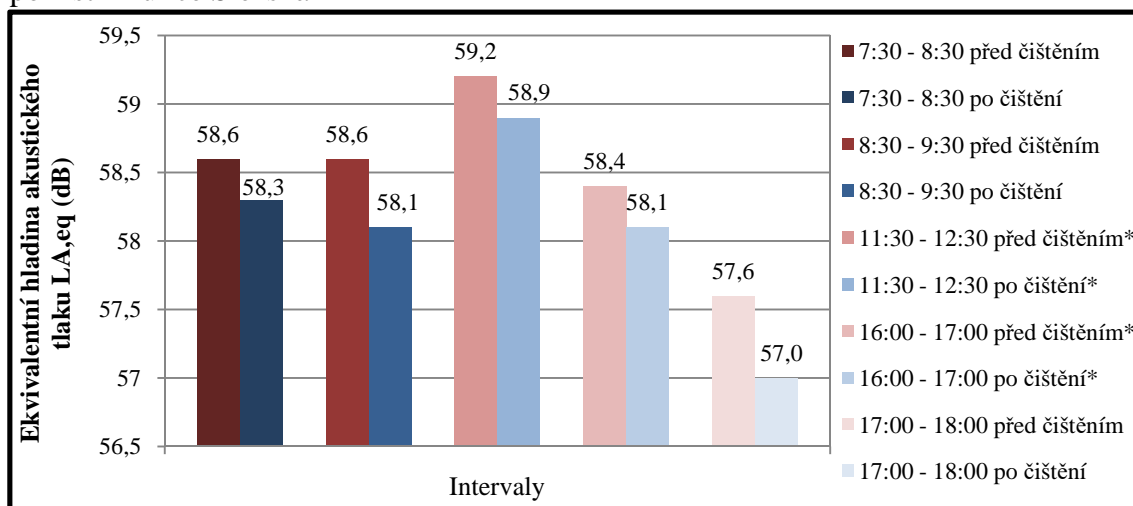
pozn.: * - před měřicím přístrojem nebylo zaparkováno auto

V tabulkách 11, 12 a 13 jsou uvedeny naměřené hodnoty ekvivalentních hladin akustického tlaku A, maximální (L_{max}) a minimální hodnoty (L_{min}) hladin hluku v jednotlivých hodinových intervalech. Dále jsou uvedeny dílčí skladby dopravního proudu, které byly v průběhu měření zaznamenávány do protokolů o měření. Hodnoty



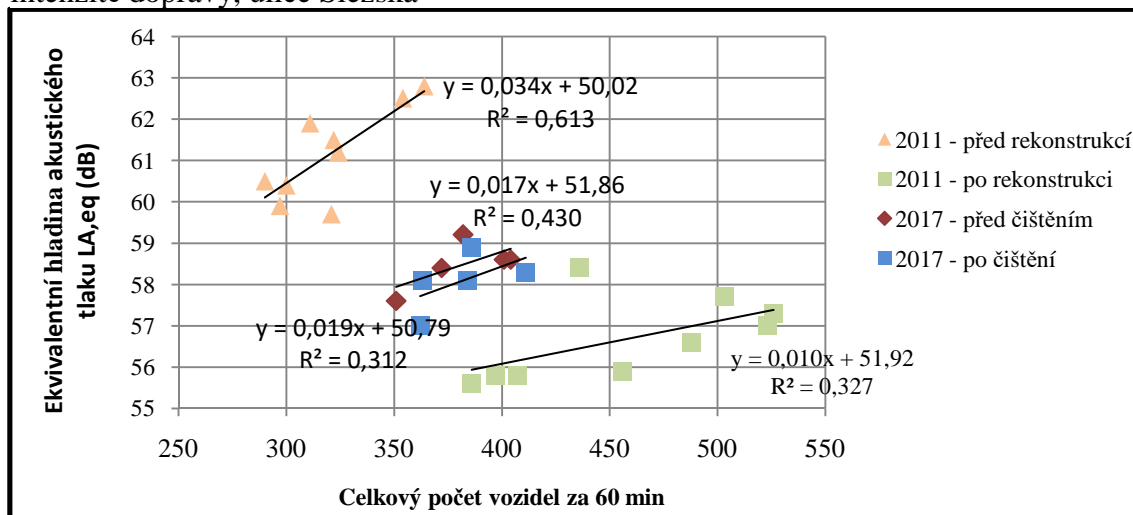
v tabulkách 11 a 12 byly získány z výsledků měření v bodě A uvedených v diplomové práci [15].

Graf 7: Srovnání naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A před a po čištění ulice Slezská



Zdroj: [Vlastní zpracování]

Graf 8: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy, ulice Slezská



Zdroj: [Vlastní zpracování]



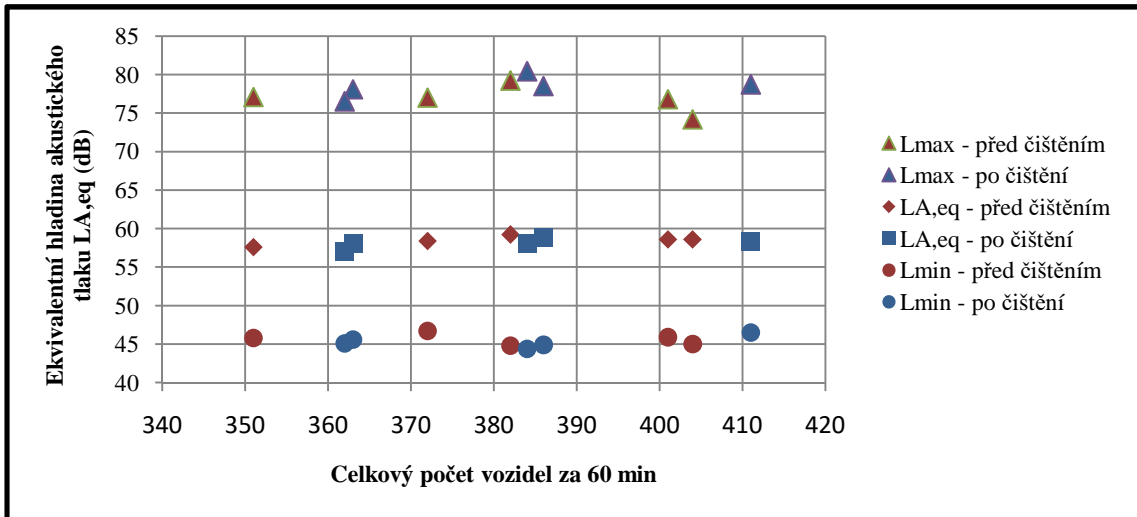
V grafu 7 jsou porovnány hodnoty ekvivalentních hladin akustického tlaku A před a po vysokotlakém čištění vozovky. Uvedené naměřené hodnoty naznačují pozitivní vliv čištění na hlukovou zátěž z automobilové dopravy. Snížení hluku se pohybovalo v rozmezí od 0,3 dB(A) do 0,6 dB(A). Přestože uváděná směrodatná odchylka měřicího přístroje 0,5 dB(A) by mohla vést k závěru, že výsledný rozdíl hodnot naměřeného hluku by mohl být chybou měření, již vykonaná a zpracovaná měření (měřeno metodou CPX) společností CDV v rámci projektu CESTI (uvedené např. v [29]) podporují závěry uvedené v grafu 7, že čištění nízkohlučných vozovek má vliv na snížení hlukové zátěže na komunikacích.

Intervaly od 11:30 do 12:30 a od 16:00 do 17:00 jsou v tabulce označeny hvězdičkou, jelikož v tuto dobu před měřícím bodem nebyl zaparkován automobil. Během měření po čištění v intervalech s hvězdičkou bylo velice důležité dodržet podmínku „bez automobilu stojícího před měřícím přístrojem“, protože při měření bez onoho automobilu stojícího před zvukoměrem byly naměřeny hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A o 0,6 až 1 dB(A), vyšší než v situaci s automobily stojícími před zvukoměrem. Jinak by mohlo dojít ke zkreslení výsledků měření. Dále byly v odpolední dopravní špičce naměřeny hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A menší než při ranní dopravní špičce, a to jak v roce 2011, tak i v roce 2017. Je to dáno zejména nižší intenzitou a menší plynulostí dopravy, způsobenou dopravou v klidu a větším výskytem obyvatel v okolí komunikace, což vedlo řidiče ke snížení rychlosti.

V grafu 8 je naznačena závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na hodinové intenzitě dopravy v roce 2011 před a po rekonstrukci a v roce 2017 před a po čištění. Vzhledem ke stárnutí povrchu vozovky, degradaci obrusné vrstvy a zanášení dutin a mezer tenkého asfaltového koberce, došlo ke snížení účinnosti nízkohlučného povrchu před čištěním o 1 – 2 dB(A) a po čištění v průměru o 1,2 dB(A). Stále se jedná o snížení hluku na hodnoty, které nepřekračují hygienický limit hluku ($L_{Aeq,limit}=60$ dB) v chráněném venkovním prostoru staveb při hluku z dopravy na hlavní pozemní komunikaci stanovené Nařízením vlády 217/2016 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.



Graf 9: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy před a po čištění, ulice Slezská



Zdroj: [Vlastní zpracování]

Obrázek 29: Detail povrchu vozovky

a) před čištěním

b) po čištění



Zdroj: [Vlastní fotodokumentace]



6.3. Ulice 5. května

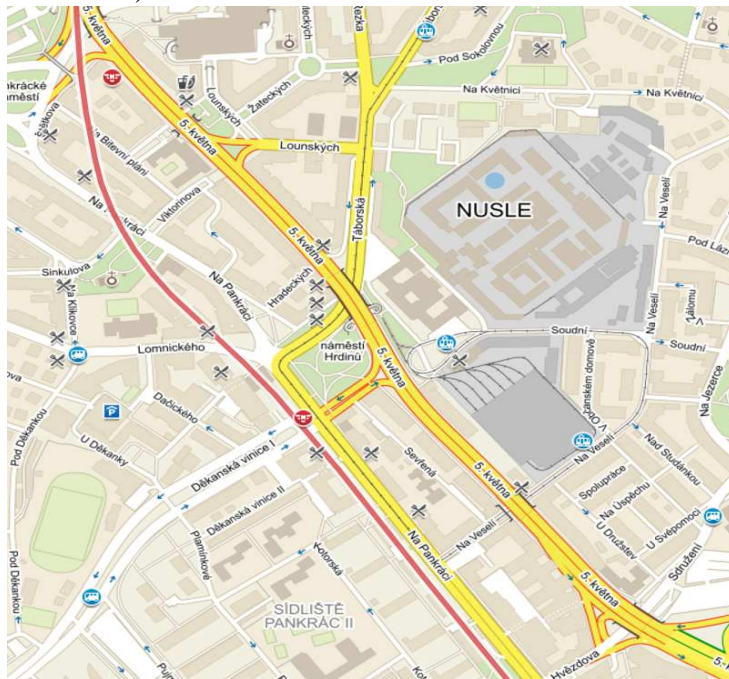
6.3.1. Popis komunikace a situace měření

K měření hlukové zátěže byla dále vybrána ulice 5. května, která je součástí Pražské magistrály. Je klasifikována jako místní komunikace funkční skupiny A (rychlostní). Tato komunikace je využívána jak vnitrostátní a mezinárodní tranzitní dopravou, tak i dopravou místní. V severní části navazuje na Nuselský most, poté v jižní části ve směru na dálnici D1 navazuje na Brněnskou ulici. Dosahuje celkové délky 6km. Je jednou z nejfrekventovanějších komunikací v celém hlavním městě. V úseku obestavěném obytnou zástavbou mezi Nuselským mostem a mimoúrovňovým křížením s ulicí Na Strži dle intenzity automobilové dopravy uvedené v [36] projíždělo v roce 2016 v obou směrech během čtyřadvaceti hodin přibližně 70 000 vozidel. V tomto množství převažují významně osobní automobily. Vjezd těžkých nákladních automobilů je zde omezen (pouze BUS a dopravní obsluha).

