

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA

KATEDRA VOZIDEL A POZEMNÍ DOPRAVY



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hluková zátěž podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol

Bc. David Juran

Vedoucí: Ing. František Lachnit, Ph.D.

Praha 2018

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. David Juran

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Hluková zátěž podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol**

Název anglicky

**Noise impact alongside the Kamýcká street, Prague – Suchdol**

---

### Cíle práce

Zmapování hlukové zátěže podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol. Změření účinnosti vysazené zeleně, ve vztahu ke snižování hluku ze silniční dopravy. Změřit podíl hluku, který v dané oblasti generuje letecký provoz letiště Václava Havla v Praze. Navrhnout protihluková opatření pro snížení hlukové zátěže dané oblasti, ale zároveň mít minimální dopad na prostředí v rámci respektování stávající zástavby a estetičnosti dané oblasti.

### Metodika

Vliv dopravního hluku na člověka a jeho okolí

Normy a právní podmínky pro omezování hluku a měření hluku

Hluk v dopravě a protihluková opatření

Měření hluku v dané oblasti

Analýza hlukové zátěže

Návrh protihlukových opatření pro danou oblast

**Doporučený rozsah práce**

50 stran

**Klíčová slova**

hluk, hluková zátěž, dopravní hluk, měření hluku, protihlukové opatření

---

**Doporučené zdroje informací**

Křivánek, V.. Noise impact on inhabitants in residential areas under various Anti-Noise measures, Transactions on transport sciences, Vol. 6, no. 3, (2013), s.125-132

Liberko, M.. Hluk v prostředí: problematika a řešení. Praha: Ministerstvo životního prostředí. 2004. 75s. ISBN 04-222-70.

Liberko, M., Ládyš, L.. Výpočet hluku z automobilové dopravy – Manuál 2011. Praha : ŘSD, 2011.

Moscovici, AM. Result of research in noise pollution in urban areas. Grecea : DEC 2015, ISSN 2285-5718.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – TF

**Vedoucí práce**

Ing. František Lachnit, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

---

Elektronicky schváleno dne 12. 1. 2017

**doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan

V Praze dne 01. 04. 2017

### Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Hluková zátěž podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol** zpracoval samostatně. Veškeré prameny a zdroje informací, které byly použity k vytvoření této práce, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů a literatury.

V Praze, dne 1. 4. 2017

---

Bc. David Juran

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Technické fakultě, České zemědělské univerzity, za poskytnutí potřebného technického vybavení nezbytného k vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl velmi poděkovat Ing. Františku Lachnitovi, Ph.D a Ing. Davidu Marčevovi, Ph.D., za odborný dohled, cenné rady a připomínky vedoucí ke zlepšení úrovně této diplomové práce.

## **Hluková zátěž podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol**

**Abstrakt:** Diplomová práce se zabývá zmapováním hlukové zátěže podél ulice Kamýcká, Praha – Suchdol. Touto lokalitou prochází komunikace 241, která má hlavní podíl na tvorbě hluku generovaného silniční dopravou, který postihuje zkoumanou lokalitu. Práce je členěna do dvou hlavních částí. Teoretická část seznamuje čtenáře s podstatou hluku, jeho vlivem na člověka a životní prostředí, legislativou, s možnostmi regulace a ochranou. Praktická část je zaměřena na vlastní zpracování naměřených dat, jejich analýzu a porovnání s hygienickými limity pro danou zástavbu. Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci Měření hluku v dopravě, která byla napsána mou osobou.

**Klíčová slova:** hluk, hluková zátěž, dopravní hluk, měření hluku, protihlukové opatření

## **Noise impact alongside the Kamýcká street, Prague – Suchdol**

**Abstract:** The diploma thesis deals with noise mapping alongside the Kamýcká Street, Prague – Suchdol. Road 241 which is going through examined location has a major contribution to creating noise generated by road traffic that affects the site under investigation. The thesis is divided into two main parts. The theoretical part surrounds the reader with the essence of noise, its influence on man and the environment, legislation, regulation and protection. The practical part is focused on the actual processing of measured data, their analysis and comparison with hygienic limits for given construction. The diploma thesis is based on bachelor thesis Measurement of noise in transport which has been written by myself.

**Key words:** noise, noise traffic, noise measurement, noise measures

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Cíl práce a metodika .....	2
TEORETICKÁ ČÁST .....		3
3	Zvuk.....	3
3.1	Akustické veličiny .....	3
3.2	Intenzita zvuku .....	4
3.3	Vnímání zvuku člověkem .....	6
4	Vliv dopravního hluku na člověka a jeho okolí .....	7
4.1	Působení hluku na člověka.....	8
4.2	Emisní a imisní problematika hluku.....	9
5	Normy a právní podmínky pro omezování hluku a měření hluku.....	11
5.1	Zákony.....	11
5.2	Vyhlášky a nařízení vlády .....	12
5.3	Normy a metodické pokyny .....	14
6	Hluk v dopravě .....	15
6.1	Posuzování dopravního hluku.....	16
6.2	Hluk dopravních prostředků .....	18
6.2.1	Vnější hluk v automobilové dopravě .....	18
6.2.2.	Vnitřní hluk v automobilové dopravě.....	19
6.2.3.	Hluk kolejové dopravy.....	19
6.2.4	Hluk letecké dopravy.....	22
6.3	Hlukové mapování a akční plány .....	23
6.4	Protihlukové opatření .....	27
PRAKTICKÁ ČÁST.....		30
7	Metodika měření.....	30
7.1	Specifikace lokality a místa měření .....	30
7.2	Časové údaje a způsob měření.....	31
7.3	Měřicí přístroje .....	32
7.3.1	Zvukoměr SC310 .....	32
7.3.2	Radar SIERZEGA SR4 .....	33
8	Měření v dané lokalitě.....	35
8.1	Analýza intenzity dopravy.....	35

8.2	Analýza letecké dopravy .....	37
8.3	Analýza záznamů zvukoměru .....	40
8.4	Výpočty ekvivalentní hladiny akustického tlaku .....	46
8.4.1	Parametry pro výpočet $L_{Aeq}$ .....	46
8.4.2	Vlastní výpočet teoretické hodnoty $L_{Aeq}$ .....	47
8.4.3	Analýza teoretických výpočtů .....	48
9	Návrh opatření ke snížení hlukové zátěže zkoumané lokality .....	50
10	Závěr .....	52
	Seznam použité literatury a ostatních zdrojů .....	53
	Seznam obrázků a tabulek .....	57
	Obrázky .....	57
	Tabulky .....	57
	Seznam zkratk a symbolů .....	58
	Seznam příloh .....	59
	Přílohy .....	60



# 1 Úvod

S růstem populace roste i objem dopravních prostředků. S růstem objemu dopravních prostředků se zvyšuje intenzita dopravy, která má za následek růst hlukové hladiny v životním prostředí. Protože je doprava jedna z nejdůležitějších věcí běžného života, ať už se jedná o přepravu zboží, materiálu nebo osob, je nutná skoro ke každé činnosti člověka. Požadavky na navýšení kapacity, rychlosti či jiných potřeb lidstva mají za následek nezadržitelný růst objemu dopravy, zejména dopravy silniční, kolejové či letecké. V legislativě České republiky se nacházejí zákony, nařízení vlády, vyhlášky a směrnice, které nás mají proti nežádoucímu působení hluku chránit, ale do jaké míry tyto náležitosti opravdu platí?

Podnětem ke vzniku této diplomové práce byla situace, která se každodenně odehrává v městské části Praha – Suchdol, konkrétně ulici Kamýcká, která se nachází v blízkosti obytných čtvrtí a také České zemědělské univerzity v Praze. Jelikož je komunikace 241 oblíbený způsob, jak se lidé ze severozápadní části Středočeského kraje mohou dostat do Prahy 6, bývá intenzita dopravy v této oblasti velmi vysoká.

Diplomová práce se zaměřuje na hluk vznikající v důsledku silniční a letecké dopravy ve zkoumané oblasti. Komunikace 241 je od obytných částí ve zkoumané oblasti oddělena tzv. zelenou bariérou (pás listnatých, jehličnatých stromů a keřů), která zde byla vysazena z důvodu odstiňování hluku ze silniční dopravy. Proto se diplomová práce zabývá nejen hlukovou situací ve sledované oblasti, ale také ověřením, jestli zelená bariéra doopravdy funguje a do jaké míry.

## 2 Cíl práce a metodika

**Cíl práce:** Cílem teoretické části diplomové práce bude přiblížení tématu hluku, který bude dále konkrétně zaměřen na oblast hluku generovaného dopravními prostředky. Práce bude definovat základní termíny hluku jako faktoru životního prostředí, působení na lidský organismus, legislativu a protihluková opatření. Cílem praktické části diplomové práce bude vytvoření přehledu o hlukové zátěži zkoumané lokality (ulice Kamýcká, Praha – Suchdol). Práce bude rovněž obsahovat zhodnocení situace a porovnání naměřených hodnot s hygienickými limity pro danou oblast a případné navrnutí opatření, vedoucí ke zlepšení situace ve zkoumané lokalitě.

**Metodika:** Na základě legislativních podkladů a uvedené literatury budou v práci popsány základní terminologické pojmy a oblasti nutné k porozumění hlukové problematiky zapříčiněné dopravními prostředky. Měření hluku bude vycházet z metodiky, norem a definovaných postupů, které byly stanoveny na základě sbírky předpisů – nařízení vlády podle § 108 odst. 3 Zákona č. 258/2000 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací* v platném znění. Vlastní měření hluku bude označeno za pilotní s charakterem vědeckého výzkumu, protože nebude prováděno certifikovanou institucí.

# TEORETICKÁ ČÁST

## 3 Zvuk

Zvuk můžeme definovat jako mechanické kmitání, které je charakterizováno parametry pohybu částic pružného prostředí nebo u vlnového pohybu parametry zvukového pole. Část zvuků se projevuje jako slyšitelný zvuk. Ten můžeme definovat jako akustické kmitání pružného prostředí v pásmu frekvencí od 16 Hz do 20 kHz, schopné vyvolat zvukový vjem. Frekvenční závislost slyšitelného zvuku je silně individuální a jen velmi malé procento lidí je schopné vnímat celé pásmo zvukových frekvencí. Zvuky mimo toto pásmo lidské sluchové ústředí neslyší, ale je i tak schopné je vnímat, a mohou mít škodlivý vliv na zdraví nebo psychiku lidského organismu. Zvuky pod slyšitelnou hranicí (0,7 – 16 Hz) se definují jako infrazvuk. Infrazvuk je zvuk o velmi nízké frekvenci. Lidský organismus infrazvuk nedokáže zachytit sluchem, ale reaguje na něj tělem. Vibrace, které infrazvuk vydává, jsou schopny rozvibrovat celý povrch těla nebo bránici (např. hlasitá reprodukováná hudba na diskotékách či koncertech – vysoce nepříznivý vliv na zdraví lidského sluchového zařízení). Další kategorií jsou zvuky nad slyšitelnou hranicí (do 50 kHz), tyto zvuky se nazývají ultrazvukem. Někteří živočichové dokáží ultrazvuk zachytit, dokonce prostřednictvím něj i komunikovat (např. delfín). Pro člověka má ultrazvuk přínos zejména v oblasti zdravotnictví a zdravotní vědy (např. ultrazvuková metoda při těhotenství). [1]

### 3.1 Akustické veličiny

Akustika je rozsáhlý vědní obor, který se zabývá zvukem, a to od jeho vzniku, přenosu prostorem, až po vnímání pomocí lidských smyslů. Mezi základní akustické veličiny se řadí: akustická rychlost, akustický tlak, rychlost šíření zvuku, hladina akustického tlaku, intenzita zvuku, hladina intenzity zvuku a ekvivalentní hladina akustického tlaku, která se využívá u měření hluku a hlučnosti prostředí a jejího následného vyhodnocování. Uvedené veličiny jsou níže stanoveny dle normy ČSN 01 1600, která vychází ze současných platných norem v oblasti akustiky. [1] [2]

**Akustická rychlost:** Je definována jako efektivní hodnota okamžitých rychlostí částice za daný časový interval, není-li stanoveno jinak.

**Akustický tlak:** Je definován jako efektivní hodnota okamžitých akustických tlaků za daný časový interval, není-li stanoveno jinak.

**Rychlost šíření zvuku:** Je definována jako velikost vektoru fázové rychlosti volné postupné zvukové vlny.

**Hladina akustického tlaku:** Je definován jako logaritmus poměru daného akustického tlaku k referenčnímu akustickému tlaku, hladina akustického tlaku v decibelech, dále jen dB, je dvacetinásobek dekadického logaritmu tohoto poměru.

**Intenzita zvuku:** Je definována jako tok zvukové energie jednotkovou plochou kolmou ke směru šíření za jednotku času. Intenzita zvuku je přímo závislá na efektivní hodnotě akustického tlaku a efektivní hodnotě akustické rychlosti.

**Hladina intenzity zvuku:** Prahová intenzita zvuku je dle ISO stanovena na  $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  při kmitočtu 1 000 Hz, jedná se o nejslabší intenzitu, kterou je lidský sluchový orgán schopen vnímat.