Z hlediska hluku je ulice 5. května jednou z nejkontroverznějších ulic v Praze. Dokonce v roce 2007 čelilo hl. město Praha žalobě Společenství vlastníků bytových jednotek v Praze 4 kvůli hlukové zátěži, která nesplňovala hygienické limity hluku staré hlukové zátěže v hodnotě 70 dB. Nejvyšší soud dal za pravdu žalobcům a i z tohoto důvodu v roce 2011 proběhla v úseku od konce Nuselského mostu až k odbočení do ulice Hvězdova rekonstrukce stávajícího povrchu v celkové délce 1,2 km [38], provedená firmou EUROVIA CS. Během rekonstrukce byla v zástavbě odfrézována stávající vrstva vozovky z litého asfaltu nebo z asfaltového betonu v tloušťce 80mm a v místech lokálních poruch v tloušťce 130 mm. Následně byla položena nová ložná vrstva ACL 16S, která byla navrhnutá v mocnosti 50 mm a obrusná vrstva Viaphone® se zvýšenou schopností tlumit hluk v tloušťce 30 mm. Součástí rekonstrukce bylo provedení akustického měření hluku z dopravy, které zhotovila společnost EKOLA group, spol. s r. o.. [35]

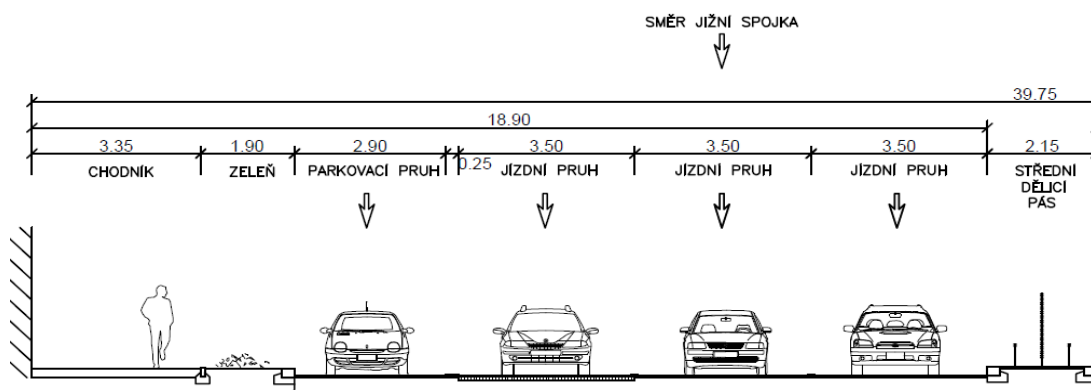


Obrázek 30: Úsek rekonstrukce ulice 5. května (od Nuselského mostu k ulici Hvězdova)



Zdroj: [mapy.cz]

Obrázek 31: Šířkové uspořádání ulice 5. května (směr, ve kterém bylo měřeno)



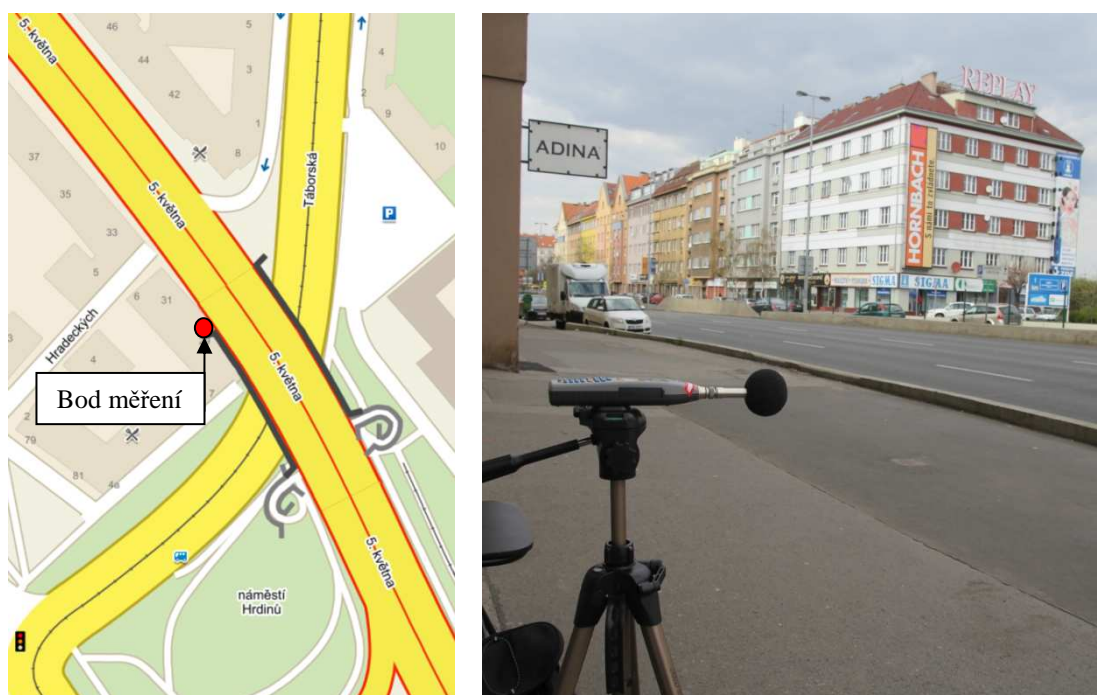
Zdroj: [37]

Vzhledem k místním podmínkám a k délce rekonstruovaného úseku na ulici 5. května bylo možné vybrat stanoviště pro měření z více možností. Hlavním kritériem pro výběr bodu pro měření bylo neovlivnění výsledné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A okolním prostředím, zejména okolními místními komunikacemi a tramvajovými trasami. Dále bylo žádoucí situovat bod měření k místu, kde byl umístěn zvukoměr



společnosti EKOLA group, spol. s r. o. v roce 2011, aby mohlo dojít k případnému porovnání výsledků z doby před a po realizaci s výsledky z roku 2017. Také s ohledem na umístění senzoru pro sčítání dopravy byl zvolen bod před bytovým domem č. p. 853/29 (v blízkosti bodu M3b společnosti EKOLA group, spol. s r. o.) přibližně 15 metrů před mimoúrovňovým křížením s ulicí Tábořská. V blízkosti umístění zvukoměru byl povrch vozovky ve velice dobrém stavu, nebyla zde nalezena žádná lokální porucha obrusné vrstvy, která by zvyšovala hladinu hluku. Ve vzdálenosti deseti metrů od bodu měření se nacházel pružný mostní závěr mimoúrovňového křížení, ale díky kvalitnímu zhotovení neměl významnější vliv na výsledné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A.

Obrázek 32: Schéma umístění zvukoměru (ulice 5. května)



Zdroj: [mapy.cz], [vlastní fotodokumentace]



6.3.2. Výsledky a vyhodnocení měření

Měření hlukové zátěže na ulici 5. května probíhalo během odpolední dopravní špičky v hodinových intervalech od 12:00 do 18:00. Termín prvního měření byl stanoven na 29.3.2017, z důvodu větší časové rezervy pro čištění vozovky a následného měření ekvivalentních hladin akustického tlaku A. Bohužel v průběhu tvorby bakalářské práce nedošlo na ulici 5. května ke speciálnímu vysokotlakému čištění povrchu vozovky. Bylo to zapříčiněno zejména vnitrofiremními problémy Technické správy komunikací hl. města Prahy, což vedlo k nevypsání veřejné zakázky, na základě které by mohly specializované firmy provést čištění povrchu obrusné vrstvy vozovky. Za těchto okolností bylo zapotřebí změnit cíl daného měření a přizpůsobit se daným podmínkám. Proto dne 4.5.2017 bylo provedeno druhé měření na ulici 5. května tak, aby byl zachycen časový průběh hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a mohlo dojít k porovnání s naměřenými hodnotami ekvivalentní hladiny akustického tlaku A společností EKOLA group, spol. s r. o. v roce 2011 před a po realizaci hlukově pohltivé technologie Viaphone®. V případě obou měření byl sledován směr z centra na dálnici D1. Sčítání dopravy bylo zajištěno detektory intenzity dopravy patřícími Technické správě komunikací hl. města Prahy.

V tabulce 14 jsou uvedeny jednotlivé naměřené hodnoty hladin akustického tlaku A v roce 2011 a 2017 se zaznamenávanou skladbou dopravního proudu. V protokolu EKOLA group, spol. s r. o. nebyly uvedeny dílčí hodnoty intenzity jednostopých motorových vozidel a nebyla při sčítání rozdělena intenzita nákladních automobilů na lehké a střední. Intenzita dopravního proudu v intervalu od 12:00 do 15:00 se nepatrně zvýšila oproti roku 2011, naopak během hlavní dopravní špičky v intervalu od 15:00 do 18:00 se snížila. V průběhu měření bylo napočítáno v každém hodinovém intervalu větší množství lehkých a středních nákladních vozidel, než tomu bylo při sčítání v roce 2011.



Tabulka 14: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici 5. května

rok 2011 EKOLA group, spol s r.o. - před rekonstrukcí

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	12:00	13:00	2266	---	61	---	0	61	12	2339	75,3	---	---
2	13:00	14:00	2289	---	43	---	1	44	20	2353	75,8	---	---
3	14:00	15:00	2269	---	37	---	0	37	15	2321	76,0	---	---
4	15:00	16:00	2761	---	40	---	2	42	16	2819	76,0	---	---
5	16:00	17:00	3104	---	26	---	0	26	17	3147	76,0	---	---
6	17:00	18:00	2737	---	22	---	0	22	21	2780	76,1	---	---

Zdroj: [vlastní zpracování na základě dat uvedených v protokolu 1106072VP, EKOLA group, spol. s r.o.[40]]

rok 2011 EKOLA group, spol s r.o. - po rekonstrukci

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	12:00	13:00	2218	---	46	---	2	48	14	2280	70,5	---	---
2	13:00	14:00	2215	---	44	---	1	45	18	2278	70,5	---	---
3	14:00	15:00	2326	---	54	---	0	54	9	2389	70,4	---	---
4	15:00	16:00	2810	---	37	---	0	37	17	2864	70,8	---	---
5	16:00	17:00	3260	---	27	---	0	27	24	3311	70,8	---	---
6	17:00	18:00	3238	---	29	---	2	31	21	3290	70,8	---	---

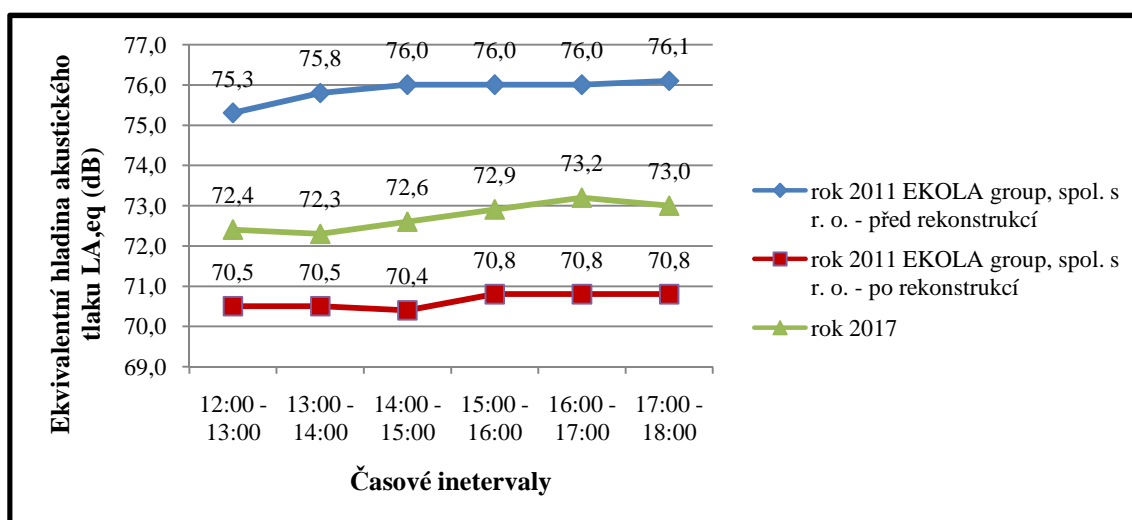
Zdroj: [vlastní zpracování na základě dat uvedených v protokolu 1106072VP, EKOLA group, spol. s r.o.[40]]

rok 2017

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	12:00	13:00	2442	15	55	3	0	58	17	2532	72,4	85,5	59,3
2	13:00	14:00	2486	14	53	3	1	57	21	2578	72,3	86,0	58,2
3	14:00	15:00	2640	20	58	5	2	65	19	2744	72,6	90,0	61,2
4	15:00	16:00	2697	17	80	15	0	95	25	2834	72,9	85,8	60,3
5	16:00	17:00	2801	23	74	14	1	89	22	2935	73,2	91,4	59,0
6	17:00	18:00	2653	31	61	9	1	71	18	2773	73,0	94,2	58,8

Zdroj: [vlastní zpracování]

Graf 10: Průběh naměřených hodinových ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici 5. května v intervalu od 12:00 do 18:00

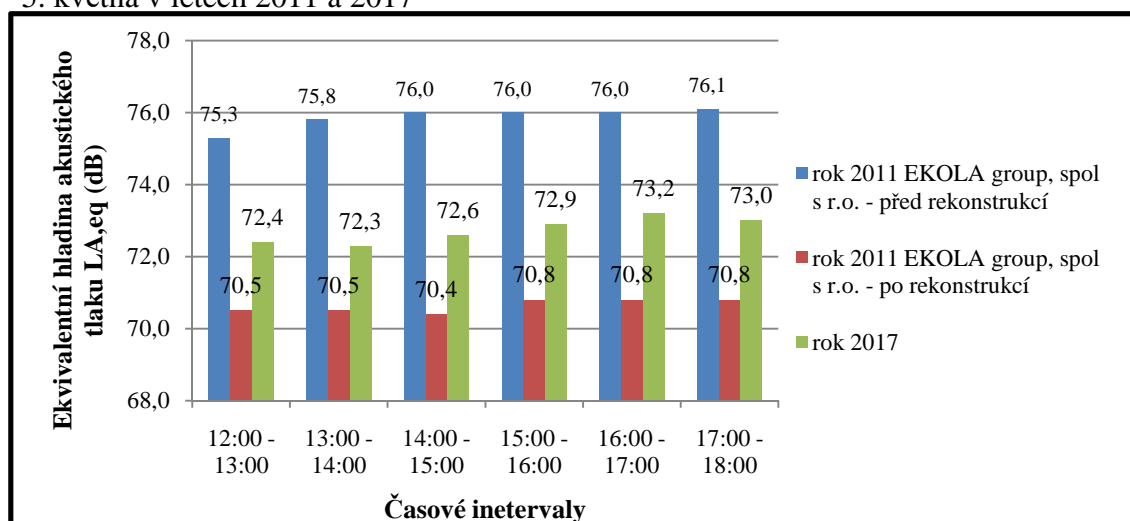


Zdroj:[Vlastní zpracování]



Graf 10 znázorňuje časový průběh ekvivalentních hladin akustického tlaku A v intervalu od 12:00 do 18:00. Je zřejmé, že během odpolední dopravní špičky v závislosti na zvyšující se intenzitě dopravy byly naměřeny vyšší hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A. Vzhledem ke stáří obrusné vrstvy byly naměřeny hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A vyšší v roce 2017 o 1,8 až 2,4 dB(A) v porovnání s měřením po realizaci nové obrusné vrstvy v roce 2011. Avšak oproti hluku naměřenému před rekonstrukcí dochází stále k významnému snížení hlukové zátěže až o 3,5 dB(A). Toto porovnání je naznačeno v grafu 11. Stále je na daném úseku nevyřešena otázka akustické situace v chráněném venkovním prostoru staveb dle nařízení vlády č. 217/2016 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, protože je zde prokazatelně překročen hygienický limit staré hlukové zátěže 70 dB(A). Již několik let je vedena diskuze na téma snížení hlukové zátěže na ulici 5. května. Ke zlepšení akustické situace na severojižní magistrále by vedlo zejména omezení tranzitní dopravy v Praze. Ke snížení intenzity by mohlo dojít dokončením Městského vnitřního okruhu Prahy v části mezi Balabenkou a Štěrboholskou radiálou, zlepšením dopravního propojení mezi čtvrtěmi nebo zavedením mýtného. Akustická situace na ulici 5. května je otázkou pro odborníky a pro dopravní studie většího rozsahu.

Graf 11: Srovnání naměřených ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici 5. května v letech 2011 a 2017



Zdroj: [Vlastní zpracování]

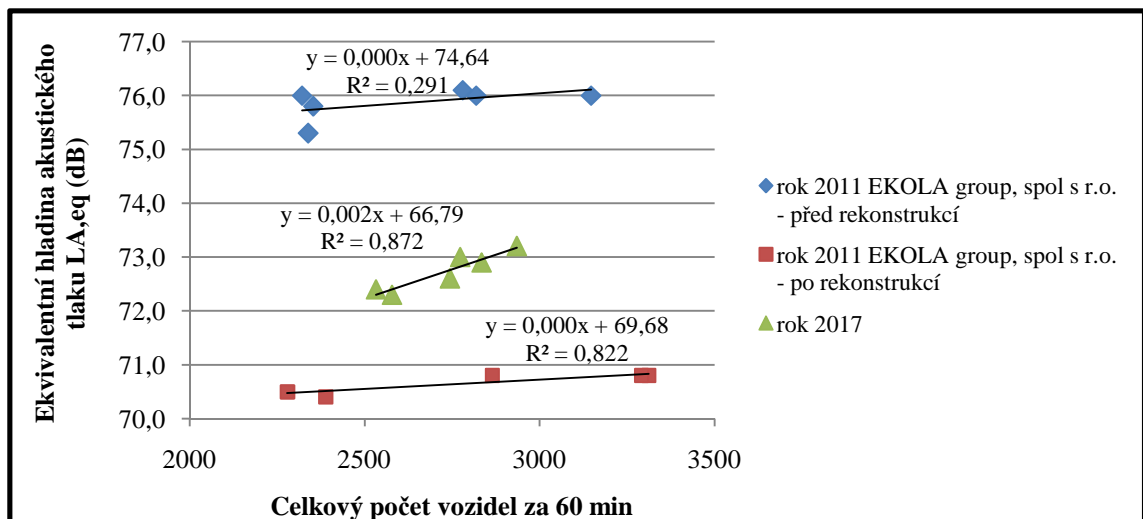


Jak uvádí ve své studii architekt Škarda [40], snížení intenzity dopravy by mohlo vést k zušlechtění celé třídy 5. května, například redukcí počtu jízdních pruhů, odstraněním betonových a ocelových svodidel, vytvořením městského bulváru ze středního zeleného dělicího pásu s cyklostezkou a s pásem pro pěší.

Aby nedošlo ke zvýšení hlukové zátěže na hodnoty z doby před položením akusticky pohltivé obrusné vrstvy, je zapotřebí omezit zanesení a znečištění obrusné vrstvy pravidelnou údržbou a čištěním. Vliv čištění na naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na ulici 5. května je uveden v 5. kapitole – Čištění a údržba nízkohlučných povrchů v grafu 6 (str. 50).

V grafu 12 je uvedena závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na počtu projetých vozidel na ulici 5. května za 60 minut. Se vzrůstající intenzitou dopravy dochází v roce 2017 ke zvýšení naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A maximálně o 0,9 dB(A).

Graf 12: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy, ulice 5. května



Zdroj: [Vlastní zpracování]



Obrázek 33: Pohled od bodu měření, ulice 5. května



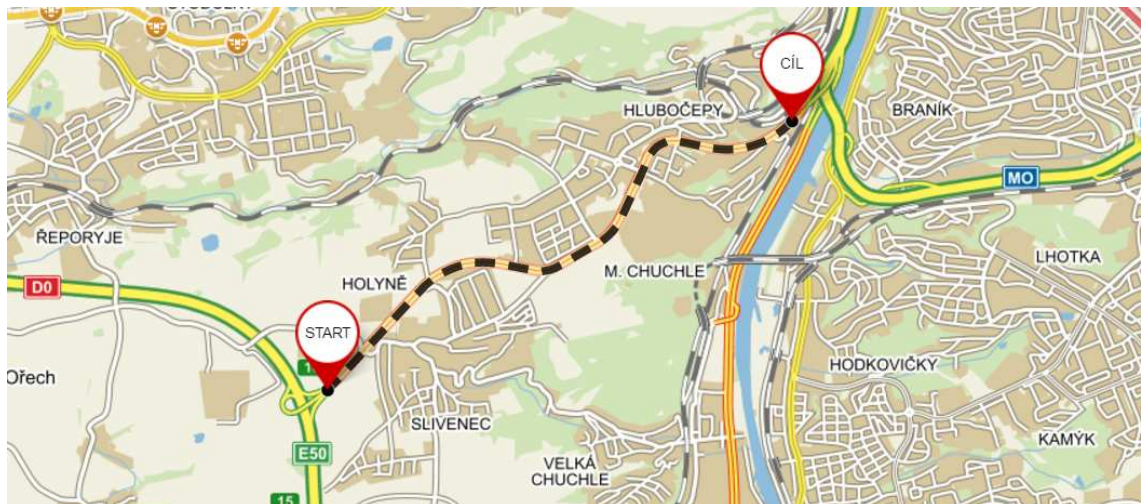
Zdroj: [Vlastní fotodokumentace]

6.4. Ulice K Barrandovu

6.4.1. Popis komunikace a situace měření

Pro poslední měření hlukové zátěže byla vybrána komunikace na ulici K Barrandovu nacházející se na Praze 5. Ve směru z centra od Barrandovského mostu propojuje Městský vnitřní okruh s Pražským okruhem. Jedná se o významně dopravně zatíženou místní komunikace funkční skupiny B – MK sběrná s úroňovými křižovatkami se světelnou signalizací.

Obrázek 34: Schéma ulice K Barrandovu



Zdroj: [mapy.cz]

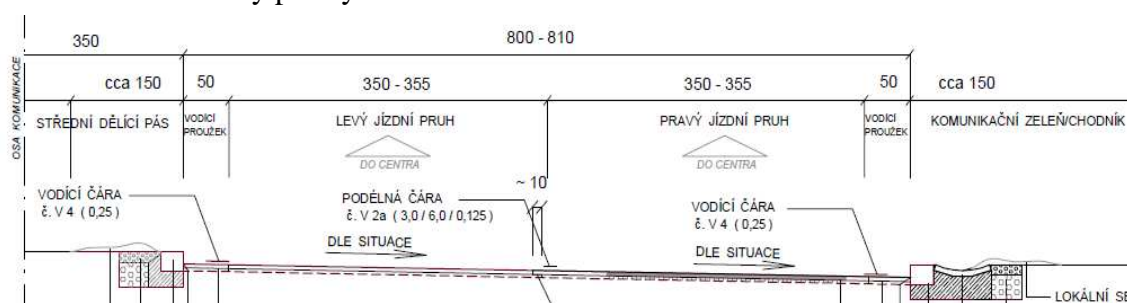
Zejména před rokem 2010, než byla dokončena jižní část Pražského okruhu propojující dálnice D1 a D5, přebírala úlohu Pražského okruhu, kdy ulicí K Barrandovu projíždělo velké množství nákladních vozidel. Po zmíněném dokončení části Pražského okruhu



a zákazu vjezdu nákladním vozidlům nad 12 tun došlo v roce 2011 na ulici K Barrandovu k významnému snížení počtu nákladních vozidel až o 70%. [41]

Komunikace je směrem od centra ke křižovatce s ulicí Pod Habrovou čtyřpruhová směrově nerozdělená, v následujícím úseku až k mimoúrovňovému křížení s Pražským okruhem čtyřpruhová směrově rozdělená středním zatravněným dělicím pásem šířky 3,5 m. Jízdní pás je tvořen dvěma jízdními pruhy šířky 3,5 m. V prostoru před světelně řízenými křižovatkami se komunikace povětšinou rozšiřuje na tři řadící pruhy. Celková délka ulice K Barrandovu je přibližně 5,4 km. Ve směru do centra od Pražského okruhu je komunikace stále pozvolně klesající k ulici Štěpařská, následuje strmější klesání s max. podélným sklonem 6% až k Barrandovskému mostu. Příčný sklon je jednostranný proměnný v závislosti na dané situaci. V úseku od Pražského okruhu ke křižovatce s ulicí Lamačova je max. povolená rychlost 70 km/h s tím, že od křižovatky s ulicí Štěpařská až po Barrandovský most je omezena max. povolená rychlost pro nákladní vozidla na 40 km/h. Dále je v úseku od ulice Lamačova max. povolená rychlost snížena na 50 km/h. [42]

Obrázek 35: Vzorový příčný řez komunikace K Barrandovu ve směru do centra



Zdroj: [42]