## 3.2 Intenzita zvuku

Intenzita zvuku  $I$  se mění se vzdáleností od zdroje vzniku. Čím větší je vzdálenost od zdroje vzniku, tím více intenzita zvuku klesá a naopak. Pokud se vzdálíme od zdroje na vzdálenost 10 metrů, klesne intenzita zvuku od 20 dB. [3]

Citlivost lidského sluchu při vnímání akustické intenzity není vždy stejná, ale s rostoucí intenzitou se lineárně snižuje. Při snižování akustické intenzity sluchový orgán postupně ztrácí schopnost vnímat v plné hodnotě další přírůstek intenzity. Výsledkem tohoto jevu je logaritmická závislost mezi velikostí zvukového podnětu a velikostí sluchového vjemu. Zmíněnou vlastnost sluchu nemůžeme považovat za samoučelnou, a to z důvodu, že prostřednictvím této vlastnosti může člověk zachytit i velmi slabé zvukové signály s vysokou citlivostí a zároveň jej tato vlastnost chrání před zvuky dosahujícími vysoké intenzity. Výše uvedená vlastnost sluchu byla důvodem pro zavedení logaritmické

míry, tzv. decibelové stupnice, která slouží pro kvantifikaci akustických veličin. Akustická intenzita  $I$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ] vyjádřená v decibelech se nazývá hladina akustické intenzity  $L$  [dB]. [4]

$$L = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} = 10 \log \frac{p^2}{p_{ref}^2} = 20 \log \frac{p}{p_{ref}} \quad (1)$$

Kde  $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  je prahová hodnota akustické intenzity. Na základě tohoto vztahu vyplývá, že výše uvedená intenzita je přímo úměrná druhé mocnině akustického tlaku. [4]

$$I = \frac{P}{S} = p \cdot v = \frac{p^2}{z} \quad (2)$$

Proto je ve vztahu (1) poměr intenzit nahrazen poměrem druhých mocnin akustického tlaku. Tímto způsobem definovaná veličina se nazývá hladina akustického tlaku  $L$  [dB]. Hladina akustického tlaku může vykazovat stejnou hodnotu jako akustická intenzita pouze v tom případě, je-li splněna podmínka: plocha, na které zjišťujeme intenzitu, je naprosto kolmá na směr šíření zvuku. Pokud tato situace nastane, tak je sluchové ústrojí člověka schopné přijímat zvuk, který na něj působí z libovolného směru, tzn. že vnímání zvuku mnohem více souvisí s akustickým tlakem než s intenzitou zvuku. Toto můžeme považovat za hlavní důvod, kvůli kterého se používá při deskripci „síly“ zvuku výše uvedená veličina, hladina akustického tlaku. Pojetí akustické intenzity zvuku se používá spíše pro teoretické úvahy. [4]

**Tab. 1 Příklady hladin akustického tlaku**

Akustický tlak $p$ [Pa]	Akustická intenzita $I$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]	Hladina akustického tlaku $L$ [dB]	Příklad výskytu
cca 70	cca 12	cca 140	Akustické trauma
cca 60	cca 10	cca 130	Práh bolesti
20	1	120	Startující letadlo
2	$10^{-2}$	100	Pneumatická sbíječka
0,2	$10^{-4}$	80	Silná reprodukováná hudba
0,02	$10^{-6}$	60	Hovor
0,002	$10^{-8}$	40	Knihovna
0,0002	$10^{-10}$	20	Šelest listí
0,00002	$10^{-12}$	0	Práh slyšení

Zdroj: [4]

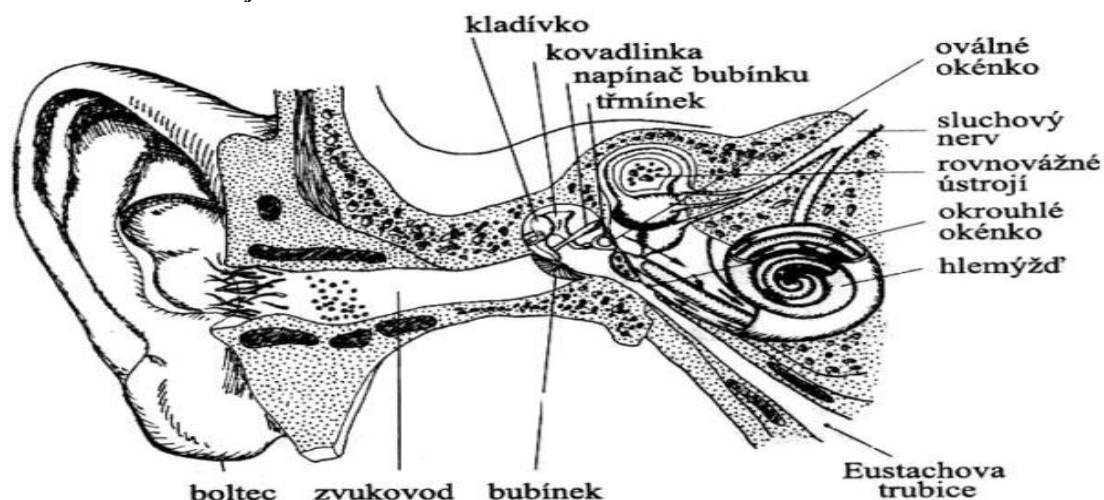
### 3.3 Vnímání zvuku člověkem

Sluch patří u člověka mezi nejdůležitější smyslové orgány. Časová reakce na sluchový podnět se pohybuje v rozmezí cca 0,11 – 0,14 sekund (pro srovnání – reakce na zrakový podnět cca 0,18 sekundy). Ucho (lat. auris) se podle anatomie dělí na tři základní sekce, kterými jsou zevní ucho (zevní zvukovod, boltec), střední ucho (Eustachova trubice, nosohltan, kladívko, třmínek, kovádlínka) a vnitřní ucho (předsíň, hlemýžď s Cortiho orgánem). [5]

Lidské ucho dokáže reagovat na frekvence a akustický tlak ve slyšitelném rozsahu, jehož rozmezí se nachází mezi hodnotami 16 – 20 000 Hz. Toto rozmezí můžeme považovat za všeobecné rozmezí, ačkoliv se krajní hodnoty prahu slyšitelnosti každého jedince mohou lišit. Lidské ucho nevnímá pro různé frekvence stejnou hladinu akustického tlaku jako stejnou hlasitost zvuku. Pro tyto závislosti byly vytvořeny *křivky hladin stejné závislosti*, které jsou v souladu s průběhy a naznačenými zdroji zvuku. [5]

Proces příjmu a zpracování zvukového vjemu probíhá v lidském sluchovém ústrojí následovně: příchozí zvuk rozkmitá bubínek, kmity se přenášejí přes sluchové kůstky na oválné okénko, přes které se zvukový vjem dostává do perilymfy. Perilymfa vytvoří otřesy, které pomocí spodinových vláken rozkmitají blanku. Osinkové buňky se díky svým tuhým výběžkům zabodávají do krycí membrány, kterou tímto úkonem podráždí. Hlubší tóny se dále šíří do spodinových vláken ve vrcholových závitech na rozdíl od vysokých tónů, které rozechvívají spodinová vlákna už v počátečních závitech. [5]

Obr. 1 Sluchové ústrojí člověka



Zdroj: [5]

## 4 Vliv dopravního hluku na člověka a jeho okolí

Za hluk můžeme zpravidla označit každý nežádoucí zvuk, který působí na lidský organismus. Jedná se o akustický signál, jehož následkem je vyvolání nepříjemného nebo rušivého vjemu, který má škodlivý charakter. Obecně nemůžeme rozlišit zvuk od hluku na základě fyzikálních parametrů. Lze je od sebe rozlišit pouze podle účinků působících na náš organismus. [6]

Nadměrný hluk se v dnešní době stává stále větším problémem životního prostředí, což také dokazuje jeho posun v žebříčku faktorů, které ohrožují zdraví lidského organismu. Vyspělé státy světa se již delší dobu snaží realizovat programy ochrany životního prostředí. V těchto zmíněných programech se nadměrný hluk zařadil hned za problém se znečišťováním ovzduší a ochranu povrchových vod. Navzdory skutečnosti, že většina lidí je s problémem hlučnosti životního prostředí obeznámena, zastává se názor, že se tento problém zatím nestal akutním, aby bylo třeba se o něj dostatečně zajímat a postupně ho eliminovat. Lidé hluk vnímají jako součást svého každodenního života i proto, že většina hluků, které na ně působí se neprojevuje bezprostřední bolestí nebo znatelnou poruchou sluchového ústrojí. [7]

Důležitou a zároveň nepříjemnou vlastností hluku je, že se může šířit na velké vzdálenosti (stovky metrů i více). Hluk se může šířit stejně dobře vzduchem, vodou i pevnou hmotou (např. ocelová konstrukce budov). Za daných podmínek se akustické vlnění láme, odráží či ohýbá. U hluku generovaného pouze jedním zdrojem z jednoho místa tak může nastat situace, kdy kolem nás za působení výše uvedených faktorů vytvoří akustická energie hlukový prostor, že nedokážeme přesně určit, kde je zdroj pouze jeden a kde se přesně nachází. Tento jev se dá pozorovat hlavně v uzavřených a polouzavřených prostorech. Důsledkem tohoto jevu je skutečnost, že hluk působí na každého, kdo se nachází v dosahu akustické energie hluku. Má tedy nepříznivý dopad nejen na člověka, který případný stroj/přístroj (zdroj hluku) obsluhuje, ale také na nezainteresované osoby. [7]

## 4.1 Působení hluku na člověka

Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou obecně definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, vedoucí ke zhoršení funkcí organismu, snížení toleranční hladiny vůči stresu nebo zvýšení vnímatelnosti k jiným nepříznivým vlivům z okolního prostředí. Účinky dlouhodobého působení hluku můžeme zjednodušeně rozdělit na účinky: [8]

**Specifické:** projevují se hlavně poruchami činnosti sluchového orgánu. Řadíme zde:

- Akustické trauma,
- explozivní trauma,
- chronické akustické trauma,
- adaptace na prahu sluchu.
- maskování.

**Nespecifické:** neboli mimo sluchové, je takové působení, kdy dochází k ovlivňování funkcí systémů organismu. Nespecifické působení hluku se může projevovat ve všech výškových hladinách. V ucelené podobě se nespecifické účinky hluku mohou projevovat ve formách poruch, které narušují emocionální rovnováhu, sociální interakci, tak i ve formě nemocí, u kterých může dlouhodobé působení hluku přispět k aktivaci nebo urychlení vlastního patogenního děje. Souhrnně můžeme nejdůležitější současné poznatky o základních nepříznivých účincích působení hluku na lidské zdraví rozdělit na: [8]

- Poškození sluchového aparátu,
- zhoršení řečové komunikace,
- nepříznivé ovlivnění spánku,
- ovlivnění kardiovaskulárního systému,
- hluboká expozice projevů poruch,
- nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem,
- pocit obtěžování hlukem.



## 4.2 Emisní a imisní problematika hluku

Kritériem pro rozlišování mezi emisemi a imisemi hluku je vazba k jeho zdroji a vazba k místu jeho přijetí. Zabýváme-li se charakteristikami akustické energie, která je generována jakýmkoliv zdrojem hluku a která je pouze ve vztahu k tomuto zdroji, budeme hovořit o hlukových emisích. Zabýváme-li se také akustickou energií v místě příjmu hluku člověkem, budeme hovořit o hlukových imisích. Pro jejich rozlišování byly vytvořeny emisní a imisní regulativy. [8]

### Regulativy pro oblast emisí

Prostředky pro popis emisních akustických charakteristik zdrojů hluku jsou dány českými technickými normami, které obsahují mimo jiné hlavně obecně známé a ověřené postupy, jež se aplikují při identifikaci a popisování akustických vlastností zdrojů hluku. Do souboru českých technických norem patří také i všechny akustické normy, které se zabývají hlukem a hlučností dopravních prostředků. Všechny zmíněné podklady jsou veřejnosti k dispozici v knihovně Českého normalizačního institutu. Pro splnění cílů této práce však nejsou zcela nutné, proto se jimi nebudeme nadále zabývat. Pro oblast této práce s hlukem jsou ovšem velmi důležité legislativní prostředky pro regulaci hlukových emisí, které v české technické legislativě existují a jsou neustále používány. [8]

Regulativem dalšího typu, který je s hlukovými emisemi blízce spojen, je nařízení vlády č. 342/2003, které stanovuje technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku. Toto již zmíněné nařízení vlády č. 343/2003 Sb., je prováděcím předpisem k Zákonu č. 22/1997 Sb., *o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů*, ve znění Zákona č. 71/2000 Sb., *změna zákona o technických požadavcích na výrobky*, Zákona č. 102/2001 Sb., *změna zákona o obecné bezpečnosti výrobků* a Zákona č. 205/2002 Sb., *změna zákona o technických požadavcích na výrobky*. [8]

Nařízení vlády č. 343/2003 Sb., obsahuje hlavně požadované mezní limity pro specifikované skupiny strojů, výrobků a dalších zařízení. Mimo jiné obsahuje také požadavky na informační uvádění akustických emisních hodnot pro další specifickou skupinu strojů, výrobků a dalších zařízení. V prvním případě zde platí, že emisní limity dovažných nebo vyvážených strojů, výrobků a dalších zařízení v rámci členských států Evropské unie nesmí být překročeny. V druhém případě se jedná o konkrétně stanovenou

informační povinnost, vztahující se k výrobcům, dovozcům a prodejcům z řad členských států Evropské unie. V prvním i druhém případě musí být v souladu s tímto nařízením vlády uvedeny akustické parametry na štítku umístěném předepsaným způsobem na stroji, výrobku a dalších zařízeních. Kontrola těchto zmíněných identifikačních limitů a označení spadá pod úřad České obchodní inspekce. [8]

### **Regulativy pro oblast imisí**

Legislativa, která je nezbytně nutná pro oblast imisí hluku, je Zákon č. 274/2003, kterým se mění některé zákony v oblasti úseku ochrany veřejného zdraví a nařízení vlády č. 502/2000 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*, které je prováděno právním předpisem k tomuto zákonu. Toto nařízení bylo následně zrušeno a v průběhu času novelizováno na nařízení vlády č. 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. Limitní hodnoty pro stanovení nejvýše přípustných hodnot hluku v prostředí jsou dány předpisem nařízení vlády č. 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. Na venkovní prostředí se zejména vztahuje příloha číslo 6 zmíněného nařízení. Cílem tohoto zákona je přesnější definování na základě stanovených priorit společného přístupu k vyvarování se, prevenci nebo omezení škodlivých či obtěžujících účinků hluku a hlučnosti ve venkovním prostředí. Také poskytnou základní informace pro přípravu opatření ke snižování hluku, který je vytvářen hlavně prostřednictvím silniční a železniční dopravy, také však infrastrukturou, leteckou dopravou a zařízeními určenými k mobilním strojním zatížením. [8] [9]

Návrh zákona řeší také problematiku hlukové strategie a hlukových map, které mohou poskytnout údaje potřebné k vyjádření hluku vnímatelného na konkrétním místě. Následně také zpracování plánů pro postupné snižování hlučnosti životního prostředí.

## 5 Normy a právní podmínky pro omezování hluku a měření hluku

V této kapitole budou přiblíženy nejdůležitější zákony, vyhlášky a nařízení vlády, normy a metodické pokyny v oblasti hlukové problematiky.

### 5.1 Zákony

Základní rámec hlukové problematiky v oblasti komunální hygieny tvoří Zákon č. 258/2000 Sb. *o ochraně veřejného zdraví a o změně souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů*. Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie: [10]

- a. práva a povinnosti fyzických a právnických osob v oblasti ochrany a podpory veřejného zdraví,
- b. soustavu orgánů ochrany veřejného zdraví, jejich působnost a pravomoc,
- c. úkoly dalších orgánů veřejné správy v oblastech ochrany a podpory veřejného zdraví a hodnocení a snižování hluku z hlediska dlouhodobého průměrného hlukového zatížení životního prostředí.