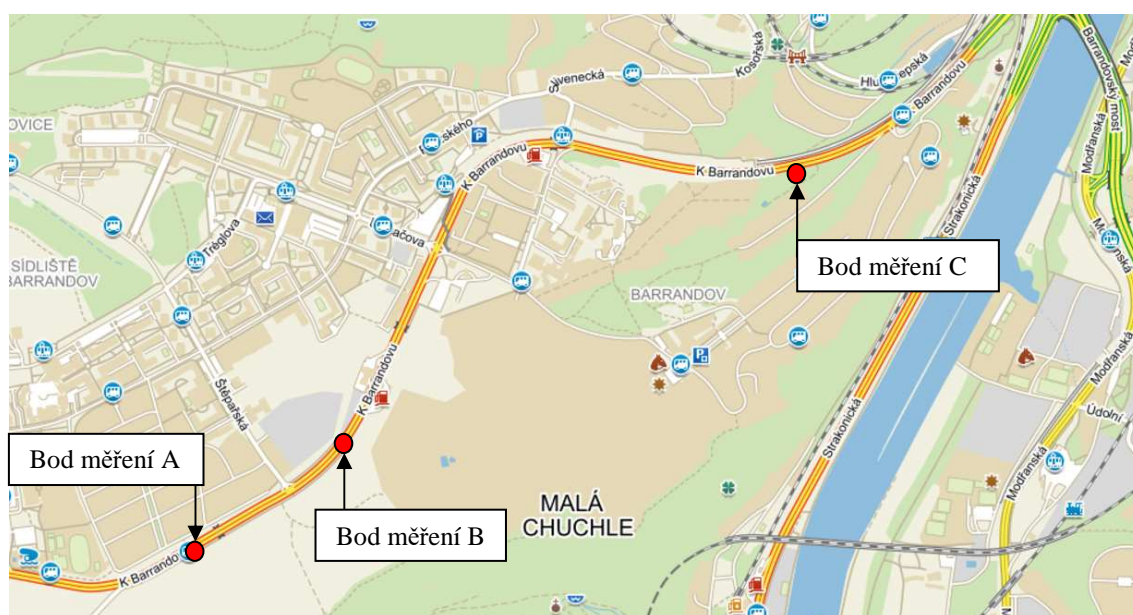
Od roku 2010 pravidelně probíhají rekonstrukce vozovky komunikace K Barrandovu. Celý úsek komunikace byl rozdělen na několik etap. Vzhledem k odvedení významné části nákladní dopravy z ulice K Barrandovu dokončením jižní části Pražského okruhu mohla proběhnout v roce 2010 první oprava vozovky v úseku od Barrandovského mostu k ulici Lamačova ve směru z centra. Na tomto úseku byla využita technologie Viaphone® firmy EUROVIA CS. Na dalších realizovaných úsecích byl položen nízkohlučný mastixový koberec SMA 8-NH firmou PORR a. s.. První pokládka



proběhla v 09/2011 (úsek do centra mezi ul. Wassermannova – Štěpařská), druhá pokládka proběhla v 09/2012 (úsek z centra mezi ul. Štěpařská– Wassermannova), třetí pokládka proběhla v roce 2013 (úsek z centra mezi ul. Lamačova – Štěpařská) a čtvrtá pokládka proběhla v roce 2015 (úsek z kopce mezi ul. Štěpařská – Lamačova). [38] [43]

Na komunikaci K Barrandovu byly vybrány tři měřicí body A, B, a C. Každý měřicí bod byl situován na jiný úsek komunikace tak, aby mohlo dojít k porovnání současné hlukové zátěže na odlišných druzích obrusné vrstvy s přihlédnutím k jejich stáří. Dále bylo žádoucí umístit body měření ve směru do centra, protože je zde komunikace klesající a tím dochází z větší části k eliminaci vlivu hnací jednotky automobilu na hluk. Rozmístění bodů měření je zobrazeno na obrázku 36.

Obrázek 36: Schéma umístění měřicích bodů na ulici K Barrandovu



Zdroj: [mapy.cz]

Bod A se nachází u autobusové zastávky Nový Slivenec přibližně 275 m od křižovatky s ulicí Štěpařská. Autobusová zastávka není frekventovaná, proto nedocházelo k ovlivnění hluku přítomnými autobusy ani lidmi na autobus čekajícími. Na tomto úseku měření byla položena v roce 2011 obrusná vrstva SMA 8-NH. Ve sledované



oblasti komunikace je zástavba, proto je naproti pozici zvukoměru postavena protihluková stěna výška 2,5 m, která chrání obyvatele přilehlých domů před hlukem. Bod měření B byl situován přibližně 200 m za křižovatku s ulicí Štěpařská. I zde byl položen nízkohlučný asfaltový koberec mastixový SMA 8-NH, konkrétně v roce 2015. Rozdíl kvality a opotřebení povrchu vozovky různého stáří je zobrazen na obrázku 37. Na úsecích s měřicími body A a B je maximální povolená rychlost upravena svislým dopravním značením na 70 km/h, a v úseku, kde byla měřena hluková zátěž v měřicím bodu B, je snížena maximální povolená rychlost nákladním automobilům nad 3,5 t na 40 km/h. Poslední měřicí bod C byl umístěn přibližně 500 m od křižovatky s ulicí Geologická. V tomto úseku se v šířkovém uspořádání místní komunikace ve směru z centra nachází tramvajový pás. Komunikace je zde vedena v zářezu. Zde je omezena maximální povolená rychlost na 50 km/h a pro nákladní vozidla nad 3,5 t platí maximální povolená rychlost 40 km/h. Stávající obrusná vrstva vozovky v úseku měřicího bodu C nemá nízkohlučnou úpravu (pravděpodobně se jedná o obrusnou vrstvu typu ABS (ACO 11)). V roce 2007 zde proběhla jen drobná rekonstrukce povrchu této vozovky. Ani na jednom z daných úseků nebyly před měřicím přístrojem ve větší míře spatřeny lokální poruchy obrusné vrstvy.

Obrázek 37: Detail obrusné asfaltové vrstvy SMA 8-NH (vlevo realizace 2011, vpravo realizace 2015)



Zdroj: [Vlastní fotodokumentace]



Obrázek 38: Umístění jednotlivých měřicích bodů na ulici K Barrandovu



Zdroj: [Vlastní fotodokumentace]



6.4.2. Výsledky a vyhodnocení měření

Vzhledem k tomu, že v průběhu tvorby bakalářské práce nedošlo ke speciálnímu vysokotlakému čištění komunikace K Barrandovu, došlo ke změně cíle měření. Bylo snahou porovnat ekvivalentní hladiny akustického tlaku A vznikající na vozovkách vyznačující se odlišným typem obrusné vrstvy a stářím. Opět byly stanoveny hodinové intervaly v rozmezí od 14:00 do 18:00. Sčítání dopravy bylo zajištěno detektory intenzity dopravy patřící Technické správě komunikací hl. města Prahy.

V tabulce 15 jsou uvedeny naměřené hodnoty ekvivalentních hladin akustického tlaku A s intenzitami dopravy na jednotlivých měřicích stanovištích. Největších intenzit dopravy bylo dosaženo vždy mezi 15:00 a 17:00. Skladbu dopravního proudu tvoří zejména osobní automobily (cca z 88%), z 10% nákladní automobily a ve zbylých dvou procentech jsou zahrnuta jednostopá motorová vozidla a autobusy.

Tabulka 15: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici K Barrandovu

Měřicí bod A - SMA 8-NH (2011)

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	14:00	15:00	1071	5	158	38	5	201	12	1289	71,5	88,4	41,8
2	15:00	16:00	1270	6	125	27	6	158	12	1446	71,2	86,2	36,9
3	16:00	17:00	1211	16	80	28	0	108	10	1345	71,0	81,4	41,0
4	17:00	18:00	1159	12	82	22	1	105	9	1285	71,2	83,9	42,7

Zdroj: [vlastní zpracování]

Měřicí bod B - SMA 8-NH (2015)

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	14:00	15:00	1020	11	104	33	5	142	5	1178	67,2	81,1	45,3
2	15:00	16:00	1148	22	110	26	2	138	5	1313	67,3	79,9	47,0
3	16:00	17:00	1255	20	86	22	0	108	2	1385	67,0	83,6	40,8
4	17:00	18:00	1001	14	83	18	5	106	5	1126	66,3	83,0	39,2

Zdroj: [vlastní zpracování]

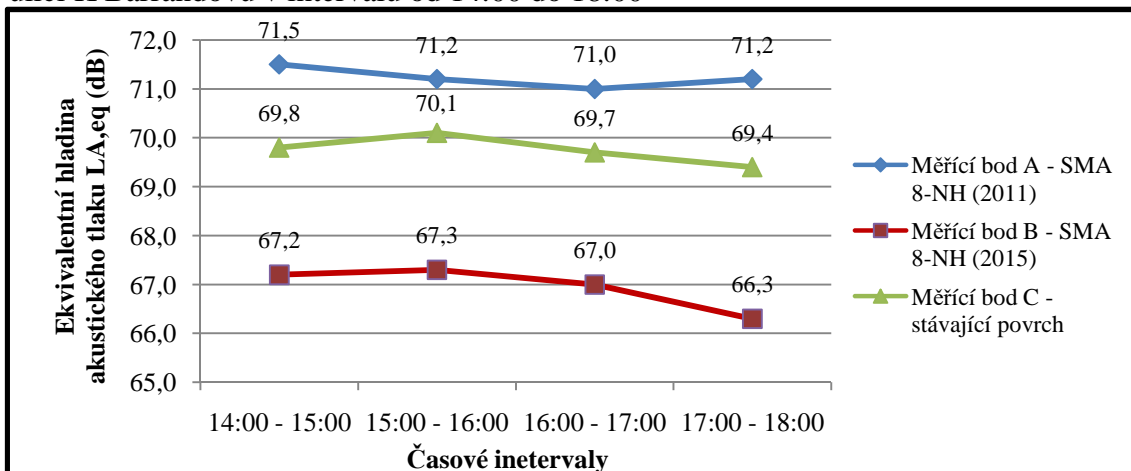
Měřicí bod C - stávající povrch

měření číslo	začátek	konec	OA	M	LN	SN	TN	NA - celkem	BUS	celkem vozidel	Leq,A (dB)	Lmax	Lmin
1	14:00	15:00	1221	3	95	29	5	129	9	1362	69,8	80,8	52,4
2	15:00	16:00	1309	4	110	41	5	156	13	1482	70,1	81,7	56,2
3	16:00	17:00	1399	7	87	23	2	112	8	1526	69,7	89,7	55,1
4	17:00	18:00	1273	8	88	25	2	115	10	1406	69,4	87,2	52,9

Zdroj: [vlastní zpracování]



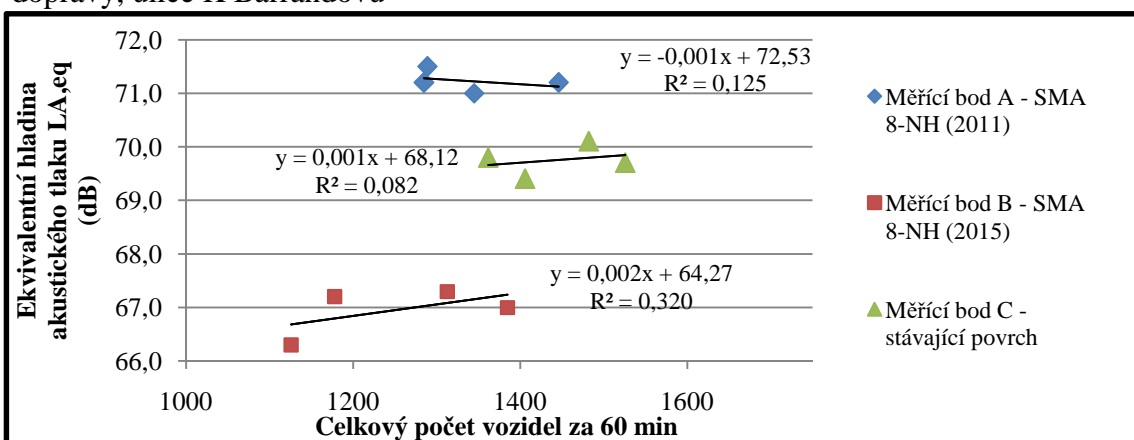
Graf 13: Průběh naměřených hodinových ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici K Barrandovu v intervalu od 14:00 do 18:00



Zdroj: [Vlastní zpracování]

V grafu 13 je zaznamenán průběh naměřených hodinových ekvivalentních hladin akustického tlaku A. Nejvyšší hodnota v měřicím bodě A byla naměřena v intervalu 14:00 až 15:00, ačkoliv na tomto úseku byla během čtyř hodin zaznamenána nejmenší hodinová intenzita dopravy. Vyšší hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku A mohla být způsobena dvojnásobným počtem nákladních automobilů nebo plynulejší jízdou na volnější komunikaci, kdy automobily mohou jet vyšší rychlostí. V měřicím bodě B a C měly hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A předpokládanou tendenci, se snižující se intenzitou dopravy dochází ke snížení hlukové zátěže. Tyto závěry jsou patrné i z grafu 14.