Zákon o meteorologii je pak uváděn jako základní kámen jakéhokoliv měření, tedy i měření hluku a hlučností prostředí. Zákon č. 505/1990 Sb., *o meteorologii, ve znění pozdějších předpisů*. Účelem zákona je úprava práv a povinností fyzických osob, které jsou podnikateli, a právnických osob a orgánů státní správy, a to v rozsahu potřebném k zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření. Subjekty a orgány státní správy jsou povinny používat základní měřicí jednotky, jejich označování, násobky a díly stanovené vyhláškou, a ostatní jednotky, jejich označování, definice, násobky a díly stanovené vyhláškou. V mezinárodním styku lze použít měřicí jednotky odpovídající mezinárodním obchodním zvyklostem. [11]

Zákon č. 360/1992 sb., *o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě*. Tento zákon definuje autorizaci pro výkon povolání v oblasti stavebního práva. [12]

## 5.2 Vyhlášky a nařízení vlády

K jednotlivým zákonům jsou zde uvedena nejdůležitější prováděcí nařízení vlády. Nařízení vlády 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů*. Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje: [9]

- a. hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování, hodnocení a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance,
- b. hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor, chránění venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb,
- c. hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb,
- d. způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.

**Tab. 2 Základní hygienické limity pro venkovní hluk**

Venkovní hluk	Den (6:00 – 22:00)	Noc (22:00 – 6:00)
Základní limit – pro hluk jiný než z dopravy	50 dB	40 dB
Pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
Pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
Pro hluk v ochranných pásmech drah	55 dB	55 dB
Pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
Pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
Pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

Zdroj: [13]

**Tab. 3 Základní hygienické limity pro vnitřní hluk**

Vnitřní hluk	Den (6:00 – 22:00)	Noc (22:00 – 6:00)
Základní limit	40 dB	30 dB
Pro hluk ze silniční dopravy (neplatí pro stavby dokončené po 1.6. 2006, u kterých platí základní limit)	45 dB	35 dB
Pro hluk z hudby, zpěvu a řeči	35 dB	25 dB

Zdroj: [13]

Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb., *kerou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů*. Tato vyhláška byla oznámena v souladu se směrnicí Evropského parlamentu

a Rady 98/34ES ze dne 22. června 1998 o postupu poskytování informací v oblasti technických norem, předpisů a pravidel pro služby informační společnosti, ve znění směrnice 98/48/ES. [14]

Zařazení pracovišť do kategorií podle naměřených hodnot hluku konkretizuje vyhláška č. 432/2003 Sb. Tato vyhláška zapracovává předpisy Evropské unie a stanoví kritéria, faktory a limity pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Faktorem se pro účely této vyhlášky rozumí fyzikální, chemické a biologické činitele, prach, fyzická zátěž, zátěž teplem a chladem, psychická a zraková zátěž a další faktory, které mohou mít nebo mají vliv na zdraví. [15]

Předpis č. 222/2006 Sb., kterým se mění Zákon č. 76/2002 Sb., *o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony.* [16]

Vyhláška 561/2006Sb., ze dne 30. listopadu 2006, *o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku.* [17]

Vyhláška 523/2006 Sb., ze dne 21. listopadu 2006, *o hlukovém mapování.* [18]

### **Stará hluková zátěž**

Přesné definování staré hlukové zátěže dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., zní: „hluk v chráněném venkovním prostoru a chráněných venkovních prostorech staveb, který vznikl před 1. lednem 2001 a je způsobovaný dopravou na pozemních komunikacích a drahách“. Speciální limit pro starou hlukovou zátěž byl vytvořen z důvodu snadného splňování limitů, hlavně v okolí hlavních silnic, bez nutnosti převratných stavebních zásahů a nákladových investic. [19]

### 5.3 Normy a metodické pokyny

Vybrané normy a metodické pokyny, které byly vydány Ministerstvem zdravotnictví České republiky v oblasti měření a hodnocení hluku. Normy specifikují požadavky a konkretizují jednotlivé postupy. Níže je uveden seznam nejdůležitějších z nich: [20]

- ČSN ISO 1996  
Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí.
- ČSN ISO 1999  
Akustika – Odhad ztráty sluchu vlivem hluku.
- ČSN EN ISO 9612  
Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti – Technická metoda.
- ČSN EN ISO 10140  
Akustika – Laboratorní měření zvukové izolace stavebních konstrukcí.
- ČSN ISO 717  
Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách.
- ČSN 73 0532  
Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky

Metodické návody vydává Ministerstvo zdravotnictví, které jimi konkretizuje vybrané postupy napříč legislativním a normativním rámcem. Níže je uveden seznam nejdůležitějších z nich:

- HEM-300-26.4.01-16344  
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací.
- HEM-300-11.12.01-34065  
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí.
- OVZ-32.0-19.02.2007/6306  
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku z leteckého provozu.
- MN č.j. 62545/2010-OVZ-32.3-1.11.2010  
Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb.

## 6 Hluk v dopravě

Pojem dopravní hluk zahrnuje hluk z pozemní dopravy (silniční a kolejové dopravy), letecké dopravy a lodní dopravy. S neustále se zvyšující intenzitou dopravy se zvyšuje i hluková zátěž obyvatelstva. Důležité je si uvědomit, že na člověka nemusí působit pouze jeden zdroj hluku (míněno zdroj generován dopravou), ale i několik zdrojů najednou. K této situaci dochází například při křížování silniční dopravy s kolejovou, železniční a leteckou dopravou. Mluvíme zde o sčítání hluku, kdy by výsledná hodnota neměla překračovat hodnotu hygienického limitu zástavby. [1] [21]

Na intenzitu dopravního hluku má vliv mnoho faktorů. Mezi základní faktory řadíme např. rychlost dopravního prostředku, technický stav dopravního prostředku, jízdní dráhu, počet dopravních prostředků v závislosti na daný časový interval nebo vzdálenost sledovaného bodu od zdroje hluku. Na šíření hluku, který vyprodukuje dopravní prostředek, má vliv okolní prostor, zejména jeho tvar a povrch, dále pak překážky vyskytující se v prostoru, klimatické podmínky a další faktory. [21]

Velký nárůst hlučnosti, zapříčiněný vlivem dopravy, můžeme pozorovat v blízkosti dopravních magistrál, výpadevých silnic, velkých křížovatek nebo letišť. V těchto lokalitách je ekvivalentní hladina akustického tlaku proměnná, a to z důvodu pohybu vozidel v městském provozu. Dochází zde ke změnám rychlosti pohybu vozidla až po úplné zastavení, při kterém vozidlo po určitý časový interval stojí na místě a následně se opět rozjíždí až do původní rychlosti. [21]

## 6.1 Posuzování dopravního hluku

Pro příklad rozdílnosti posuzování dopravního hluku a hygienických limitů byla vybrána vilová oblast na okraji města, která se nachází mezi silniční a železniční komunikací.

Obr. 2 Modelová situace



- **Červená** – obytné domy s chráněným venkovním prostorem staveb
- **Tmavě zelená** – místní komunikace 2. třídy
- **Bílá** – další pozemní komunikace
- **Černobílá** – železniční dráha

Zdroj: [22]

V situaci se nacházejí celkem 3 různé zdroje hluku, pro které je nutné určit hygienický limit hluku. Prvním zdrojem hluku je ulice vyznačena tmavě zelenou barvou. Jedná se o místní hlavní pozemní komunikaci 2. třídy. Hluk z hlavních pozemních komunikací je ve většině případů na území dominantní. Hygienický limit hluku se v takovém případě stanovuje pro celou denní a celou noční dobu, tzn. pro 16 a 8 hodin. Jedná se o mírnější postup z hlediska hodnocení hluku, neboť zde dochází k rozpočítávání hluku z hlučnějších období do tišších, dopravně klidnějších hodin. V matematickém pojetí to znamená, že se ranní a odpolední dopravní špička rozpočítává do celé 16 hodinové denní doby a doba mezi 22. hodinou a půlnocí se rozpočítává do celé 8 hodinové noční doby. K základní hladině  $L_{Aeq,T} = 50$  dB se zde připočítává korekce +10 dB pro denní dobu a pro noční dobu korekce -10 dB. [9] [22]



Dále jsou na obrázku uvedeny další pozemní komunikace (vyznačené bílou barvou). Hluk z těchto komunikací se hodnotí stejně jako v předchozí situaci, a to pro celou denní a noční dobu, ale korekce k základní hladině je +5 dB a pro noční dobu opět dalších -10 dB. [22]

Třetím zdrojem hluku je železniční dráha. Hluk z železniční dopravy má oproti silniční dopravě svůj poměrně specifický charakter. U silniční dopravy je časový průběh hladiny akustického tlaku A v závislosti na její intenzitě téměř konstantní. U železniční dopravy se naopak střídají poměrně dlouhá období s nízkou hladinou akustického tlaku s krátkými úseky s vyšší hladinou akustického tlaku při průjezdech vlaků. Odlišný charakter hluku z železniční dopravy se projevil i v odlišné korekci hygienického limitu v noční době. Hygienický limit hluku se stanovuje opět pro celou denní a celou noční dobu. K základní hodnotě se přičítá korekce +5 dB. Pro noční dobu se přičítá další korekce -5 dB. Pro chráněné venkovní prostory staveb v ochranném pásmu dráhy je nutné připočítat dalších +5 dB. [10] [22]

V případě, že by modelové území bylo zasaženo i hlukem generovaným leteckou dopravou, je nutné přidat hygienický limit hluku z letového provozu. Tento hluk se hodnotí opět pro celou denní a noční dobu. Hodnoty hygienického limitu jsou stanoveny na  $L_{Aew, T} = 60$  dB pro denní dobu a  $L_{Aew, T} = 50$  dB pro noční dobu. Hodnoty se vztahují na charakteristický letový den (tzn. průměrný letový den na daném letišti za 6 měsíců během letní sezóny). [9] [22]

## 6.2 Hluk dopravních prostředků

V této kapitole se budeme zabývat dopravními prostředky silniční, kolejové a letecké dopravy. Každý druh z výše uvedených druhů dopravy má vliv na rostoucí hlukovou zátěž životního prostředí. Neustále se zvyšující objem dopravních prostředků na pozemních komunikacích je závislý na neustále se zvyšující životní úrovni obyvatelstva.

U dopravních prostředků se příčiny vzniku hluku rozdělují na dvě kategorie. První z nich je mechanický hluk, který je způsobován mechanickými kmity povrchy strojů a jejich částí. Kmitající povrch tělesa vyvolá akustický rozruch plynného nebo kapalného prostředí a tím předá svou mechanickou energii akustickému prostředí. Akustická energie se postupně šíří prostřednictvím akustických vln do celého akustického prostředí. Druhou kategorií je aerodynamický hluk, který vznikne v případě působení proudu vzduchu na okolní prostředí nebo pokud nastane náhlá a rychlá změna tlaku vzduchu v průběhu proudění. [23]

### 6.2.1 Vnější hluk v automobilové dopravě

Tento hluk vzniká převážně při provozování vozidel na pozemních komunikacích, odkud se postupně šíří do okolního prostředí, kde působí na nezainteresované osoby. Mezi tyto osoby patří jak osádka automobilů, tak lidé žijící v okolních domech, cyklisté, chodci aj. Samotné působení vnějšího hluku je závislé na několika faktorech, mezi které řadíme např. vzdálenost od vozovky, sestavu terénu, druh a typ vozovky, rychlost pohybujících se vozidel, intenzitu dopravy, druh pohybu vozidla (akcelerace, decelerace), ale také vlastní konstrukce vozidla, zejména jeho podvozkové části, typ a konstrukce pneumatik, hloubku dezénu. [24]

Hladina hluku je nejvíce ovlivňována v blízkostech míst, kde jsou automobily nuceny měnit svou rychlost (křižovatky, přechody pro chodce aj.). V těchto místech hladina hluku kolísá, a to z důvodu decelerace a opětovné akcelerace vozidel do původní rychlosti. Pro hladinu celkového hluku z vozidel platí ve všech členských státech EU limit 74 dB pro osobní automobily a limit 80 dB pro nákladní automobily. [24] [25]

### 6.2.2. Vnitřní hluk v automobilové dopravě

Vnitřní hluk působí uvnitř dopravního prostředku. Tento hluk ovlivňuje jak řidiče vozidla, tak posádku. Zdrojem vnitřního hluku je zejména hnací ústrojí vozidla, zvuk motoru (kmitání hřídelí aj.), valivý hluk (vzniká v důsledku dvou těles ve stykové ploše, konkrétně pneumatiky a povrchu vozovky, vytvořené vibrace se přenášejí do pneumatiky a povrchu vozovky, odkud se dále šíří do okolního prostředí). Intenzita vnitřního hluku udává komfort vozidla. Důležité je také odhlučnění vozidla, které závisí na omezení vibrací kovových částí karoserie vozidla, čímž se zamezí postupu hluku do kabiny vozidla. [25]

### 6.2.3. Hluk kolejové dopravy

Kolejová doprava vykazuje druhé nejvyšší absolutní hodnoty hluku generovaného dopravou. Celková váha vozidla je přenášena na stykovou plochu kolejnice, kde tedy dochází ke kontaktu kovu na kov. [24] [27]

Vozidla účastníci se kolejové dopravy rozdělujeme na tři základní druhy:

- **Hnací vozidlo** – je kolejové vozidlo schopné vyvíjet tažnou sílu na obvodu kol, určené k vozbě vlaků, pro přepravu osob nebo nákladu nebo pro pohyb s jinými železničními kolejovými vozidly mimo případy, kdy takový pohyb provádí speciální hnací vozidlo.
- **Tažené vozidlo** – je vozidlo kolejové dopravy, které není konstrukčně uzpůsobeno vyvíjet tažnou sílu, určené pro přepravu osob nebo nákladu.
- **Speciální vozidlo** – je vozidlo kolejové dopravy konstruované pro údržbu, opravy nebo rekonstrukce dráhy, pro kontrolu stavu dráhy, měření, odstraňování následků nehod nebo mimořádných událostí.

## Železniční doprava

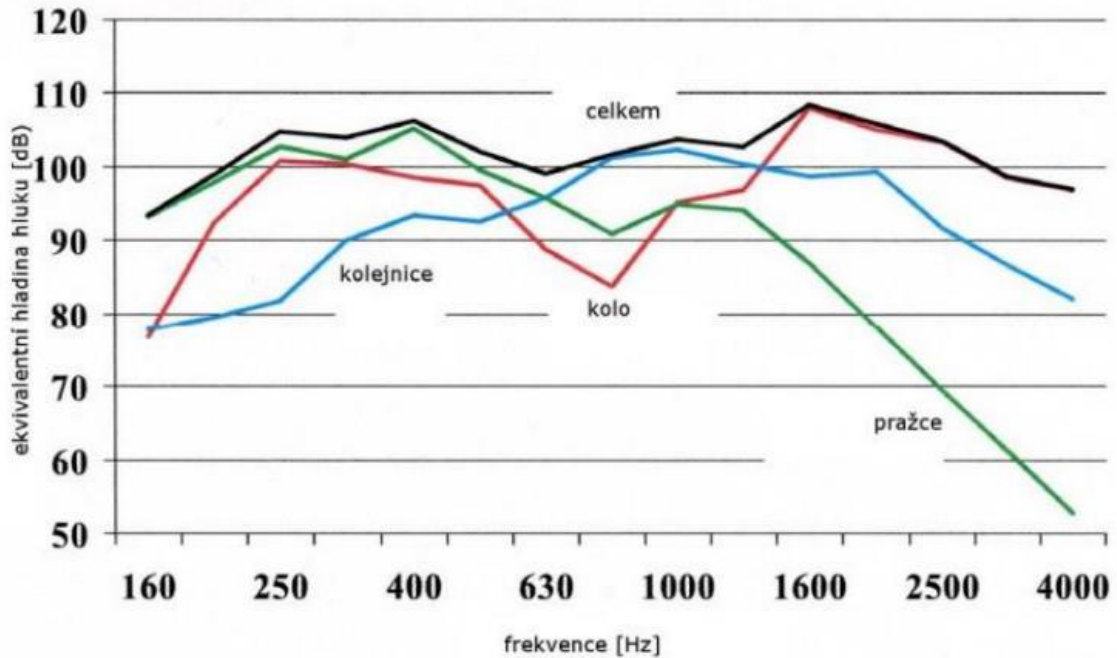
Železniční doprava, stejně jako jiné druhy dopravy, způsobuje hluk. Při srovnání hluku generovaného silniční a železniční dopravou, tak s hlukem ze silniční dopravy se setkáme téměř na každém kroku. Hluk má, až na výjimky, celkem stálou hladinu akustického tlaku narozdíl od hluku ze železniční dopravy, který intenzivně vzroste při průjezdu vlaku a poté rychle zanikne až do průjezdu dalšího vlaku. [26]

Hluk způsobený železniční dopravou, se skládá zejména z hluku způsobeného valením, trakčními motory, ventilátory trakčních motorů, klimatizací, transformátory, pantografy, aerodynamickým hlukem a dalšími méně významnými faktory. Co se týká hlučnosti, tak mezi nejvýznamnější patří hluk způsobený trakcí, aerodynamický a hluk z valení. [26] [28]

- **Hluk trakce** – původcem je hluk z pohonu hnacích vozidel, zejména se jedná o hluk hnacích motorů, převodů a chladících ventilátorů a některých dalších částí strojů. Tento hluk je nejvíce znatelný do rychlosti  $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . To platí zejména u vozidel, které jsou poháněné diesellovými motory. Hlukové emise motorové trakce jsou závislé na otáčkách motoru. Při rozjezdu soupravy je požadován vysoký výkon motoru, který je maximální ve vyšších otáčkách. Hluk z trakce je možné regulovat například výměnou diesellových hnacích vozů za elektrické. Je ale nutné brát v potaz fakt, že velké množství tratí v České republice není elektrifikováno. Proto zde přichází v úvahu spíše varianta výměny starých diesellových hnacích vozů za modernější.
- **Aerodynamický hluk** – vzniká v důsledku proudění vzduchu, kolem karoserie vozů a jejich podvozků, kde při jejich obtékání dochází ke vzniku turbulencí. Zásadním prvkem, který má významný vliv, je tvar vozidla nebo celé soupravy. Zpravidla se nejvíce klade důraz na hnací vozidlo, např. jeho tvar a celkový způsob provedení čelní plochy hnacího vozidla. Okolo rychlosti  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ , začíná aerodynamický hluk nabírat na intenzitě, která se neustále stupňuje až do rychlosti cca  $250 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  a považuje se za nejhlučnější složku hluku, generovaného železniční dopravou.

- **Hluk valení** – hlavním zdrojem hluku valení je styk kola s kolejnicí. Jeho velikost závisí na povrchu stykové části kola a kolejnice, zejména její drsnosti. Dalšími zdroji hluku valení jsou všechna místa v podvozku, u kterých pod vlivem otáčení dvojkolí vzniká tření. Hluk z valení nejvíce ovlivňuje aktuální technický stav železniční kolejové dopravy, kolejnic a rychlost.

Obr. 3 Hluk valení



Zdroj: [28]

Hluk z valení je možné snižovat zejména pravidelnou servisní údržbou podvozku železničního kolejového vozidla a neméně důležitou údržbou kolejnic broušením s využitím brousících vlaků.

### Tramvajová doprava

Tramvajová doprava je typem kolejové dopravy ve městech. Sdílí zde dopravní prostor s individuální dopravou (např. automobilovou, cyklistickou, pěší, aj.) a ostatními druhy hromadné dopravy. Dochází k víceúrovňovému křížení tramvajové dopravy s výše uvedenými typy dopravy. Tomuto křížení je také infrastruktura pozemní komunikace uzpůsobena. Z důvodu upřednostňování hromadné dopravy je snaha tramvajovou trať segregovat od ostatních druhů dopravy na samostatné těleso, to vede ke zvětšení rychlosti

a spolehlivosti provozu. Šířka ulic a plochy mezi zástavbou bývají často nedostatečné pro vedení tramvajové tratě na vlastním tělese. V Praze je pouze 52 % tramvajových tratí na vlastním tělese. [24]

V úvahu je nutno brát, že tramvajová doprava je vedena obytnými částmi měst, kde hluk působí na velké množství lidí. Hlavní hluk, generovaný tramvajovou dopravou, tvoří hnací ústrojí, pohyb tramvajového vozidla po kolejích a hluk motoru. Tyto prvky lze regulovat změnou konstrukce vozidel.

#### **6.2.4 Hluk letecké dopravy**

Hluk generovaný leteckou dopravou se vyskytuje na většině území České republiky. Tímto hlukem jsou nejvíce postihovány oblasti, které se nachází v oblasti letišť. V poslední době pozorujeme velký nárůst objemu letového provozu jak v přepravě cestujících, tak v přepravě nákladu. Jen na letišti Václava Havla v Praze proběhne ročně více než 50 000 akcí (vzletů a přistání). Vzhledem k tomuto faktu musí letiště plnit normy a směrnice EU k řešení hlukové problematiky 2002/30/ES. V okolí letiště Václava Havla v Praze je rozmístěno 13 stacionárních měřících stanic, které monitorují rozsah ochranného hlukového pásma letiště (viz příloha 1).

Českou republiku protíná několik desítek leteckých koridorů. Během jednoho měsíce přeletí nad územím České republiky průměrně 90 000 letadel, které sice létávají ve velkých výškách, ale i tak mají určitý podíl na celkové hlukové zátěži životního prostředí. [29]

Hlavním zdrojem hluku v leteckém průmyslu považujeme letouny. Letiště jako takové (budovy, provozní vozidla) se nepovažují za zásadní zdroj hluku. Fyzikálně vzniká hluk z tlakových rozdílů vzduchu při obtékání těles. Zdroje hluku v letectví se u nejčastěji využívaných prostředků jako jsou vrtulníky, proudové a turbovrtulové letouny liší. Zjednodušeně můžeme tvrdit, že zdrojem hluku na letounech jsou jednak rotující části (rotor vrtulníku, vrtule, lopatky kompresoru a turbíny) a dále vstupní a výstupní části motoru (sací ústrojí, hnací tryska). V menší míře se na tvorbě hluku podílí také vztlakové klapky a podvozek letounů. Tryskové doprání letadlo je při startu původcem hluku o hodnotě 140 dB. [30] [31]

### 6.3 Hlukové mapování a akční plány

Problematika hlukové zátěže je téma, které se neřeší jen v jednotlivých státech, ale má také mezinárodní úroveň. Evropská komise publikuje tzv. „zelené knihy“. Dokumenty, které slouží jako podnět k celoevropské diskuzi na daná témata. V roce 1996 byla vydána zelená kniha „Future Noise Policy“ o budoucí politice ochrany proti hluku, ve které byl komisi označen hluk za jeden z hlavních problémů životního prostředí v Evropě. V roce 2002 byla přijata směrnice 2002/49/ES o hodnocení a snižování hluku ve venkovním prostředí. Tato směrnice je zaměřena na hluk ve venkovním prostředí. Tomuto hluku jsou vystaveni lidé v běžných zastavěných oblastech, zároveň ale také lidé v blízkosti škol, nemocnic, ve veřejných parcích nebo volné krajině. Směrnice popisuje základní postup pro přípravu souboru krátkodobých, střednědobých a dlouhodobých protihlukových opatření. Ty by v budoucnu měly sloužit ke snížení hluku, který je generován hlavně ze silniční, železniční, letecké dopravy, dále také infrastrukturou a zařízeními určenými k použití ve venkovním prostředí nebo z průmyslových zařízení a mobilních strojních zařízení. [32]

Strategickým cílem, který směrnice 2002/49/ES vytyčila, bylo snížit v Evropské unii do roku 2010 počet obyvatel zasažených hlukem nad 65 dB o 10 % a do roku 2020 o 20 %. Směrnice měla rovněž zavést společný postup, jak se bránit proti hluku a jak je možné škodlivé nebo obtěžující účinky hluku ve venkovním prostředí snižovat nebo omezovat. To je hlavní důvod, kvůli kterému musí členské státy EU určit míru expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím hlukového mapování. Dále musí členské státy EU zpřístupnit veškeré dostupné informace o hluku ve venkovním prostředí a snažit se zabezpečit, aby se tyto informace dostaly do povědomí obyvatel daného státu. Hlukové mapy slouží jako podklad pro realizaci akčních hlukových plánů. Tyto plány mají za cíl prevenci a snižování hluku ve venkovním prostředí. Směrnice ukládá členským státům povinnost zpracovat strategické hlukové mapy na jejich území. [32]

Strategické hlukové mapy jsou vytvářeny v pravidelných pětiletých cyklech, případně může dojít k vyžádání předčasného termínu, dojde-li k podstatnému vývoji hlukové situace ve sledovaném území. Česká republika je jako členský stát EU povinna pořizovat strategické hlukové mapy a navazující akční plány. Strategické hlukové mapy se pořizují pro hluk v okolí stanovených hlavních pozemních komunikací, hlavních železničních tratí, hlavních letišť a v aglomeracích. Na zpracování strategické hlukové

mapy navazují Akční plány, které obsahují návrhy opatření na snížení hluku v nejzatíženějších oblastech, které byly určeny na základě strategické hlukové mapy. [32]

Byla určena tři kola mapování pomocí strategických hlukových map do roku 2007, 2012 a 2017.

### **1. kolo zpracování strategických hlukových map**

První kolo bylo definováno následujícími kritérii: [33]

- 1) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 6 000 000 vozidel za rok,
- 2) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 60 000 vlaků za rok,
- 3) aglomerace s více než 250 000 obyvateli, které definuje členský stát,
- 4) hlavní letiště s více jak 50 000 vzlety a přistání za rok.

### **2. kolo zpracování strategických hlukových map**

Druhé kolo bylo definováno následujícími kritérii: [34]

- 1) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok,
- 2) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok
- 3) aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které definuje členský stát
- 4) hlavní letiště s více jak 50 000 vzlety a přistání za rok.



### 3. kolo zpracování strategických hlukových map

Třetí kolo bylo prováděno v letech 2013–2017 a je definováno následujícími kritérii: [35]

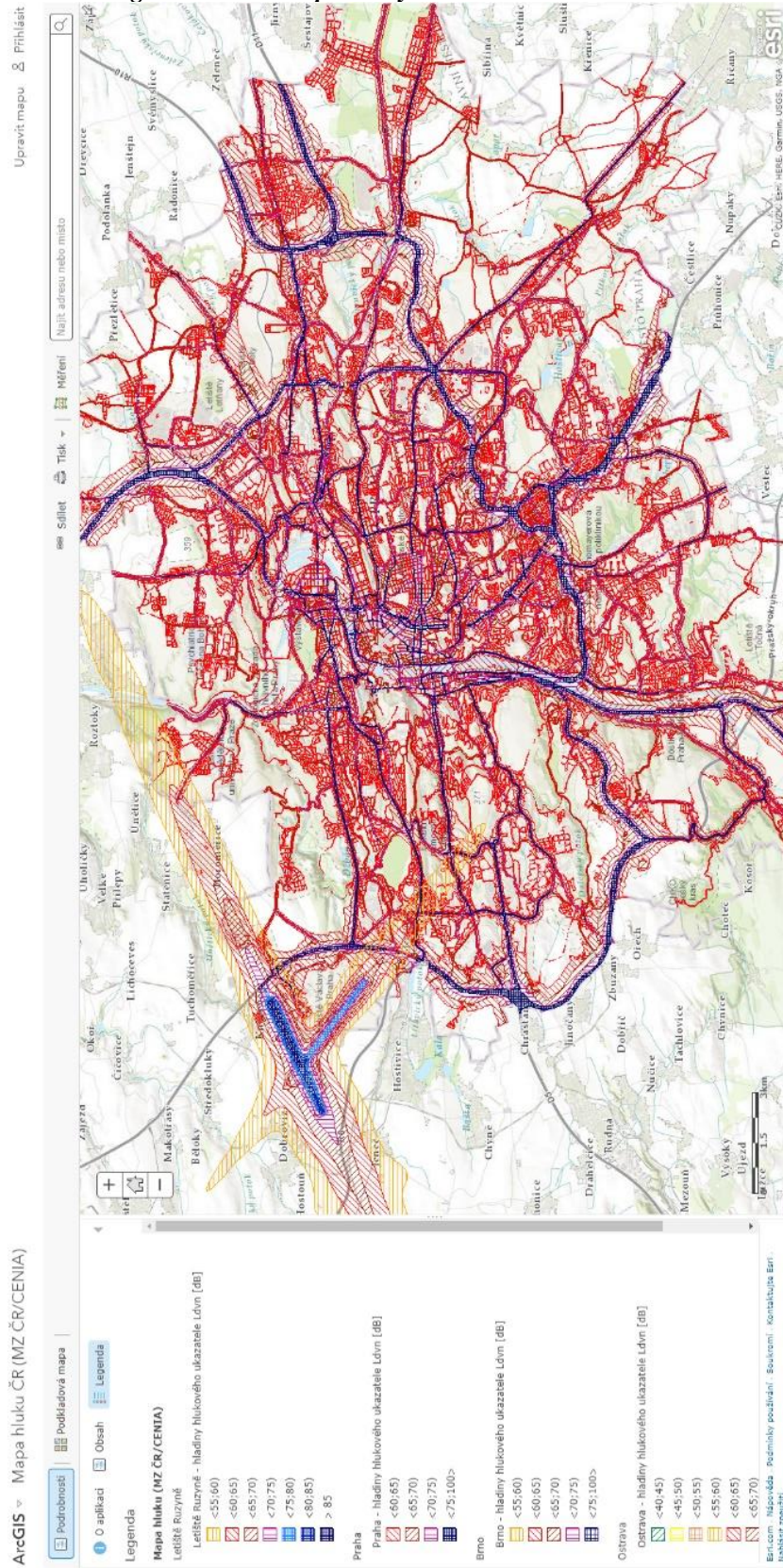
- 1) úseky hlavních pozemních komunikací, po kterých projede více než 3 000 000 vozidel za rok
- 2) úseky hlavních železničních tratí, po kterých projede více než 30 000 vlaků za rok
- 3) aglomerace s více než 100 000 obyvateli, které definuje členský stát
- 4) hlavní letiště s více jak 50 000 vzlety a přistání za rok.