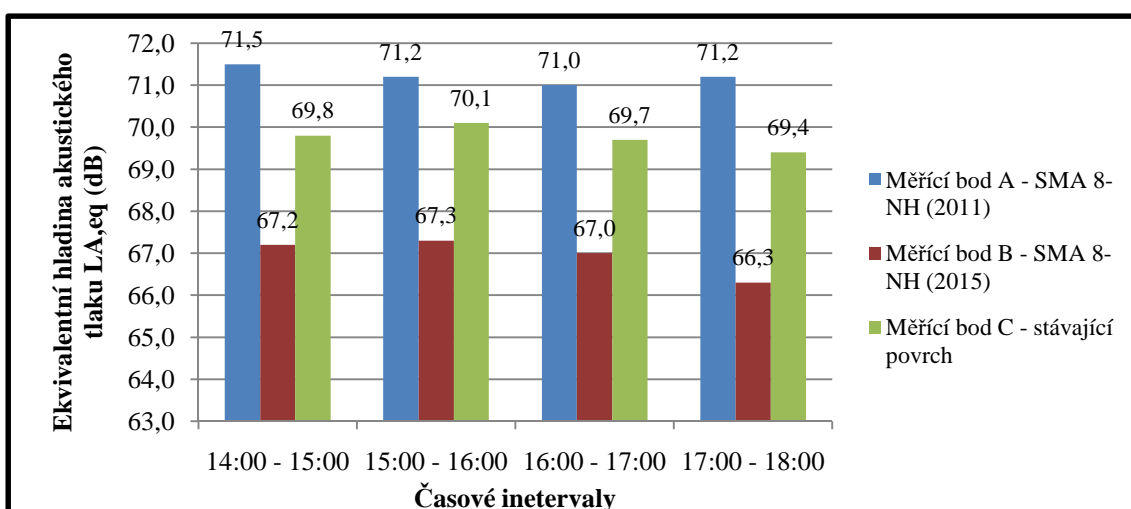
Graf 14: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny hluku A na intenzitě dopravy, ulice K Barrandovu



Zdroj: [Vlastní zpracování]



Graf 15: Srovnání naměřených ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici K Barrandovu



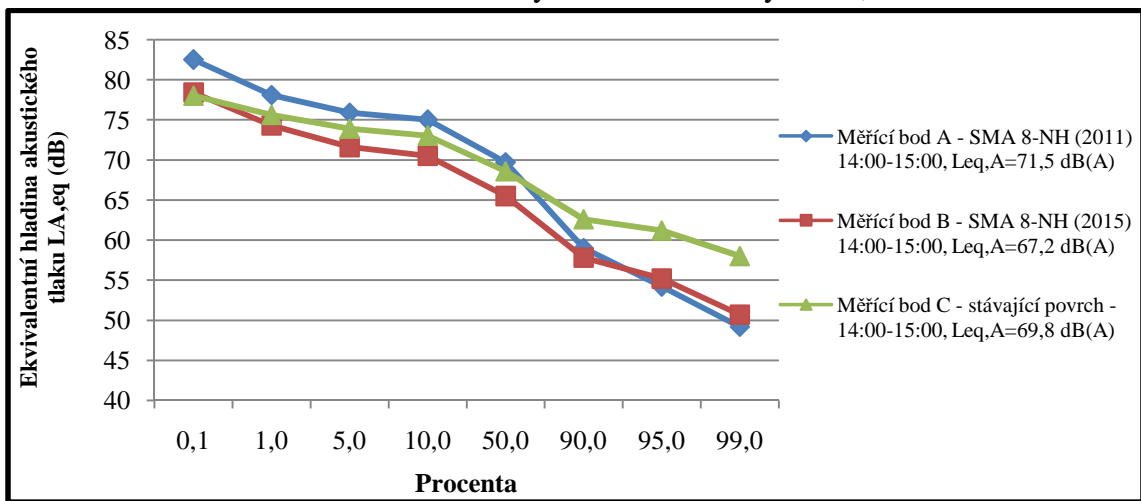
Zdroj: [Vlastní zpracování]

Graf 15 uvádí porovnání naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na jednotlivých typech obrusné vrstvy. Rozdíl naměřené hlukové zátěže mezi SMA 8-NH (2011) a SMA 8-NH (2015) činí 3,9 až 4,9 dB(A). V roce 2016 společnost CDV provedla měření hluku na styku pneumatiky a vozovky metodou CPX a tehdy byl rozdíl mezi oběma výše zmíněnými úseky 3 dB(A) (Tabulka 16, str. 83). Při porovnání úseků s měřicími body A a B není jediným faktorem výrazného snížení hluku odlišné stáří vozovky, ale také to, že v úseku měřicího bodu B je snížena max. povolená rychlost nákladním automobilům nad 3,5 t na 40 km/h. To samozřejmě zpomaluje nejen nákladní vozidla, ale také osobní automobily jedoucí za nimi. Dále je tu rychlost vozidel ovlivněna světelně řízenou křižovatkou s ulicí Štěpařská, která nejenže pouští vozidla ve vlnách, což zapříčiňuje delší intervaly bez zvýšeného hluku, ale jízda ve vlně vozidel neumožňuje některým vozidlům zrychlit na max. povolenou rychlost 70 km/h. Také je zde omezen vliv jedoucích aut ve směru z centra, protože dochází na křižovatce s ulicí Štěpařská ke tvoření kolony a tím pádem k pomalé jízdě vozidel. U povrchu bez nízkohlučných vlastností v úseku C dochází k navýšení hlukové zátěže oproti SMA 8-NH (2015) o 2,6 až 3,1 dB(A), ačkoliv je zde maximální povolená rychlost omezena na 50 km/h (40 km/h pro nákladní vozidla). Kromě stavu obrusné vrstvy má na vyšší hlukovou zátěž vliv také vyšší intenzita dopravy a plynulejší doprava v místě měřicího bodu C, protože v místě křížení s ulicí Geologická je nejintenzivnější



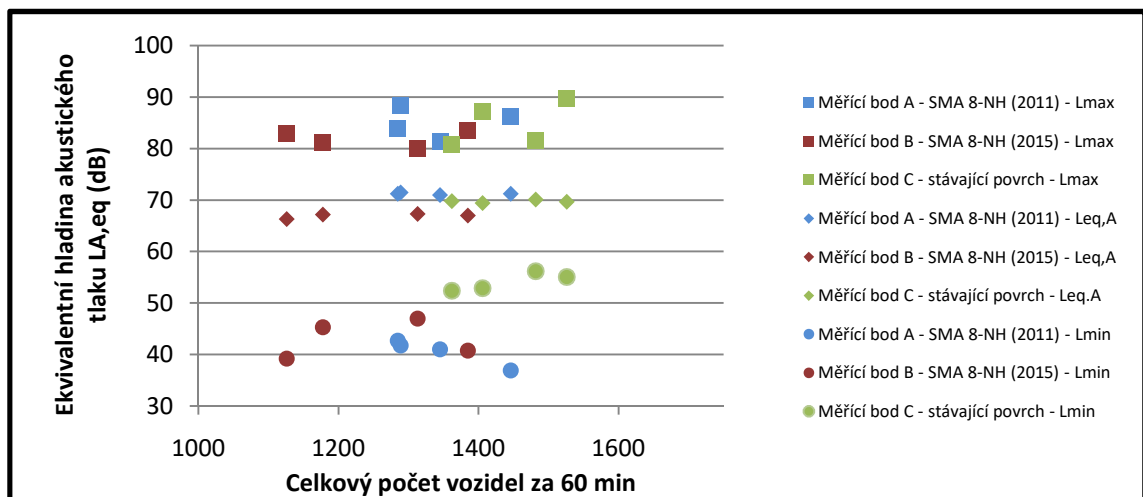
směr po hlavní komunikaci. Významný vliv na hluk v bodě C má také směr z centra, protože od Barrandovského mostu není plynulost provozu v podstatě ovlivněna. Tato plynulost je naznačena v grafu 16, kde je znázorněno procentuální složení hlukové zátěže za hodinu měření a v grafu 17, kde jsou uvedeny maximální a minimální hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A. Z grafu 16 je možné vypočítat, že 95% času z hodinového intervalu dosahovala hladina hluku hodnoty v měřicím bodě C minimálně 61,2 dB(A) oproti bodu A - 54,2 dB(A) (popřípadě bodu B - 55,2 dB(A)).

Graf 16: Procentuální rozložení naměřených hodnot hladiny hluku, ulice K Barrandovu



Zdroj: [Vlastní zpracování]

Graf 17: Minimální a maximální hodnoty hluku na ulici K Barrandovu



Zdroj: [Vlastní zpracování]



Dále je možné z výsledků uvedených v grafu 15 vyčíst zřejmý rozdíl mezi ekvivalentními hladinami akustického tlaku A v bodě měření A a C. Ačkoliv je intenzita dopravy v řezu měřicího bodu C vyšší a obrusná vrstva zde nemá nízkohlučnou úpravu, vlivem snížení maximální povolené rychlosti o 20 km/h dochází ke snížení hlukové zátěže o 1,1 až 1,8 dB(A).

Tabulka 16: Naměřené hodnoty hladiny hluku v jednotlivých letech metodou CPX, ulice K Barrandovu

Popis			Naměřené hodnoty metodou CPX			
Měřený úsek	Rok pokládky	Typ povrchu	CDV 2013 [dB]	CDV 2014 [dB]	CDV 2015 [dB]	CDV 2016 [dB]
Konec mostu na ulici K Barrandovu – Lamačova (do kopce)	2011	Viaphone	89,2±1,0	89,7±1,0	90,2±1,0	90,6±1,0
Lamačova – Štěpářské (do kopce)	2013	SMA8-NH	xxx	88,1±1,0	89,1±1,0	90,0±1,0
Štěpářská – Wassermanova (do kopce)	2012	SMA8-NH	89,3±1,0	90,1±1,0	90,7±1,0	91,2±1,0
Wassermanova – Štěpářská (z kopce, měřicí bod A)	2011	SMA8-NH	90,0±1,0	90,6±1,0	90,9±1,0	91,4±1,0
Štěpářská – Lamačova (z kopce, měřicí bod B)	2015	SMA8-NH	xxx	xxx	xxx	88,4±1,0

Zdroj: [43]



Závěr

Hluk, vznikající z automobilové dopravy, je jedním z nejvýznamnějších zdrojů hluku v blízkosti zastavěných území. Snahou odborníků je vytvoření takových technických opatření, která by vedla ke snížení hlukové zátěže a ke zlepšení životního prostředí obyvatel. Hluk, pocházející z hnací jednotky automobilu a nevhodně navržené karoserie, se daří díky stálému technickému vývoje snižovat na přijatelnou úroveň. Do popředí zájmu se tak dostává eliminace hluku vznikajícího na styku pneumatiky vozidla s vozovkou. Na tuto problematiku byla zaměřena tato bakalářská práce, která se zabývala akusticky pohltivými asfaltovými povrchy, tj. typem SMA NH, PA, BBTM, dále vymývaným betonem a nátěrovými technologiemi. Na základě podpory a spolupráce s firmou EUROVIA CS byla pozornost speciálně věnována technologii nízkohlučné obrusné asfaltové vrstvy Viaphone®, vyvinuté firmou EUROVIA CS.

V praktické části jsem se nejprve zabýval údržbou a čištěním akusticky pohltivých asfaltových povrchů. Pro účely bakalářské práce byla využita spolupráce s Pražskými službami a. s., které se starají o údržbu ulic v Praze a mají bohaté zkušenosti s vysokotlakým čištěním nízkohlučných vozovek. Na základě osobní účasti při vysokotlakém čištění a informací, poskytnutých společností Pražské služby a. s., bylo možné popsat technologický postup strojního tlakového mytí vozovek s povrchem se sníženou hlučností. V závěru kapitoly jsem se věnoval nové speciální technologii Peel Jet, která byla zakoupena Pražskými službami v roce 2016 a je určena pro zlepšení protismykových vlastností vozovky, ekologické odstranění vodorovného značení, čištění olejových skvrn a čištění komunikací.

Dále jsem se v praktické části zabýval analýzou naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A. Cílem bylo zhodnotit vliv vysokotlakého speciálního čištění na hlukovou zátěž vznikající z automobilové dopravy. Naměřená data a vybrané lokality jsou v této práci podrobně popsány a vyhodnoceny. Pro měření akustických parametrů byly vybrány tři lokality nacházející se v Praze, které se od sebe lišily intenzitou dopravy, skladbou dopravního proudu nebo polohou vůči městskému



osídlení. Měření probíhalo v hodinových intervalech dle základních principů měřicí metody SPB (Statistical Pass – By, neboli Statická metoda při průjezdu).

První měřený úsek byl vybrán v ulici Slezská v centru Prahy. Tato místní komunikace je jednosměrná, s maximální intenzitou dopravy do 450 vozidel za hodinu. Měření probíhalo během ranní i odpolední dopravní špičky. Měřicí bod se nacházel v místě komunikace lemované po obou stranách vzrostlými stromy.

Druhý měřený úsek se nacházel na severojižní magistrále na ulici 5. května. Jedna z dopravně nejintenzivnějších místních komunikací, s až třemi tisíci projetími vozidly za hodinu, se nachází v úseku od Nuselského mostu k dálnici D1. V úseku měřicího bodu je komunikace šestipruhová, směrově rozdělená dělicím pásem z betonových svodidel. Měřicí bod byl situován v místě hustě obestavěném činžovními domy. Měření proběhlo během odpolední dopravní špičky.