Strategické hlukové mapy jsou přístupné v listinné podobě, a to v sídle Ministerstva zdravotnictví, ale také v podobě elektronické na internetových stránkách Ministerstva. Podobné je to také s akčními plány, které zpřístupňuje Ministerstvo dopravy a krajské úřady, jako jejich pořizovatel, v listinné podobě ve svém sídle a elektronická podoba akčního plánu je přístupná na jejich internetových stránkách.

Dle prováděného mapování je v Praze, Brně a Ostravě vystaveno účinkům hluku přesahujícím hygienické limity přibližně 10 % obyvatel. V některých obcích v blízkosti frekventovaných komunikací je nadměrnému hluku z dopravy vystavena více jak čtvrtina všech obyvatel a hluk tak může negativně ovlivňovat ekonomickou i sociální situaci těchto obcí a brzdít jejich další rozvoj. [32]

V roce 2013 byla vydána Směrnice EU č. 2003/613/ES, která uvádí doporučené metodiky pro výpočet strategických hlukových map pro hluk ze silniční, železniční a tramvajové dopravy a dále pro letecký a průmyslový hluk. V roce 2015 byla vydána Směrnice EU 2015/996 o stanovení společných metod hodnocení hluku podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES. Tato směrnice definuje novou jednotnou metodiku výpočtu strategických hlukových map v členských zemích EU. Členské státy mohou podle této směrnice postupovat ode dne vydání směrnice 19. 5. 2015, od 31. 12. 2018 jsou povinny tyto metody používat. Členské státy rovněž uvedou v účinnost právní a správní předpisy nezbytné pro dosažení souladu s touto směrnicí do 31. 12. 2018. [32]

Obr. 4 Strategická hluková mapa Prahy a okolí



Zdroj: [http://www.arcgis.com]

## 6.4 Protihlukové opatření

Protihluková opatření snižující hluk, generovaný dopravou rozdělujeme na dvě základní kategorie, a to jsou aktivní a pasivní opatření. Velká většina protihlukových opatření, které jsou upřednostněna v jiných státech Evropské unie, potřebují nejen systémové přístupy, ale i podporu ze strany státu, respektive odpovědných institucí a úřadů. [8]

Základní metody snižování hluku:

- Snižování hluku u zdroje,
- snižování hluku na cestě,
- snižování hluku v místě působení.

### **Protihluková opatření silniční dopravy**

Protihluková opatření silniční dopravy se snaží eliminovat hluk ve všech fázích, to zahrnuje eliminaci hluku od zdroje přes přenos až k objektu působení, např. budovy. Důležité je si uvědomit, že ne všechna protihluková opatření může realizovat a ovlivňovat provozovatel zdroje hluku. Velké množství protihlukových opatření je nutné řešit v souladu s legislativou, a to v rámci různých rezortů. Hlavní zásady opatření se mohou uplatňovat v oblasti územního plánování, a to např. vhodnou blokovou zástavbou v obytných souborech nebo plánování budování bytových souborů v dostatečné vzdálenosti od hlavních dopravních tříd. Navrhovaný urbanisticko-dopravní systém preferuje budování nových komunikací v dostatečné vzdálenosti od chráněných oblastí, minimalizuje tranzitní dopravu center a obytných oblastí, zavádí do větších měst tzv. klidové zóny, které omezují rychlost nebo omezují vjezd vozidel do zóny v závislosti na čase. Velkým zdrojem hluku jsou ve městech křižovatky, kde vozidla brzdí, dlouho stojí a následně se rozjíždějí. V rámci stavebně-technického systému se hledají vhodná řešení pro zabezpečení plynulejšího pohybu vozidel v těchto kritických oblastech. Jedním z dalších protihlukových opatření je v současné době používání speciálních asfaltů při budování nových komunikací. Tato oblast opatření je však stále více ve fázi vývoje než

realizace, protože nízko hlučné asfalty mají nízkou životnost a jejich vlastnost tlumení hluku se uplatňuje až při rychlostech, které se pohybují nad 60 km.h-1.

Omezení rychlosti vozidel je účinným regulačním opatřením pro dopravní hluk při určitých opatřeních a za daných podmínek. Je nezbytné však zabezpečit plynulý provoz dopravy a podpořit neagresivní styl řízení řidičů vozidel. Mimo regulování prostřednictvím rychlostních limitů jsou taky účinná technická zařízení, jako např. zelená vlna nebo technické opatření jako zužování vozovky do méně pruhů, případně aplikací příčných prahů při vjezdech do obcí. Velmi účinným opatřením k regulování rychlosti jsou radary a monitorovací zařízení. Těmito opatřeními můžeme dosáhnout snížení hluku v silniční dopravě přibližně o 3-5 dB. [36]

### **Protihluková opatření kolejové dopravy**

V kolejové dopravě řadíme mezi opatření aktivní opatření takové, které zabraňují samotnému vzniku hluku. Řadíme zde mimo jiné omezení rychlosti v určitém úseku, přesunutí určitých dopravních úkonů na jinou denní dobu, případně do jiné stanice. Opatření technického charakteru mohou být realizována buď přímo na kolejových vozidlech, nebo na železničních dopravních cestách. K nejčastějším protihlukovým opatřením v kolejové dopravě patří broušení a frézování kolejnic, eventuálně aplikace kolejnicových pohlcovačů hluku. Aplikování kolejnicových pohlcovačů hluku není z hlediska snížení hluku zcela efektivní metoda, protože se tímto zásahem zmírní hlučnost o přibližně 1-4 dB. Mnohem účinnější je renovace trati s následnou standardní údržbou, touto metodou je možné snížit hlučnost až o 10 dB. Nejúčinnější je odstranění zvlnění broušením, kterým se sníží hluk až od 20 dB. Všechna dosavadní protihluková opatření mají pouze lokální účinnosti. [26]

Mezi technická opatření, která se týkají přímo kolejových vozidel, je kromě modernizace vozového parku, tlumičů a kol i výměna brzdových špalíků. Při brzdění dochází ke zdrsňování povrchu kol i kolejnic, tento úkaz nastává v důsledku používání starých litinových brzdových špalíků. Možným řešením tohoto problému je aplikace brzdových špalíků z kompozitních materiálů, které mají vlastnost snížit valivý hluk vozidla až o 50 %. Jedná se zde ovšem o velký investiční náklad. [26]

Mezi pasivní opatření řadíme ty, které regulují již vzniklý hluk. Typickým představitelem těchto typů protihlukových opatření je budování protihlukových stěn. V České republice došlo k převratnému rozvoji v této oblasti začátkem 90. let, a to v souvislosti s rozšiřováním a modernizací železniční dopravy. První protihlukové stěny byly konstruovány jako samostatné monolitické stěny, jejichž povrch byl ve většině případů hladký. Po dlouhou dobu byla vizuální stránka protihlukových stěn brána jako nepodstatná, proto stěny často nezapadaly do okolního prostranství. Postupem času začaly být na stěny kladeny požadavky i z hlediska jejich vizuální stránky, zvláště pak architektonického ztvárnění. Při realizaci protihlukových stěn je třeba dbát na velké množství podmínek a konstrukčních požadavků, např. výška stěny, plošná hmotnost, únikové otvory, uzavřená plocha bez mezer a také architektonické řešení stěny. Akustické působení protihlukových stěn závisí na jejich tvaru a použitém materiálem (nejčastěji beton, cihly, akrylátové sklo). Největší nevýhodou protihlukových stěn je jejich lokální působnost. Protihlukové stěny snižují hlučnost prostředí v závislosti na jejich výšce o 5-15 dB. [26]

K pasivním protihlukovým opatřením patří také zatravnění tramvajových pásů ve městech. Travnatá plocha je kladena mezi kolejnice v tramvajovém pásu a pohlcuje hluk, který je generován samostatným tramvajovým tělesem. V rámci města je toto odhlučnění efektivní i z hlediska estetiky okolí.

# PRAKTICKÁ ČÁST

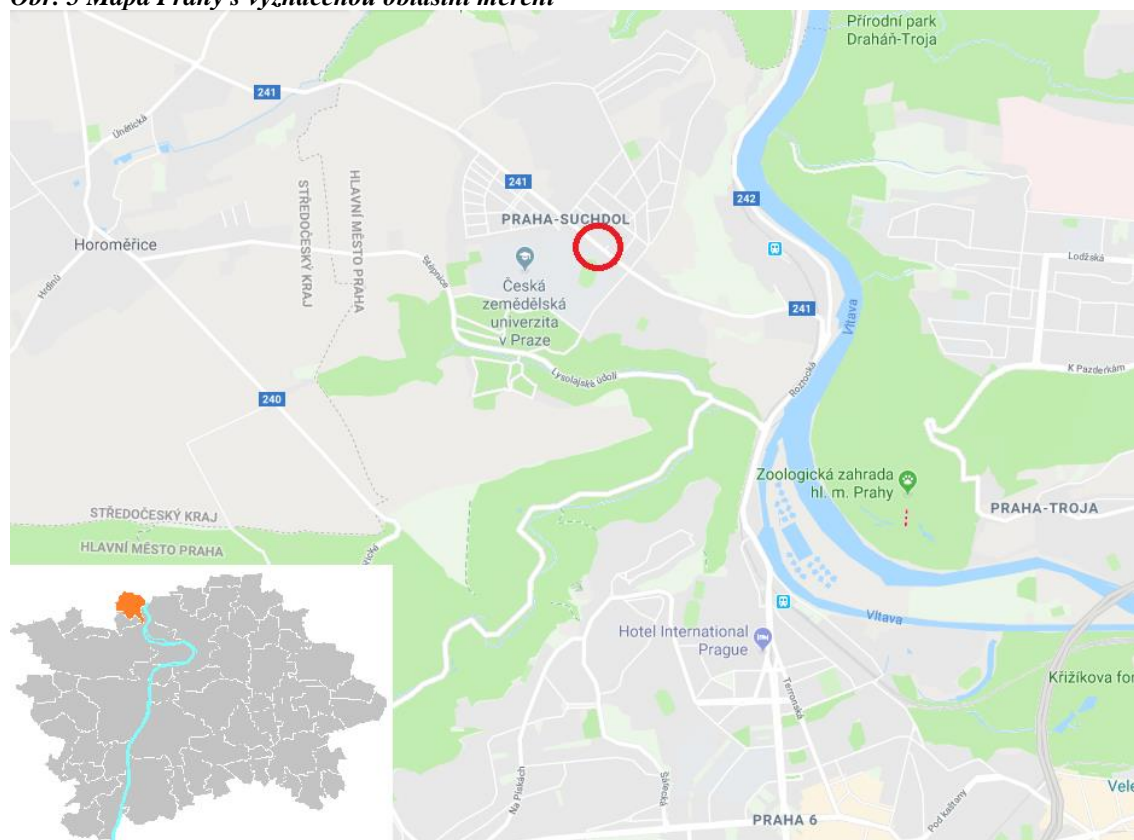
## 7 Metodika měření

Praktická část diplomové práce navazuje na teoretickou část a obsahuje na vlastní výzkum zaměřený na měření a analýzu hlukové zátěže v dané lokalitě.

### 7.1 Specifikace lokality a místa měření

Podnětem ke vzniku tohoto výzkumu byla neustále se zvyšující intenzita dopravy, která zasahuje danou lokalitu. V důsledku tohoto působení se hluk, generovaný dopravou, šíří do stávající zástavby, kde zasahuje obyvatele dané lokality. Vymezeným místem pro měření byla část ulice Kamýcká, Praha – Suchdol (komunikace 241), která slouží jako jeden z hlavních příjezdů do Prahy ze severozápadní oblasti středočeského kraje. Poloha komunikace a oblasti měření ve vztahu k Praze je vyobrazena na obrázku níže.

*Obr. 5 Mapa Prahy s vyznačenou oblastí měření*



. Zdroj: [<http://www.google.maps.cz>]

Vymezená oblast se nachází v blízkosti letiště Václava Havla v Praze. Z tohoto důvodu se do měření hlukové zátěže započítává také letecká doprava. Za zmínku také stojí skutečnost, že ačkoliv se celkový počet obyvatel Prahy – Suchdol pohybuje okolo 7 000, přítomnost České Zemědělské Univerzity navyšuje tento počet od několik tisíc dalších osob, které jsou hlukem ovlivňovány.

V oblasti měření je komunikace od stávající zástavby oddělena tzv. zelenou bariérou, kterou tvoří složení stromů a keřů. Tato bariéra, zde byla vybudována, aby částečně odstiňovala hluk, generovaný pozemní dopravou po komunikaci 241. Bariéru tvoří zejména listnaté, jehličnaté stromy a keře. Cílem výzkumu bylo zmapovat hlukovou zátěž dané lokality a zároveň ověřit, zdali tato bariéra skutečně odstiňuje hluk pozemní dopravy a do jaké míry.

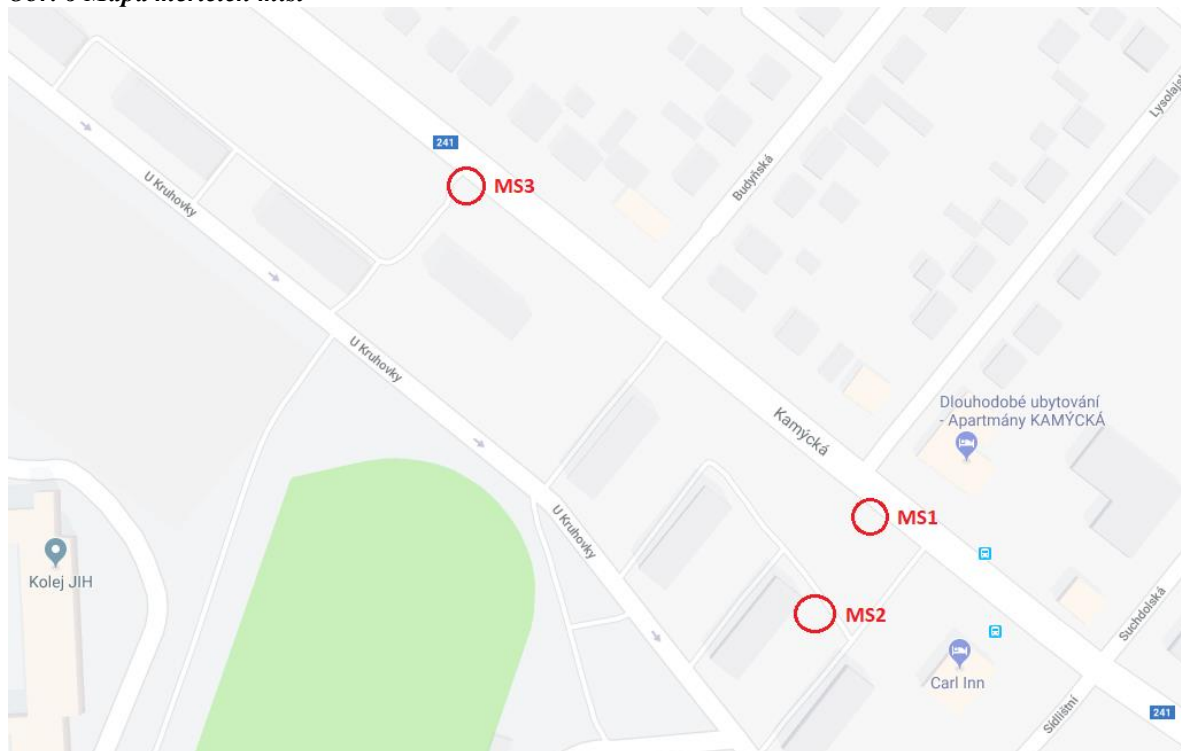
## **7.2 Časové údaje a způsob měření**

Měření v dané venkovní lokalitě proběhlo ve dnech 30.5. – 1.6. 2017. Celkově se tedy měřilo 3 pracovní dny, a to v intervalu od 7:00 do 18:00. Časový interval byl stanoven tak, aby měření zaznamenalo ranní vlnu vozidel přijíždějících do Prahy, průběh provozu v rámci pracovního dne a večerní vlnu, kdy vozidla opouštějí Prahu. Provoz je zde také velmi ovlivněn autobusovou dopravou. Autobusy mířící na Suchdol jsou zpravidla využívány studenty České Zemědělské Univerzity. Jízdní řády autobusových linek byly částečně upraveny, dle přísunu a odsunu studentstva univerzity. V praxi to znamená, že intenzita autobusů v časovém rozmezí 8:00 – 10:30 a 15:00 – 17:00 je výrazně vyšší než v průběhu zbytku dne.

Měření probíhalo prostřednictvím zvukoměru SC310 a radaru SIERZEGA SR4. V měřících polohách MS1 a MS3 (viz. obrázek níže) byl zvukoměr umístěn dle metodického pokynu z roku 2011: „Výpočet hluku z automobilové dopravy - manuál“, do vzdálenosti 3,5 m před plochu, kde hluk vzniká, do výšky 1,5 m nad úroveň země a nasměrovaný k původci hluku. V měřící poloze MS2 byl zvukoměr umístěn ve výšce 1,5 m v blízkosti stávající zástavy, nacházející se za zelenou bariérou cca 40 metrů od komunikace 241. Zvukoměr byl nastaven na režim pořizování zvukových záznamů v rozpětí 0,125 sekundy.

Radar byl po celou dobu měření uchycen na dopravní značce ve výšce 1 m, vzdálenosti 1 m od komunikace a natočen pod úhlem 30° ve směru ke komunikaci (viz příloha 4). Radar monitoroval rychlost vozidel, jejich délku (sloužící k identifikaci skladby provozu) a časový interval mezi dvěma po sobě jedoucími vozidly.

**Obr. 6** Mapa měřicích míst



Zdroj: [<http://www.google.maps.cz>]

## 7.3 Měřicí přístroje

### 7.3.1 Zvukoměr SC310

Zvukoměr SC310 je výkonný, uživatelsky příjemný integračně-průměrující zvukoměr třídy přesnosti 1., který excelentně vyhovuje mezinárodním (IEC) a evropským (EN) normám a standardům: IEC/EN 61672, IEC/EN 60651, IEC/EN 60804. Vyhovuje také i Americkým normám ANSI S1.4 a ANSI S1.43. Zvukoměr SC310 je také vysoko frekvenční analyzátor třídy přesnosti 1., měřící v reálném čase v oktávovém nebo třetino oktávovém spektru. Navíc nabízí možnosti rozšíření volitelnými moduly pro měření dalších akustických veličin a parametrů. [37]



Pracovní moduly a funkce:

- Statisticky integrující zvukoměr,
- oktávový frekvenční analyzátor v reálném čase,
- třetino oktávový frekvenční analyzátor v reálném čase,
- hladina akustického tlaku s časovou integrační konstantou „S“, „F“ a „I“.
- špičková zvuková expozice, označována jako SEL,
- ekvivalentní hladina akustického tlaku s integrační dobou 1 vteřinu<sup>-1</sup>,
- ekvivalentní hladina akustického tlaku odpovídající době měření,
- 125 ms funkce (krátké funkce, 8 hodnot za vteřinu).

Vlastnosti:

- Vybaven obrazovkou pro hodnocení hluku pozadí,
- oddělitelný předzesilovač, který umožňuje použití prodlužovacích kabelů,
- klávesnice je absolutně plochá, což vylučuje ovlivňování měření prostřednictvím „cvakaním“ kláves,
- podpora několika světových jazyků,
- umožňuje stahovat data z interní paměti souběžně s probíhajícím měřením nebo záznamem měření,
- obrazovka zobrazuje parametry jak v grafickém, tak v alfanumerickém formátu,
- je vybaven vestavěným 40 dB zesilovačem, který přizpůsobí rozsah měření dynamickému rozsahu nahrávání,

Obrázek zvukoměru je obsažen v příloze 4.

### 7.3.2 Radar SIERZEGA SR4

Radar SIERZEGA SR4, přístroj pro statistiku provozu, umožňuje zhotovit ničím neovlivnitelnou, přesnou a jednoduchou analýzu silničního provozu. Údaj o rychlosti každého vozidla spolu s jeho délkou, bezpečnostním odstupem od předchozího vozidla, datem a časem uložen do paměti. Přístroj je pomocí dvou baterií schopen měřit až dva

týdny, s kapacitou až 430 tisíc vozidel. Data je také posléze možné přesunout do počítače a dále je zpracovávat a analyzovat. [38]

Přesnosti měření:

- Každé motorové vozidlo je zaznamenáno do paměti s datumem a časem s přesností na vteřiny,
- měření délek vozidel s přesností na decimetry,
- měření bezpečnostního odstupu s přesností na desetiny vteřin.

Vlastnosti:

- Standardní uchycení na sloupek o průměru 60 mm (dopravní značky). Na přání dodáme variabilní uchycení na proměnlivý průměr sloupu,
- stupeň krytí radarového modulu – IP65,
- paměť cca 430 000 vozidel,
- přenos dat přes bezdrátové rozhraní Bluetooth – možno sledovat přes terminál v reálném čase naměřené údaje.

Možnosti napájení:

- Při mobilním nasazení se používají 2 ks 6 V 12Ah baterie Banner, které vydrží přístroj zásobovat po přibližně 14 dnů (dle intenzity dopravy),
- při stacionárním umístění lze napojit např. na síť veřejného osvětlení – dobíjení akumulátoru v noci.

Obrázek radaru je obsažen v příloze 8.

## 8 Měření v dané lokalitě

Měření probíhalo se zaměřením na dva hlavní zdroje hluku generovaného dopravou, silniční a letecká doprava. Oba zdroje hluku měřil a zaznamenával zvukoměr SC310. Hlavní důraz byl kladen na hluk generovaný silniční dopravou v dané lokalitě a z tohoto důvodu byl použit také radar SIERZEGA SR4, sloužící k měření intenzity dopravy ve zkoumané lokalitě.

### 8.1 Analýza intenzity dopravy

Intenzita dopravy na sledované ulici Kamýcká – Praha Suchdol (komunikace 241), se dá typologicky určit jako vlnově nárazová. Obecně to znamená, že v průběhu měření vozidla projížděli ve dvou hlavních vlnách, a to ranní vlna (příjezd vozidel směrem ze severozápadu středočeského kraje do Prahy) a večerní vlna (příjezd vozidel směrem z centra ven z Prahy). Vedlejší vlny byly pozorovány v čase 8:00 – 9:00 (příjezd vozidel studentů České zemědělské univerzity na začátek ranního vyučování) a čas 14:00 – 16:00 (odjezd vozidel studentů České zemědělské Univerzity). Zároveň je nutno podotknout, že pro potřeby studentů byl jízdní řád autobusového spojení Dejvická – Zemědělská univerzita upraven, a to v časovém rozmezí 8:00 – 10:30 a 15:00 – 17:00.

Radar SIERZEGA SR4 zaznamenává údaj o rychlosti každého vozidla, bezpečnostní odstup od předchozího vozidla a také délku vozidla. Toto je velmi důležitý údaj, protože na jeho základě byla vytvořena skladba vozidel, podle jejich délky. Rozdělení vozidel bylo určeno podle uživatelské příručky radaru, která uvádí tyto rozměry:

**Tab. 4 Rozdělení vozidel dle délky**

Typ vozidla	Délka vozidla [m]
Motorky, kola, skútry	< 2,6
Osobní automobily	2,61 – 5,0
Užitkové automobily, 8-místné automobily, nákladní automobily	5,01 – 10,5
Autobusy, nákladní automobily s vlekem	> 10,51

Zdroj: [38]

Na základně těchto rozměrů byla provedena analýza naměřených hodnot radaru pro každý den. Výsledné hodnoty pro jednotlivé dny a skladba vozidel jsou uvedeny níže.

*Tab. 5 Intenzita dopravy za dobu měření*

<b>Datum</b>	<b>30.5.2017</b>	<b>31.5.2017</b>	<b>1.6.2017</b>
Motorcky, kola, skútry	38	47	31
Osobní automobily	8535	8391	8476
Užitkové automobily, 8-místné automobily, nákladní automobily	288	407	430
Autobusy, nákladní automobily s vlekm	185	197	237
<b>Celkem</b>	<b>9046</b>	<b>9042</b>	<b>9174</b>

*Zdroj [vlastní zpracování]*

Intenzita dopravy se ve všech dnech měření pohybovala lehce nad hodnotou 9000 obousměrně se pohybujících vozidel v časovém rozmezí 7:00 – 18:00. Tato hodnota napovídá k tomu, že celková hluková zátěž, generovaná silničním hlukem, ve sledované lokalitě bude velká a nemusí splňovat hygienické limity stanovené Nařízením vlády č. 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.*

Nevětší zastoupenou vozovou skupinou je kategorie osobních automobilů (délka 2,61 – 5,0 m). Tento údaj není nijak překvapující, bereme-li v úvahu skutečnost, že průměrný počet automobilů na 1000 obyvatel v České republice se pohybuje okolo 495 a neustále roste (pro porovnání rok 2010 = 428 automobilů na 1000 obyvatel České republiky). Oproti prvnímu dni měření byl v dalších dnech zaznamenán nárůst kategorie užitkových automobilů, 8místných automobilů a nákladních automobilů na téměř dvojnásobnou hodnotu. Měření probíhalo ve pracovních dnech úterý, středa, čtvrtek v důsledku srovnatelnosti jednotlivých pracovních dnů a vyloučení ovlivnění výsledů například zvýšenou dopravou v páteční odpoledne.

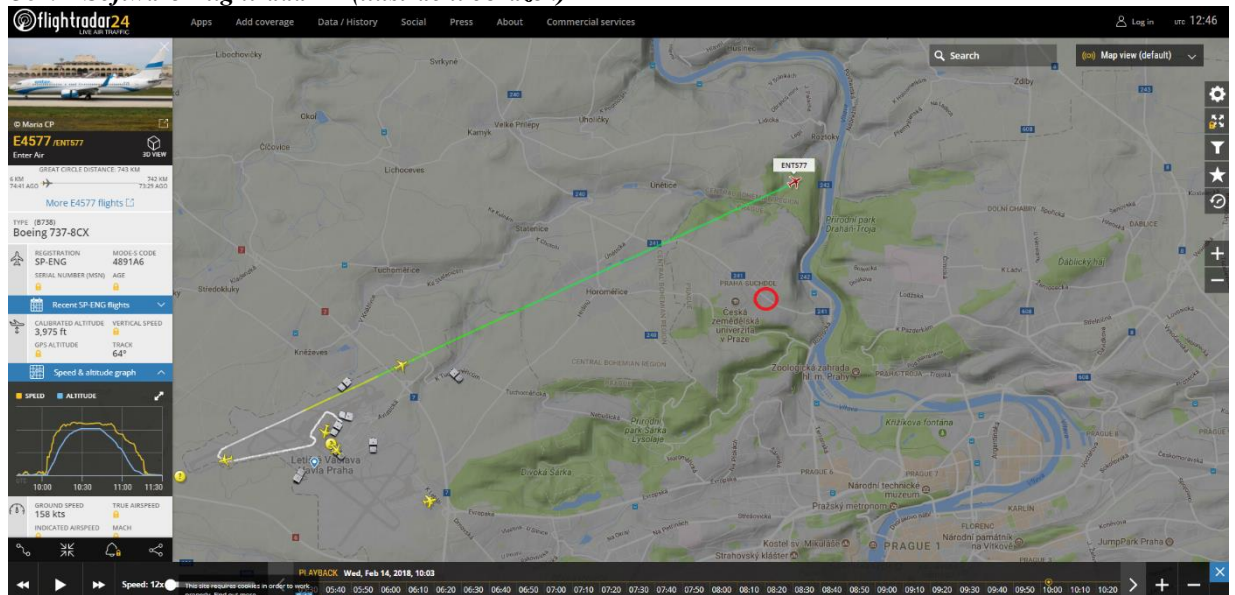
## 8.2 Analýza letecké dopravy

Zkoumaná lokalita se nachází v relativně blízké vzdálenosti od letiště Václava Havla (7,8 km vzdušnou čarou). Jeden ze dvou hlavních leteckých koridorů je ovšem ke zkoumané lokalitě mnohem blíže a to cca 1,9 km. Letadla jsou v tomto úseku již ve fázi přistání nebo vzletu. Pohybují se tedy v nadmořské výšce okolo 400–500 m. Hluku letadla (turbíny, vrtule, lopatky kompresorů apod.) je zde logicky vyšší než u letadla letícího v nadmořské výšce například 9000 m.