K třetímu měření došlo na ulici K Barrandovu. Tato komunikace se lišila oproti předešlým komunikacím polohou (periférie Prahy), šířkovým uspořádáním (komunikace čtyřpruhová, směrově rozdělena zeleným dělicím pásem) a druhem obrusné vrstvy (SMA 8-NH). Měření opět probíhalo v odpolední dopravní špičce, kdy měřenými úseky projíždělo maximálně 1 500 vozidel za hodinu. Z důvodu porovnávání vlivu stárnutí obrusné vrstvy, byly na této komunikaci vybrány tři měřicí body s různým druhem a stářím obrusné vrstvy.

Z naměřených hodnot ekvivalentních hladin akustického tlaku A před a po čištění nízkohlučného povrchu Viaphone® v ulici Slezská vyplývá snížení hlukové zátěže vlivem vysokotlakého čištění o 0,3 až 0,6 dB(A). Po čištění bylo možné pouhým okem spatřit patrný rozdíl mezi zaneseným a vyčištěným povrchem. Dále byl vyhodnocen vliv stárnutí vozovky na akustické vlastnosti asfaltového povrchu. Ačkoliv v daném měřeném úseku nebyly po šesti letech od rekonstrukce způsobeny žádné lokální poruchy, které by zvyšovaly hlukovou zátěž, byly naměřeny hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A vyšší o 1 – 2 dB(A). Dá se předpokládat, že bez pravidelné údržby a speciálního čištění v kombinaci se stárnutím vozovky, by mohly v budoucnu hodnoty hlukové zátěže stoupnout nad hygienický limit hluku. Přestože byly naměřené



hodnoty hlukové zátěže po čištění nižší, bylo vhodné porovnat hladiny akustického tlaku A po čištění i na významnější a frekventovanější místní komunikaci, kde je hluk z automobilové dopravy dominantním zdrojem hluku. Právě za tímto účelem byly vybrány ulice 5. května a K Barrandovu.

Bohužel v termínu pro vypracování bakalářské práce nedošlo na těchto komunikacích k vysokotlakému čištění obrusné vrstvy vozovky. Důvodem byly vnitřní problémy Technické správy komunikací hl. města Prahy, které vedly k nevypsání veřejné zakázky na čištění nízkohlučných povrchů. Proto byly na ulici 5. května porovnávány hodnoty akustických parametrů naměřených v roce 2017 s hodnotami naměřenými před a po rekonstrukci v roce 2011. Od rekonstrukce obrusné vrstvy, kdy byl položen nízkohlučný povrch Viaphone®, došlo ke zvýšení hladiny hluku o 1,8 až 2,4 dB(A). Ekvivalentní hladiny akustického tlaku A stále překračuje hygienické limity, což vede k nepřetržitému zkoumání možností, jak snížit hluk na severojižní magistrále. Ke snížení hluku by bylo zapotřebí celkově snížit intenzitu dopravy na ulici 5. května, k čemuž by přispělo například dokončení vnitřního okruhu Prahy v úseku Balabenka – Štěrboholská radiála, zákaz tranzitní dopravy nebo zavedení mýtného.

Na ulici K Barrandovu byly porovnány hodnoty hluku naměřené na třech úsecích lišících se druhem a stářím obrusné vrstvy. Z výsledků byl patrný rozdíl mezi hlukem naměřeným na povrchu s SMA 8-NH (2011) a SMA 8-NH (2015). Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A byly u novějšího povrchu nižší o 3,9 až 4,9 dB(A), což je způsobeno kromě stáří obrusné vrstvy i odlišnou maximální povolenou rychlostí nákladních vozidel nad 3,5 t a odlišnou plynulostí dopravy na daných úsecích. Na úseku měřicího bodu C bez nízkohlučných vlastností (obrusná vrstva ABS (ACO 11)), kde je snížena max. povolená rychlost o 20 km/h, byly zaznamenány hodnoty hluku o 1,1 až 1,8 dB(A) nižší než u SMA 8-NH (2011).

Z hlediska redukce hluku mají akusticky pohltivé asfaltové směsi do budoucna veliký potenciál. Jen je velice důležité, aby v nejbližší době došlo k vytvoření základních technických předpisů či technických norem, platných v České republice, které by právně upravovaly jednotlivé typy nízkohlučných povrchů.



Seznam tabulek

Tabulka 1: Stupnice zvukových hladin.....	11
Tabulka 2: Vybrané vlastnosti směsí s maximální zrnitostí 8 mm.....	34
Tabulka 3: Výsledky zkoušky pojíždění kolem.....	41
Tabulka 4: Výsledky měření na ulici Slezská (CdR Eurovia, metoda CPX, 2010 - 06 a 2011 - 07).....	43
Tabulka 5: Výsledky měření na ulici Slezská (EKOLA group, spol s.r.o., metoda SPB)	43
Tabulka 6: Výsledky měření na ulici 5. května (CdR Eurovia, metoda CPX, 2011 - 07)	44
Tabulka 7: Výsledky měření na ulici 5. května (EKOLA group, spol s.r.o., metoda SPB)	44
Tabulka 8: Porovnání ekvivalentních hladin hluku L_{Aeq} podle ISO 11819-2 (dle CPX)	48
Tabulka 9: Monitoring hluku na vybraných úsecích (metoda CPX).....	50
Tabulka 10: Sčítání dopravy v roce 2016 v ulici Slezská – v pracovní dny, za 24h.....	61
Tabulka 11: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, před rekonstrukcí v roce 2011.....	63
Tabulka 12: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, po rekonstrukci v roce 2011.....	63
Tabulka 13: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici Slezská, 18. - 25.4. 2017 a 3. – 4.5. 2017.....	63
Tabulka 14: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici 5. května.....	71
Tabulka 15: Naměřené hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku A a intenzity dopravy v ulici K Barrandovu.....	79
Tabulka 16: Naměřené hodnoty hladiny hluku v jednotlivých letech metodou CPX, ulice K Barrandovu.....	83



Seznam grafů

Graf 1: Závislost frekvence zvuku a hladiny akustického tlaku	13
Graf 2: Závislost redukce hluku na změně nejvyšší povolené rychlosti.....	20
Graf 3: Závislost redukce hluku na redukci intenzity dopravy.....	21
Graf 4: Regresní přímka závislosti maximální hladiny akustického hluku A na logaritmu rychlosti pro CB kryt	23
Graf 5: Vývoj hlučnosti vozovky - ACO, PA (měřeno metodou CPX)	49
Graf 6: Srovnání hluku Viaphone před a po čištění ulice 5. května – směr Brno úsek Na Strži - Jižní spojka, pomalý pruh (metoda CPX)	50
Graf 7: Srovnání naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A před a po čištění ulice Slezská	64
Graf 8: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy, ulice Slezská.....	64
Graf 9: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy před a po čištění, ulice Slezská	66
Graf 10: Průběh naměřených hodinových ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici 5. května v intervalu od 12:00 do 18:00	71
Graf 11: Srovnání naměřených ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici 5. května v letech 2011 a 2017	72
Graf 12: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na intenzitě dopravy, ulice 5. května	73
Graf 13: Průběh naměřených hodinových ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici K Barrandovu v intervalu od 14:00 do 18:00	80
Graf 14: Závislost naměřených hodnot ekvivalentní hladiny hluku A na intenzitě dopravy, ulice K Barrandovu.....	80
Graf 15: Srovnání naměřených ekvivalentních hladin akustického tlaku A na ulici K Barrandovu.....	81
Graf 16: Percentuální rozložení naměřených hodnot hladiny hluku, ulice K Barrandovu	82
Graf 17: Minimální a maximální hodnoty hluku na ulici K Barrandovu	82



Seznam obrázků

Obrázek 1: Graf znázorňující ekvivalentní hladiny akustického tlaku.....	12
Obrázek 2: Složky hluku při kontaktu pneumatiky a povrchu vozovky (vlevo osobní vozidlo, vpravo nákladní auto)	16
Obrázek 3: Metody snižování hluku v automobilové dopravě.....	20
Obrázek 4: Poloha měřicího mikrofonu při metodě SPB (ČSN ISO 11819-1).....	22
Obrázek 5: Rozmístění pěti měřicích mikrofونů kolem referenční pneumatiky pro metodu CPX (ISO 11819 - 2)	25
Obrázek 6: Přívěš otevřený (Centrum dopravního výzkumu - CDV)	26
Obrázek 7: Přívěš uzavřený (holandská firma M+P).....	26
Obrázek 8: Metoda OBSI	28
Obrázek 9: Průběh rychlosti, hladiny akustického tlaku a teploty povrchu na měřeném úseku v čase metodou CPX	28
Obrázek 10: Rozdělení textury a nerovností povrchu vozovky z hlediska délky vln.....	32
Obrázek 11: Rozdíl mezi makrotexturou a mikrotexturou	33
Obrázek 12: Zajištění koheze u směsi PA	36
Obrázek 13: Dvouvrstvý drenážní asfaltový koberec.....	38
Obrázek 14: VIAPHONE® – zkušební tělesa po zkoušce ztráty částic.....	41
Obrázek 15: Zlatá cena – medaile, certifikát	45
Obrázek 16: CB kryt s vymývaným kamenivem.....	46
Obrázek 17: Úprava povrchu CB krytu vykartáčováním	47
Obrázek 18: Úprava povrchu CB krytu diamantovými kotouči.....	47
Obrázek 19: Nátěrové technologie a) povrch bez nátěru b) povrch s nátěrem c) fotografie povrchu	48
Obrázek 20: Oběhový systém vzduchu FAUN Viajet 6 RLH.....	53
Obrázek 21: Nanesení detergentního prostředku.....	54
Obrázek 22: Samosběrná nástavba se speciálním vysokotlakým systémem mytí Faun Viajet na podvozku Mercedes Benz	55
Obrázek 23: Vyčištěný pravý pruh strojním tlakovým mytím	55
Obrázek 24: Plošné spláchnutí vozovky čistou vodou	56



Obrázek 25: Technologie Peel Jet (tunel Mrázovka).....	57
Obrázek 26: Schéma ulice Slezská (modře vyznačen rekonstruovaný úsek).....	60
Obrázek 27: Schéma umístění zvukoměru (ulice Slezská).....	61
Obrázek 28: Pozice měřicího stanoviště.....	62
Obrázek 29: Detail povrchu vozovky.....	66
Obrázek 30: Úsek rekonstrukce ulice 5. května (od Nuselského mostu k ulici Hvězdova)	68
Obrázek 31: Šířkové uspořádání ulice 5. května (směr, ve kterém bylo měřeno).....	68
Obrázek 32: Schéma umístění zvukoměru (ulice 5. května).....	69
Obrázek 33: Pohled od bodu měření, ulice 5. května.....	74
Obrázek 34: Schéma ulice K Barrandovu.....	74
Obrázek 35: Vzorový příčný řez komunikace K Barrandovu ve směru do centra.....	75
Obrázek 36: Schéma umístění měřicích bodů na ulici K Barrandovu.....	76
Obrázek 37: Detail obrusné asfaltové vrstvy SMA 8-NH (vlevo realizace 2011, vpravo realizace 2015).....	77
Obrázek 38: Umístění jednotlivých měřicích bodů na ulici K Barrandovu.....	78



Seznam použité literatury

- [1] VANDASOVÁ, Zdeňka. Zdravotní účinky hluku. In: *Státní zdravotnický ústav* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku?=&vandasov%C3%A11>>
- [2] HAVRÁNEK, Jiří. *Hluk a zdraví*: [pro] Místní orgány státní správy, životní prostředí a zdraví. Praha: Fortuna, 2002, 28 s. Hluk. ISBN 80-7071-185-X.
- [3] PLANETA 2005: *Hluk v životním prostředí*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2005, XII(2/2005). ISSN 1213-3393.
- [4] VANDASOVÁ, Zdeňka. Zdroje hluku a jeho měření. In: *Státní zdravotnický ústav* [online]. Praha, 2007 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdroje-hluku-a-jeho-mereni>
- [5] VALENTIN, Jan, Petr MONDSCHHEIN, Petr HÝZL a Michal VARAUS. *Metodika pro návrh, výrobu a provádění akusticky asfaltových vrstev*. Praha, 2015, 47 s. ISBN 978-80-01-05833-6. Fakulta stavební, ČVUT v Praze
- [6] GOTTWALDOVÁ, Jana. Automobilový hluk. *SILNICE ŽELEZNICE* [online]. 2011 [cit. 2017-03-10]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>.
- [7] KŘIVÁNEK, Vítězslav. *Problematika hlučnosti povrchů vozovek prezentace*. Centrum dopravního výzkumu [online]. Brno, Březen 2010. [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/19204115-Problematika-hlucnosti-povrchu-vozovek.html>
- [8] KŘIVÁNEK, Vítězslav. *Hlučnost povrchů vozovek a způsoby jeho měření prezentace*. Centrum dopravního výzkumu [online]. Brno. [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/19440691-Ing-vitezslav-krivanek-ph-d-hlucnost-povrchu-vozovek-a-zpusoby-jeho-mereni.html>
- [9] KŘIVÁNEK, Vítězslav, DOSTÁL, Ivo, TICHÝ, Jakub a JEDLIČKA, Jiří. *Úvod do práce s elektronickými informačními zdroji ochrany životního prostředí v dopravě – část modelování emisí, imisí v dopravě* [online]. Studijní materiály, skriptum, OP VK CZ.1.07/2.2.00/15.0462, Virtuální vzdělávání v dopravě, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava/Univerzita Pardubice, Ostrava 2012, 62 s, [cit. 15. 3. 2017]. ISBN: 978-80-248-3277-7. Dostupné z: <http://www.vvvd.cz/m19-uvod-do-prace-s-elektronickymi-informacnimi-zdroji-ochrany-zivotniho-prostredi-v-doprave-34.html>



- [10] KŘIVÁNEK, Vítězslav, HUZLÍK, Jiří, *Základy dopravní techniky a dopravní prostředky, část hluk z dopravy a stanovení koncentrací znečišťujících látek v ovzduší* [online]. Studijní materiály, skriptum, OP VK CZ.1.07/2.2.00/15.0462, Virtuální vzdělávání v dopravě, Vysoká škola báňská, Technická univerzita Ostrava/Univerzita Pardubice, Ostrava 2012, 65 s, [cit. 15. 3. 2017]. Dostupné z: <http://www.vvvd.cz/m22-zaklady-dopravni-techniky-a-dopravni-prostredky-37.html>
- [11] KŘIVÁNEK, Vítězslav., JEDLIČKA, Jiří. Monitoring hlučnosti povrchu vozovek. *Silniční konference 2014* [online]. Olomouc, 22. - 23. 10. 2014. Agentura VIACO, 2014, 102 - 106 s. [cit. 4. 4. 2017]. Dostupné na http://www.silnicnikonference.cz/sbornik/SK2014_sbornik.pf.
- [12] Centrum dopravního výzkumu, 2014. *Akreditované měření hlučnosti povrchů vozovek dle metody CPX* [online]. [cit. 4.4.2017]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/akreditovane-mereni-hlucnosti-povrchu-vozovek-dle-metody-cpx/>.
- [13] *Improving the CloseProximity (CPX) method and theCoMeT trailer. M+P* [online]. [cit. 2017-04-04]. Dostupné z: <http://www.mplusp.eu/oplossingen/improving-close-proximity-cpx-method-and-comet-trailer>.
- [14] KŘIVÁNEK, Vítězslav a Petra MARKOVÁ. Změna hlučnosti povrchů vozovek na území ČR sledovaná metodou CPX. *HYGIENA* [online]. Praha: Státní zdravotnický ústav, 2015(4), 137-142 [cit. 2017-04-05]. ISSN 1802-6281. Dostupné z: <http://apps.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2015-4-03-full.pdf>
- [15] RŮŽEK, Martin. *Vliv opotřebením obrusné vrstvy vozovky na hlukovou situaci*. Diplomová práce, ČVUT, Praha, 2011.
- [16] HELLMUTH, Tomáš, Dana POTUŽNÍKOVÁ, Pavel JUNEK a Zdeněk FIALA. Obtěžování hlukem: Zdravotní problémy nebo akustický komfort? *HYGIENA* [online]. Praha, 2016(1), 33-35 [cit. 2017-04-06]. ISSN 1802-6281. Dostupné z: <http://apps.szu.cz/svi/hygiena/archiv/h2016-1-07-full.pdf>
- [17] *Moderní inženýrské řešení v silniční dopravě. Zvýšení vědeckovýzkumného potenciálu pracovníků a studentů vysokých škol v oblasti dopravy a nových dopravních technologií* [online]. Fakulta Strojní, VŠB TU Ostrava, 2009 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://projekt150.ha-vel.cz/node/170>
- [18] MONDSCHHEIN, Petr a Jan VALENTIN. Snižování hluku možnými úpravami obrusné vrstvy vozovky. *SILNICE ŽELEZNICE* [online]. 2010 [cit. 2017-04-15]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky/>



- [19] VALENTIN, Jan, Petr MONDSCHHEIN, Michal VARAUS, Petr HÝZL a Dušan STEHLÍK. Experimentální poznatky s návrhem akustických asfaltových směsí SMA LA a LOA. *SILNICE ŽELEZNICE* [online]. 2014 [cit. 2017-04-15]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/experimentalni-poznatky-s-navrhem-akusticky-ch-asfaltovy-ch-smesi-sma-la-a-loa/>
- [20] KUDRNA, Jan, a kol. Snížení dopravní nehodovosti v ČR je úspěchem nebo neúspěchem? *SILNICE ŽELEZNICE* [online]. 2011 [cit. 2017-04-20]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizeni-dopravni-nehodovosti-v-cr-je-uspechem-nebo-neuspechem/>
- [21] WOLF, Thomas a Walter FLEISCHER. *Modern construction of concrete roads in Germany*. *BETON:Technologie-Konstrukce-Sanace* [online]. 2008(4), str. 58 - 63 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: http://www.betontks.cz/sites/default/files/2008-4-58_0.pdf
- [22] HÝZL, Petr a Vladimír ADAMEC. Snižování dopravního hluku pomocí hutněných asfaltových vrstev. *ACTA ENVIRONMENTALICA UNIVERSITATIS COMENIANAE (BRATISLAVA)* [online]. Bratislava, Slovenská republika: Univerzita Komenského v Bratislavě, 2012, 20(Supp 1/2012), 41-46 [cit. 2017 04-21]. ISSN 1335-0285. Dostupné z: http://staryweb.fns.uniba.sk/fileadmin/user_upload/editors/actaenvi/ActaEnvi_2012_Suppl.1/07_S_Hyzi_Adamec_Acta2012_Suppl_1.pdf
- [23] VARAUS, Michal. *Asfaltové směsi zpracováváné za horka: Vlastnosti jednotlivých vrstev vozovky, druhy směsí, vlastnosti, použití* [online]. In: Přednáška VUT Brno [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: [http://lences.cz/skola/subory/-%20%20PREDMETY%20%20\(semester%201%20-%2010\)%20-%20-%20-6-semester/-%20BM02%20-%20Pozemni%20komunikace%20II/Prednasky/T%C3%A9ma%207%20prezentace%20-%20-%20Asfaltov%C3%A9%20sm%C4%9Bsi.pdf](http://lences.cz/skola/subory/-%20%20PREDMETY%20%20(semester%201%20-%2010)%20-%20-%20-6-semester/-%20BM02%20-%20Pozemni%20komunikace%20II/Prednasky/T%C3%A9ma%207%20prezentace%20-%20-%20Asfaltov%C3%A9%20sm%C4%9Bsi.pdf)
- [24] KAŠPAR, Jiří. Moderní stavební technologie: Účinný způsob snížení dopravního hluku [Interní zdroj EUROVIA CS]. *Stavebnictví*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2015(4), 20-22. ISSN 1802-2030.
- [25] KAŠPAR, Jiří a EUROVIA SERVICES, S.R.O. Viaphone - technologie roku 2011 [Interní zdroj EUROVIA CS]. *SILNICE MOSTY*. Praha, 2012(2), 13-15. ISSN 1804-8684
- [26] KAŠPAR, Jiří a EUROVIA SERVICES S.R.O. Asfaltové vrstvy s nízkou hlučností u firmy Eurovia [Interní zdroj EUROVIA CS]. *SILNICE MOSTY*. 2010(4), 19 - 21. ISSN 1804-8684.
- [27] KAŠPAR, Jiří a EUROVIA SERVICE S.R.O. *Technologická pravidla společnosti Skupiny EUROVIA CS: Viaphone®*. 2011. [Interní zdroj EUROVIA CS].



- [28] KŘIVÁNEK, Vítězslav. Čištění nízkohlučných povrchů vozovek a změna jejich hlučnosti na území ČR sledovaná metodou CPX [Interní zdroj EUROVIA CS]. *HYGIENA*. 2016(61 (4)), 152 - 156. ISSN 1802-6281.
- [29] KŘIVÁNEK, Vítězslav. *Změny hlučkově absorpčních vlastností silničních povrchů a vliv čištění na zlepšení negativních dopadů hluku na životní prostředí*. In: Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (CESTI): WP5 Ochrana životního prostředí a zelená dopravní infrastruktura [Interní zdroj EUROVIA CS]. 2016. [cit. 2017-04-29].
- [30] LETOVSKÝ, Jiří. *Pražské služby, a. s. - technologický postup: Strojní tlakové mytí vozovek s povrchem se sníženou hlučností nebo vozovek v tunelech* [Interní zdroj – Pražské služby, a. s.]. 2015. 6 s.
- [31] FAUN. *Technické specifikace: FAUN Viajet 6* [Interní zdroj – Pražské služby, a. s.]. Dostupné také z: <http://www.faun.com/en/products/sweepers/vario/viajet-6-professional/>
- [32] EGEREROVÁ, Miroslava. *Zdravější život a čistější ulice v Praze*. In: Pražské služby, a. s. [online]. Praha: Tisková zpráva, 2008 [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/o-spolecnosti/predstaveni-spolecnosti/tiskove-zpravy/zdravc49bjc5a1i-c5beivot-a-c48distc49bjc5a1i-ulice-v-praze/>
- [33] Obří novinka v Pražských službách. *V metropoli pracuje Peel Jet*. In: Pražské služby, a. s. [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-05-02]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/o-spolecnosti/predstaveni-spolecnosti/tiskove-zpravy/obri-novinka-v-prazskych-sluzbach-v-metropoli-pracuje-peel-jet/>
- [34] VÍT, Michael. MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ - HLAVNÍ HYGIENIK ČESKÉ REPUBLIKY. *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí*, vydaný pod č.j. HEM-300-11.12.01-34065. Praha, 2001.
- [35] DŮRR, Jan, Ondřej TREŠL a Jan ZRZAVÝ. Snížení hluku z provozu při použití speciální asfaltové směsi pro obrusnou vrstvu vozovek. *Silniční obzor*. Praha: Nakladatelství Silniční společnosti, 2011, 72(10), 272-277. ISSN 0322-7154.
- [36] *Intenzity automobilové dopravy na sledované síti v Praze, rok 2016*. [Interní zdroj – Technická správa komunikací hlavního města Prahy: úsek dopravního inženýrství].
- [37] *Průvodní a technická zpráva k opravě ulice 5. května* [Interní zdroj – EUROVIA CS]. Zhotovitel projektu DIPRO, spol. s r. o. ©. 2010.
- [38] *Viaphone® - reference*. [Interní zdroj – EUROVIA CS]. 2011
- [39] *5. května – rekonstrukce povrchu vozovky mezi Nuselským mostem a Pankrácí: Vyhodnocení akustické situace* [Interní zdroj – EUROVIA CS]. Zkušební laboratoř EKOLA group, spol. s r. o.. 2011
- [40] ŠKARDA, Václav. *Ideová studie pražské magistrály v úseku Nuselského mostu a ulice 5. května* [online]. Ateliér K2. říjen 2010. [cit. 2017-05-16]. Dostupné z:



<https://stavbaweb.dumabyt.cz/ideova-studie-prazske-magistraly-v-useku-nuselskeho-mostu-a-ulice-5-kvtna-5657/clanek.html>

- [41] HOFHANSL, Petr, Marek ŠÍDA, Martin VARHULÍK a Peter SÚKENNÍK. *Vliv zprovoznění Jihozápadního segmentu SOKP na dopravní síť*. Silniční obzor [online]. 2012, 73(02) [cit. 2017-05-16]. ISSN 0322-7154. Dostupné z: <http://www.af-cityplan.cz/vliv-zprovozneni-jihozapadniho-segmentu-sokp-na-dopravni-sit-1404044662.html>
- [42] *Průvodní a technická zpráva: Oprava vozovky - K Barrandovu, úsek Lamačova – Štěpařská, z centra*. Zhotovitel projektu AVSProjekt s. r. o.. 06/2012. [Interní zdroj – EUROVIA CS].
- [43] E-mail, korespondence s Ing. Milošem Rosenbaumem, vedoucí oddělení zkušební laboratoře, PORR a. s., Praha, 9.5.2017



Seznam příloh

Příloha 1: Protokoly z měření akustických parametrů - ulice Slezská - před čištěním ..	97
Příloha 2: Protokoly z měření akustických parametrů - ulice Slezská - po čištění.....	98
Příloha 3: Protokoly z měření akustických parametrů - ulice 5. května	99
Příloha 4: Protokoly z měření akustických parametrů – ulice K Barrandovu	101