Vyhodnocování vzletů a přistání letadel bylo provedeno prostřednictvím aplikace Flightradar24 (online dostupná na internetu). V této aplikaci je možno sledovat veškerý letecký provoz na světě od nákladních letadel, až po malá vyhlídková letadla. Při označení daného letadla, poskytuje software tyto údaje:

- Označení letadla, registraci, s-kód,
- vyznačenou trasu,
- čas vzletu a očekávaného přistání,
- typ letadla,
- aktuální rychlost, nadmořskou výšku a další údaje.

Obr. 7 Software Flightradar24 (ilustrační obrázek)



Zdroj: [<http://www.flightradar24.com>]

**Zelenožluté vyznačení** – pohyb letadla po sledovaném koridoru

**Červené vyznačení** – oblast měřené lokality

Analýza leteckého provozu se zaměřovala pouze na letadla, které prolétávali ve vyznačeném koridoru. Analyzovaný čas odpovídá času měření hluku v dané lokalitě, tedy 7:00 – 18:00 ve dnech 30.5, 31.5 a 1.6.2017. Zaznamenané aktivity v průběhu měření zobrazuje tabulka níže. Ukázka z kompletního přehledu leteckého provozu na sledovaném koridoru, včetně typů jednotlivých letadel a časů průletů okolo sledované lokality je obsažen v příloze 10.

**Tab. 6 Letový provoz sledovaného koridoru**

<b>Datum</b>	<b>30.5.2017</b>	<b>31.5.2017</b>	<b>1.6.2017</b>
Počet vzletů	1	46	25
Počet přistání	102	65	108
<b>Celkem</b>	<b>103</b>	<b>111</b>	<b>133</b>

*Zdroj [vlastní zpracování]*

Průměrný počet průletů letadel ve sledovaném koridoru byl za dobu měření cca 115/měřený čas. První den měření byl z hlediska vzletů atypický (vzlety letadel probíhaly směrem na Kladno a poté se směřovaly do své cílové destinace). Ostatní dny vykazovaly relativně podobné hodnoty. Důležité je zdůraznit, že řízení vzletů a přistání, je řízeno také na základě povětrnostních podmínek. Podle směru větru jsou letadla naváděna na přistání. Toto je důvod, proč se jednotlivé akce (viz tabulka 6.), v jednotlivých dnech měření liší, protože letadla mohla být dle změny větru naváděna na přistání jiným než sledovaným koridorem.

Letiště Václava Havla v Praze eviduje, za rok 2016 přibližně 50 000 akcí (vzletů, příletů). Pokud toto číslo vydělíme počtem dnů v roce, dostáváme se k hodnotě 137 akcí za den. Analýza vykazuje hodnoty o pár desítek nižší, to je ovšem zapříčiněno tím, že byl sledován pouze jeden přistávací a vzletový koridor.

Mezi nejčastější typy letadel ve sledovaném koridoru patří Airbusy A319 (28/den), A320 (29/den) a Boeing 737 (22/den). Dnešní typy letadel obsahují konstrukční a aerodynamické prvky, které podporují aktivní snižování hluku přímo u jeho zdroje.

V roce 2020 je plánováno rozšíření stávajícího letiště Václava Havla v Praze. Investice, která se pohybuje v rozsahu 27 miliard Kč, má mít za následek zdvojnásobení počtu cestujících. Jedná se o menší změny v oblasti letiště a rozšíření terminálu 2. Zásadní změna bude výstavba nové paralelní vzletové a přistávací dráhy. Na této nové dráze je prozatím plánován pouze denní letový provoz, z důvodu splnění norem a limitů předepsaných Evropskou unií.

Při podrobné analýze záznamů ze zvukoměru bylo zjištěno, že při průletu letadla sledovaným koridorem, se na krátkou dobu (20–50 s) zvýší hodnota hluku o 1,5 – 3,8 dB. Vzhledem k tomu, že ve sledovaném koridoru proletí za měřené období cca 110 letadel, má i toto relativně nízké zvýšení hlukové hladiny patrný vliv na zkoumanou oblast a její obyvatele.

### 8.3 Analýza záznamů zvukoměru

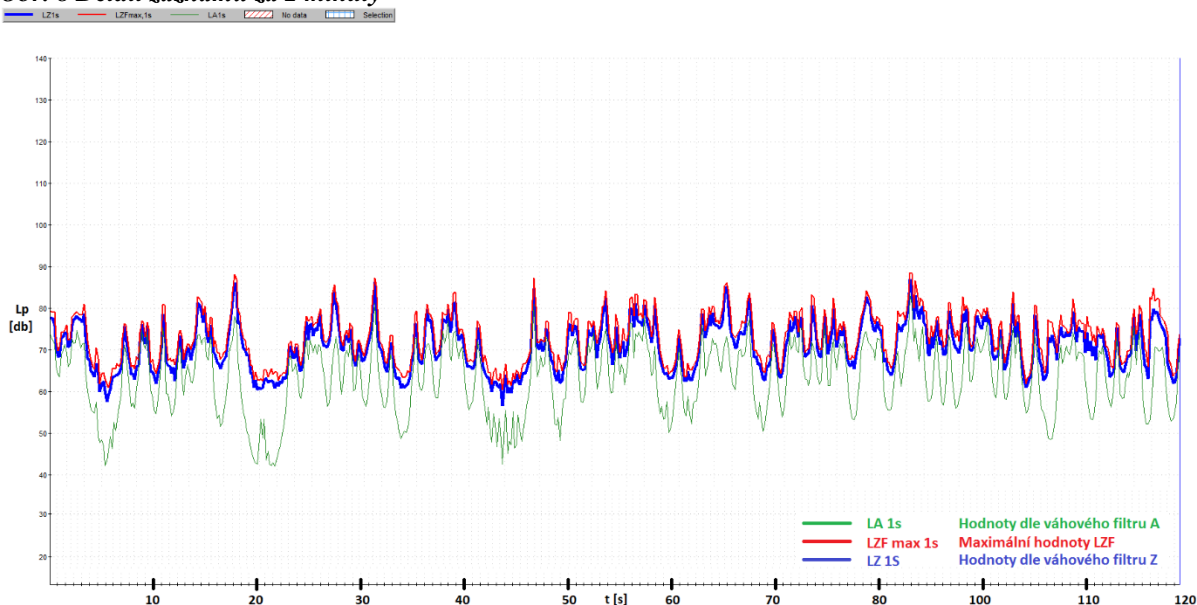
Zvukoměr SC310 byl umístěn v průběhu měření ve třech měřících místech (viz výše obr.6). Zvukoměr byl nastaven na pořizování záznamů ve dvou časových prodlevách. Pořizování záznamu po 0,125 sekundy a pořizování záznamu po 1 sekundě. Obě nastavení probíhali současně. Tomuto nastavení také odpovídá celkový počet pořízených záznamů za jeden měřící den (7:00 – 18:00). U nastavení pořizování záznamů po 1 sekundě je to 39 576 záznamů. U nastavení pořizování záznamů po 0,125 sekundy se dostáváme až k číslu 316 600 záznamů. Pro grafy, které vyobrazují průběh jednoho měřícího dne bylo použito nastavení pořizování záznamů po 1 sekundě. Vyexportování hodnot do grafů probíhalo prostřednictvím softwaru CESVA Capture Studio 9.14., poskytnutého Českou zemědělskou univerzitou. Zpracovávání grafů bylo i pro software náročné (export probíhal několik minut), z důvodu 11 hodinových záznamů měřícího dne.

Pro vyjadřování hlukové zátěže se používá vztah mezi hodnotami akustického tlaku  $p$  [Pa] a odpovídajícími hodnotami jeho hladin  $L$  [dB] (viz tab.1). Při popisu zvuku a jeho účinků na člověk je důležité si uvědomit, že zvuk o rozdílných kmitočtech je lidským sluchovým orgánem vnímán s nestejnou citlivostí. Při vnímání zvuku dochází ke zkreslování, jehož charakter navíc závisí na velikosti akustického tlaku přijímaného zvuku. Z důvodu této skutečnosti bylo relativně dobrým přiblížením k těmto vlastnostem sluchového orgánu zavedení váhových filtrů, které v souladu s citlivostí lidského sluchu upravují citlivost zvukoměru. V praxi se nejvíce používá váhový filtr A. Zvukoměr měří hladinu akustického tlaku současně v jednotlivých kmitočtových pásmech, které jsou užší než jedna oktáva. Ke každé změřené hodnotě se přičítá korekce váhového filtru  $K_A$  [dB] a upravené hodnoty se následně sečtou, energeticky podle pravidel počítání s hladinami. V takovém součtu je vliv některých kmitočtů potlačen nebo zesílen, protože každé pásmo má jinou váhu dle přidělených korekcí. Takto vzniklá veličina je označována  $L_A$  [dB] a je nazývána jako hladina akustického tlaku A. Váhové korekce jsou dány normou a jejich hodnoty pro střední kmitočty oktákových pásem jsou uvedeny v příloze 12. Hlavní křivka v oblastech vyexportovaných grafů je tedy  $L_A$  [dB], které zobrazuje skutečný průběh naměřených hlukových záznamů za měřící den. [39] [40]



Ekvivalentní hladina akustického tlaku A,  $L_{Aeq, T}$  [dB], reprezentuje energetický princip působení akustického signálu na člověka. Časově proměnný hluk  $L_A$  [dB] pak popisujeme hladinou ustáleného hluku, která je mu přiřazena tak, že oba signály mají stejnou energii. Znamená to tedy, že Akustické signály  $L_A$  (proměnný) a  $L_{Aeq, T}$  (ustálený) jsou energeticky ekvivalentní, a tedy mají stejný vliv na člověka. Ekvivalentní hladina akustického tlaku je pokaždé vztažena k době trvání akustického signálu  $T$  [s]. Vyjadřuje energetický průměr. Tento průměr, který je stanovený na základě energetického sčítání hladin je vždy o něco vyšší než průměr aritmetický, jelikož na základě pravidla o sčítání hladin, přispívají k výsledné hodnotě více hodnoty vyšší než hodnoty nižší. [39] [40]

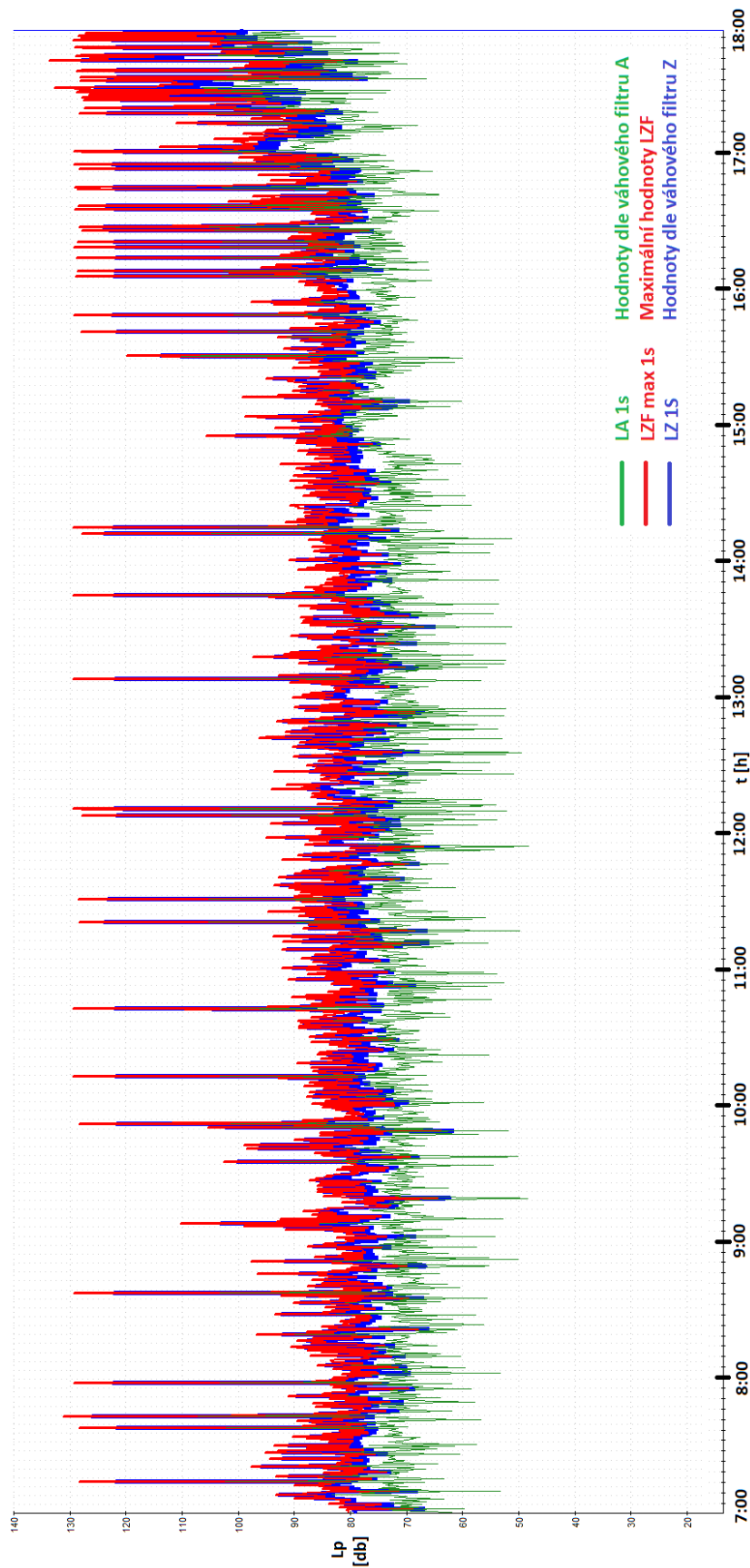
**Obr. 8 Detail záznamu za 2 minuty**



Zdroj: [Vlastní zpracování – Software Capture studio 9.14]