Seznam zkratk uvedených v přílohách:

- $L_{eq,A}$ - ekvivalentní hladiny akustického tlaku A
- $L_{eq,C}$ - ekvivalentní hladiny akustického tlaku C
- L_{min} - minimální hladina akustického tlaku
- L_{max} - maximální hladina akustického tlaku
- OA - osobní automobily
- M - jednostopá motorová vozidla
- LN - lehký nákladní automobil o nosnosti do 3,5 tuny včetně
- SN - střední nákladní automobil o nosnosti nad 3,5 t do 10 t včetně
- TN - těžký nákladní automobil o nosnosti nad 10 t
- D - dodávky
- A - autobusy



Příloha 1: Protokoly z měření akustických parametrů – ulice Slezská – před čištěním

1. měření

Datum: 31. 3. 2017
Interval: 7:30 – 8:30
Teplota: 17,8 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 74%
Tlak: 1022,8 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	366	9	4	0	0	21	1
celkem	401						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,6 dB(A)
Leq,C = 71,8 dB(A)
Lmin = 45,9 dB(A)
Lmax = 76,8 dB(A)

2. měření

Datum: 25. 4. 2017
Interval: 8:30 – 9:30
Teplota: 16,5 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 51,3%
Tlak: 1008,5 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	385	2	4	1	1	11	0
celkem	404						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,6 dB(A)
Leq,C = 70,8 dB(A)
Lmin = 45,0 dB(A)
Lmax = 74,2 dB(A)

3. měření

Datum: 25. 4. 2017
Interval: 11:30 – 12:30
Teplota: 17,3 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 46,7%
Tlak: 1006,1 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	336	9	4	1	0	32	0
celkem	382						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 59,2 dB(A)
Leq,C = 72,6 dB(A)
Lmin = 44,8 dB(A)
Lmax = 79,2 dB(A)

4. měření

Datum: 25. 4. 2017
Interval: 16:00 – 17:00
Teplota: 18,9 °C
Víteř: 0,5 – 1,5 m/s
Vlhkost: 39,2%
Tlak: 1005,5 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	346	3	5	1	1	16	0
celkem	372						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,4 dB(A)
Leq,C = 74,8 dB(A)
Lmin = 46,7 dB(A)
Lmax = 77,0 dB(A)

5. měření

Datum: 25. 4. 2017
Interval: 17:00 – 18:00
Teplota: 15,8 °C
Víteř: 1 - 3 m/s
Vlhkost: 38,7%
Tlak: 1005,7 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	334	4	2	0	0	11	0
celkem	351						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 57,6 dB(A)
Leq,C = 72,1 dB(A)
Lmin = 45,8 dB(A)
Lmax = 77,1 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



Příloha 2: Protokoly z měření akustických parametrů – ulice Slezská – po čištění

1. měření

Datum: 4. 5. 2017
Interval: 7:30 – 8:30
Teplota: 10,9 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 84%
Tlak: 1021,2 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	377	1	4	2	0	27	0
celkem	411						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,3 dB(A)
Leq,C = 71,2 dB(A)
Lmin = 46,5 dB(A)
Lmax = 78,7 dB(A)

2. měření

Datum: 4. 5. 2017
Interval: 8:30 – 9:30
Teplota: 11,3 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 91,7%
Tlak: 1016,3 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	345	4	5	2	0	28	0
celkem	384						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,1 dB(A)
Leq,C = 70,8 dB(A)
Lmin = 44,4 dB(A)
Lmax = 80,4 dB(A)

3. měření

Datum: 4. 5. 2017
Interval: 11:30 – 12:30
Teplota: 13,1 °C
Víteř: 0 m/s
Vlhkost: 92,5%
Tlak: 1017,9 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	352	6	2	1	0	25	0
celkem	386						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,9 dB(A)
Leq,C = 72,1 dB(A)
Lmin = 44,9 dB(A)
Lmax = 78,5 dB(A)

4. měření

Datum: 3. 5. 2017
Interval: 16:00 – 17:00
Teplota: 18,3 °C
Víteř: 0,5 – 1,5 m/s
Vlhkost: 84,4%
Tlak: 1021,2 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	338	4	5	0	0	16	0
celkem	363						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 58,1 dB(A)
Leq,C = 70,1 dB(A)
Lmin = 45,6 dB(A)
Lmax = 78,1 dB(A)

5. měření

Datum: 3. 5. 2017
Interval: 17:00 – 18:00
Teplota: 15,8 °C
Víteř: 0 – 1,5 m/s
Vlhkost: 51,9%
Tlak: 1017,0 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel						
	OA	M	LN	SN	TN	D	A
	332	8	2	5	1	14	0
celkem	362						

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 57,0 dB(A)
Leq,C = 71,5 dB(A)
Lmin = 45,1 dB(A)
Lmax = 76,5 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



Příloha 3: Protokoly z měření akustických parametrů – ulice 5. května

1. měření

Datum: 29. 3. 2017
Interval: 12:00 – 13:00
Teplota: 20,4 °C
Víteř: 1 - 3 m/s
Vlhkost: ---%
Tlak: --- hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2442	15	55	3	0	17
celkem	2532					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 72,4 dB(A)
Leq,C = 80,4 dB(A)
Lmin = 59,3 dB(A)
Lmax = 85,5 dB(A)

2. měření

Datum: 29. 3. 2017
Interval: 13:00 – 14:00
Teplota: 21,7 °C
Víteř: 0,5 - 2 m/s
Vlhkost: ---%
Tlak: --- hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2486	14	53	3	1	21
celkem	2578					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 72,3 dB(A)
Leq,C = 80,0 dB(A)
Lmin = 58,2 dB(A)
Lmax = 86,0 dB(A)

3. měření

Datum: 29. 3. 2017
Interval: 14:00 – 15:00
Teplota: 21,0 °C
Víteř: 0 – 1,5 m/s
Vlhkost: ---%
Tlak: --- hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2640	20	58	5	2	19
celkem	2744					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 72,6 dB(A)
Leq,C = 80,5 dB(A)
Lmin = 61,2 dB(A)
Lmax = 90,0 dB(A)

4. měření

Datum: 4. 5. 2017
Interval: 15:00 – 16:00
Teplota: 17,2 °C
Víteř: 0,5 – 1,5 m/s
Vlhkost: 57%
Tlak: 1013,5 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2697	17	80	15	0	25
celkem	2834					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 72,9 dB(A)
Leq,C = 79,5 dB(A)
Lmin = 60,3 dB(A)
Lmax = 85,8 dB(A)

5. měření

Datum: 4. 5. 2017
Interval: 16:00 – 17:00
Teplota: 17,4 °C
Víteř: 0,2 – 1 m/s
Vlhkost: 56%
Tlak: 1013,2 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2801	23	74	14	1	22
celkem	2935					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 73,2 dB(A)
Leq,C = 79,5 dB(A)
Lmin = 59,0 dB(A)
Lmax = 91,4 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



6. měření

Datum: 4. 5. 2017

Interval: 17:00 – 18:00

Teplota: 14,3 °C

Vítr: 0 – 1,5 m/s

Vlhkost: 56%

Tlak: 1012,9 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	2653	31	61	9	1	18
celkem	2773					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 73,0 dB(A)

Leq,C = 79,0 dB(A)

Lmin = 58,8 dB(A)

Lmax = 94,2 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



Příloha 4: Protokoly z měření akustických parametrů – ulice K Barrandovu

Měřicí bod A

1. měření

Datum: 10. 5. 2017
Interval: 14:00 – 15:00
Teplota: 11,9°C
Vítr: 0,5 – 2 m/s
Vlhkost: 45%
Tlak: 1011,6 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1071	5	158	38	5	12
celkem	1289					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 71,5 dB(A)
Leq,C = 76,8 dB(A)
Lmin = 41,8 dB(A)
Lmax = 88,4 dB(A)

2. měření

Datum: 10. 5. 2017
Interval: 15:00 – 16:00
Teplota: 12,6 °C
Vítr: 0,5 - 1,5 m/s
Vlhkost: 48%
Tlak: 1012,5 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1270	6	125	27	6	12
celkem	1446					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 71,2 dB(A)
Leq,C = 77,2 dB(A)
Lmin = 36,9 dB(A)
Lmax = 86,2 dB(A)

3. měření

Datum: 11. 5. 2017
Interval: 16:00 – 17:00
Teplota: 22,3 °C
Vítr: 0 – 0,5 m/s
Vlhkost: 56%
Tlak: 1016,4 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1211	16	80	28	0	10
celkem	1345					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 71,0 dB(A)
Leq,C = 77,2 dB(A)
Lmin = 41,0dB(A)
Lmax = 81,4 dB(A)

4. měření

Datum: 11. 5. 2017
Interval: 17:00 – 18:00
Teplota: 18,5 °C
Vítr: 0,5 – 1 m/s
Vlhkost: 55%
Tlak: 1016,8 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1159	12	82	22	1	9
celkem	1285					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 71,2 dB(A)
Leq,C = 77,8 dB(A)
Lmin = 42,7 dB(A)
Lmax = 83,9 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



Měřicí bod B

1. měření

Datum: 17. 5. 2017
 Interval: 14:00 – 15:00
 Teplota: 19,8 °C
 Vítr: 0,2 – 0,5 m/s
 Vlhkost: 60%
 Tlak: 1030,3 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1020	11	104	33	5	5
celkem	1178					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 67,2 dB(A)
 Leq,C = 75,1 dB(A)
 Lmin = 45,3 dB(A)
 Lmax = 81,1 dB(A)

2. měření

Datum: 17. 5. 2017
 Interval: 15:00 – 16:00
 Teplota: 20,5 °C
 Vítr: 0 – 1 m/s
 Vlhkost: 54%
 Tlak: 1028,4 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1148	22	110	26	2	5
celkem	1313					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 67,3 dB(A)
 Leq,C = 76,2 dB(A)
 Lmin = 47,0 dB(A)
 Lmax = 79,9 dB(A)

3. měření

Datum: 17. 5. 2017
 Interval: 16:00 – 17:00
 Teplota: 22,5 °C
 Vítr: 0,5 - 2 m/s
 Vlhkost: 49%
 Tlak: 1021,3 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1255	20	86	22	0	2
celkem	1385					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 67,0 dB(A)
 Leq,C = 75,8 dB(A)
 Lmin = 40,8 dB(A)
 Lmax = 83,6 dB(A)

4. měření

Datum: 17. 5. 2017
 Interval: 17:00 – 18:00
 Teplota: 22,7 °C
 Vítr: 0,2 - 1 m/s
 Vlhkost: 43%
 Tlak: 1020,9 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1001	14	83	18	5	5
celkem	1126					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 66,3 dB(A)
 Leq,C = 74,8dB(A)
 Lmin = 39,2 dB(A)
 Lmax = 83,0 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin



Měřicí bod C

1. měření

Datum: 9. 5. 2017

Interval: 14:00 – 15:00

Teplota: 8,2 °C

Vítr: 0 – 0,3 m/s

Vlhkost: 56%

Tlak: 1018,3 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1221	3	95	29	5	9
celkem	1362					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 69,8 dB(A)

Leq,C = 78,6 dB(A)

Lmin = 52,4 dB(A)

Lmax = 80,8 dB(A)

2. měření

Datum: 9. 5. 2017

Interval: 15:00 – 16:00

Teplota: 7,5 °C

Vítr: 0 – 0,3 m/s

Vlhkost: 60%

Tlak: 1018,8 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1309	4	110	41	5	13
celkem	1482					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 70,1 dB(A)

Leq,C = 79,3 dB(A)

Lmin = 56,2 dB(A)

Lmax = 81,7 dB(A)

3. měření

Datum: 31. 3. 2017

Interval: 16:00 – 17:00

Teplota: 22,7 °C

Vítr: 0 – 1,5 m/s

Vlhkost: 31%

Tlak: 1016,4 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1339	7	87	23	2	8
celkem	1526					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 69,7 dB(A)

Leq,C = 78,1 dB(A)

Lmin = 55,1 dB(A)

Lmax = 89,7 dB(A)

4. měření

Datum: 31. 3. 2017

Interval: 17:00 – 18:00

Teplota: 22,4 °C

Vítr: 0,5 – 1,5 m/s

Vlhkost: 33%

Tlak: 1016,8 hPa

Intenzita dopravy	Druhy vozidel					
	OA	M	LN	SN	TN	A
	1273	8	88	25	2	10
celkem	1406					

Naměřené hodnoty :

Leq,A= 69,4 dB(A)

Leq,C = 77,6 dB(A)

Lmin = 52,9 dB(A)

Lmax = 87,2 dB(A)

Pozn.: Údaje o vlhkosti a tlaku vzduchu byly získány z oficiální aplikace Českého hydrometeorologického ústavu Aladin