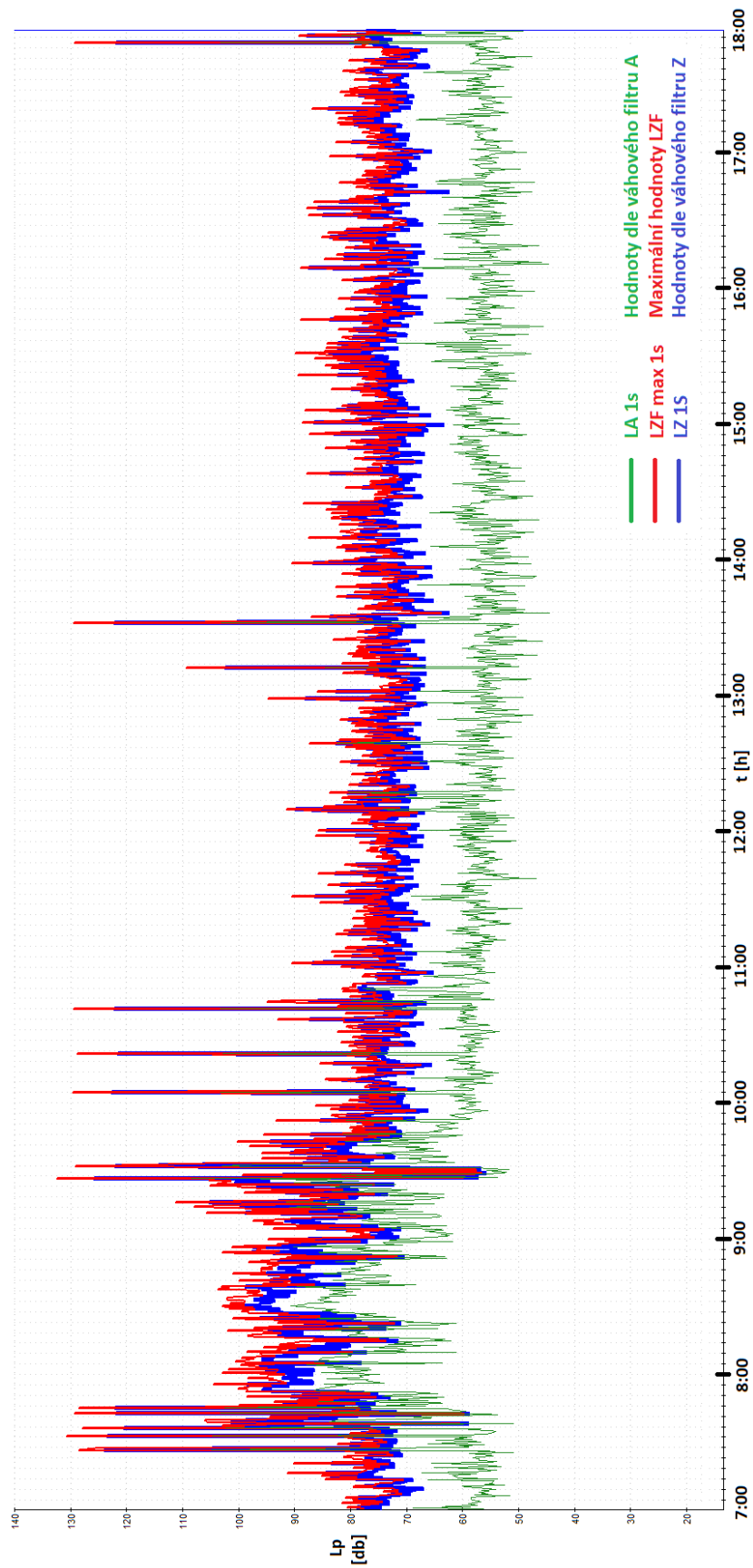
Grafy byly vyexportovány prostřednictvím programu CESVA Capture Studio 9.14., bez možnosti úprav. Osa Y čítá hodnoty naměřeného hluku v rozsahu 0–140 dB. Osa X zobrazuje celkový časový průběh za 11 hodin měření.

Obr. 9 Záznam měření hluku, den 30.5.2017 7:00 – 18:00. Měřící poloha MS1



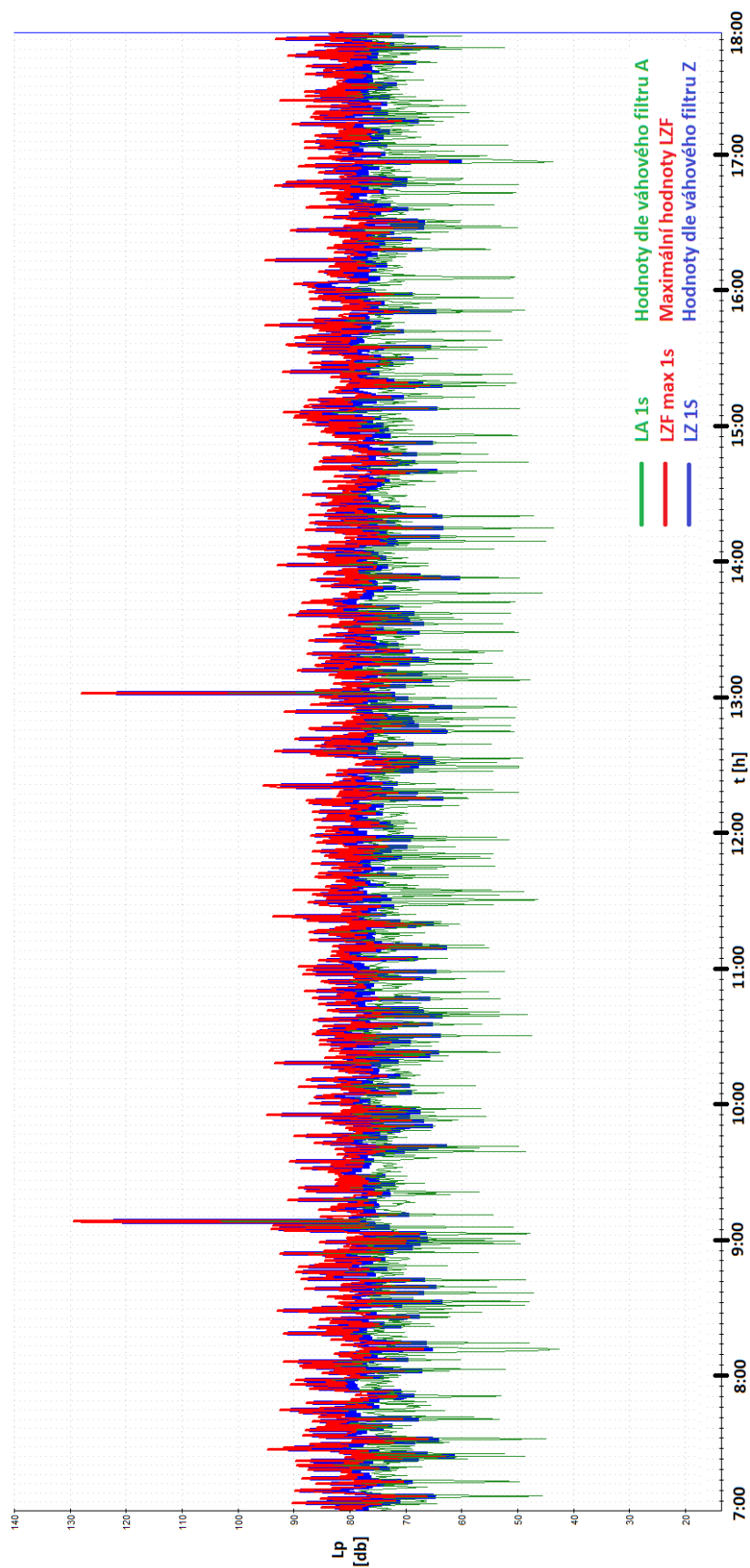
Zdroj: [Vlastní zpracování – Software Capture Studio 9.14]

Obr. 10 Záznam měření hluku, den 31.5.2017 7:00 – 18:00. Měřicí poloha MS2



Zdroj: [Vlastní zpracování – Software Capture Studio 9.14]

Obr. 11 Záznam měření hluku, den 1.6.2017 7:00 – 18:00. Měřicí poloha MS3



Zdroj: [Vlastní zpracování – Software Capture Studio 9.14]

Nejdůležitější je v grafu hodnota  $L_{A1s}$  (zelená barva), která zobrazuje skutečný průběh zvukové hladiny. Další hodnoty  $L_{z1s}$  (modrá barva) a  $L_{zmax1s}$  (červená barva) jsou průběhy hladin vážených podle jiného váhového filtru a v rámci programu CESVA Capture Studio 9.14. nešly z grafu odstranit.

První a třetí záznam (viz výše obr. 9, 11) byl pořízen ve vzdálenosti cca 3,5 m od komunikace 241. Na vyexportovaných grafem můžeme vidět relativně podobný průběh i naměřené hodnoty. Na začátku měření a konci každého měření je hluk lehce zvýšený o přibližně 5 dB. Tato situace nastává ve spojení s ranní a večerní dopravní špičkou (zejména dobře pozorovatelné na konci průběhu grafu obrázku 9). Při průjezdu nákladních automobilů byl pozorován okamžitý nárůst zvukové hladiny o 6-8 dB oproti ostatním vozidlům. Počáteční průběh, který můžeme vidět u obrázku 10, je ovlivněn stavebními pracemi v okolí zkoumané lokality. Občasné anomálie, vyskytující se v grafech jsou způsobeny například průjezdem vozidla údržby (řezačka trávy podél silnice), průjezdem záchranných sborů se zapnutým výstražným zařízením, průjezdem nadměrně hlučného vozidla (motocykly, sportovní auta apod.) nebo dočasně velmi zvýšenou intenzitou dopravy.

Při porovnání záznamů je patrné, že zaznamenaný průběh grafu 2 (obrázek 10), vykazuje nižší hodnoty naměřeného hluku než grafy ostatní. měřící místo MS2 se nacházelo cca 40 metrů od komunikace 241 a za zelenou bariérou (směs listnatých, jehličnatých stromů a keřů). Již z grafu můžeme pozorovat pokles hluku o cca 10 dB. Přesné výpočty ekvivalentní hladiny akustické tlaku budou realizovány v následující kapitole.

## 8.4 Výpočty ekvivalentní hladiny akustického tlaku

Pro posuzování vlivu silniční dopravy na hlučnost prostředí, se za základní parametr považuje ekvivalentní hladina akustického tlaku  $L_{Aeq}$ , která se vypočte podle následujícího vztahu.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{\sum_{i=1}^n f_i} * \sum_{i=1}^n f_i * 10^{0,1 L_i} \quad (3)$$

Kde  $f_i$  je míra časového výskytu hladin z měřeného časového úseku a  $L_i$  je střední hladina v  $i$ -tém hladinovém intervalu [dB].

### 8.4.1 Parametry pro výpočet $L_{Aeq}$

Souhrn postupů pro výpočet  $L_{Aeq}$  silniční dopravy lze definovat následujícími důležitými body: [37]

- Zadání vstupních výpočtových veličin,
- výpočet  $L_{Aeq}$  v posuzovaném místě,
- zohlednění omezujících výhrad při řešení úloh (použití korekcí),
- vlastní výpočet výsledné hodnoty  $L_{Aeq}$ .

Při výpočtu  $L_{Aeq}$  je třeba do výpočtu zapracovat korekce, které zohledňují vliv okolní zástavy na hodnotu ekvivalentní hodnoty akustického tlaku. Tabulka přehledu korekcí je uvedena v příloze 12.

## 8.4.2 Vlastní výpočet teoretické hodnoty $L_{Aeq}$

Výpočet hodnot  $L_{Aeq}$  byl proveden v programu Microsoft Office Excel 2016.

### Výpočet pro měřící stanici MS1

$$L_{i7-18h} = 65,159 \text{ dB}$$

Korekce pro jednostrannou přilehlou zástavbu  $D_z = 0 < d \leq 20 \text{ m} = +2,7 \text{ [dB]}$ .

Po přičtení korekce se  $L_{i7-18h} = 67,859 \text{ dB}$

$L_{Aeq}$  se vypočteno podle vztahu (3) = **69,215 dB**.

### Výpočet pro měřící stanici MS2

$$L_{i7-18h} = 54,346 \text{ dB}$$

Korekce pro jednostrannou přilehlou zástavbu  $D_z = 0 < d \leq 20 \text{ m} = +2,7 \text{ [dB]}$ .

Po přičtení korekce se  $L_{i7-18h} = 57,046 \text{ dB}$

$L_{Aeq}$  se vypočteno podle vztahu (3) = **59,713 dB**.

### Výpočet pro měřící stanici MS3

$$L_{i7-18h} = 63,866 \text{ dB}$$

Korekce pro jednostrannou přilehlou zástavbu  $D_z = 0 < d \leq 20 \text{ m} = +2,7 \text{ [dB]}$ .

Po přičtení korekce se  $L_{i7-18h} = 66,566 \text{ dB}$

$L_{Aeq}$  se vypočteno podle vztahu (3) = **67,947 dB**.

### 8.4.3 Analýza teoretických výpočtů

Vypočtené teoretické hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku budou v následující kapitole porovnávány jak mezi sebou, tak s hygienickými limity stanovenými dle Nařízení vlády 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů.

Tab. 7 Základní hygienické limity pro venkovní hluk

Venkovní hluk	Den (6:00 – 22:00)	Noc (22:00 – 6:00)
Základní limit – pro hluk jiný než z dopravy	50 dB	40 dB
Pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
Pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
Pro hluk v ochranných pásmech drah	55 dB	55 dB
Pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
Pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
Pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

Zdroj [13]

K vypočtené teoretické hodnoty  $L_{Aeq}$  musíme připočíst také korekci přípustných hladin na povahu hluku. Jelikož je náš hluk impulzivní a opakuje se více než 100x/hod připočítává se korekce  $K_5 = +5$  dB.

Z důvodu, že výstavba zkoumané lokality byla vystavena před rokem 2001, se pro porovnání vypočtených teoretických hodnot  $L_{Aeq}$  stává naším hodnotícím kritériem hodnota 70 dB (stará hluková zátěž).

Tab. 8 Posouzení teoreticky vypočtených hodnot  $L_{Aeq}$  s hygienickými limity

Měřicí místo	Vypočtená teoretická hodnota $L_{Aeq} +$ korekce	Hygienický limit pro venkovní prostřední $L_{Aeq}$	Překročení hygienického limitu $L_{Aeq}$
MS1	74,215 dB	70 dB	4,215 dB
MS2	64,713 dB	70 dB	0 dB
MS3	72,947 dB	70 dB	2,947 dB

Zdroj [vlastní zpracování]

Měřicí místo MS1, které se nacházelo 1,5 m od komunikace nesplňuje hygienický limit pro zkoumanou lokalitu o 4,215 dB. Měřicí místo MS2, které se nacházelo cca 40 m



od komunikace, za zelenou bariérou, hygienický limit pro zkoumanou oblast splňuje. Hodnota je zde o 9,502 dB nižší než hodnota měřicího místa MS1. Měřicí místo MS3, které se nacházelo ve vzdálenosti 1,5 m od komunikace, nespĺňuje hygienický limit pro zkoumanou lokalitu o 2,947 dB. Hodnota je zde nižší oproti místu MS1 z důvodu, že se měřicí místo MS3 nacházelo v pozici, kde vozidla plynule projíždějí, na rozdíl od místa MS1, které bylo v blízké vzdálenosti přechodu pro chodce a zastávky městské hromadné dopravy linky 107. V tomto místě docházelo k občasnému brzdění a následní akceleraci do původní rychlosti.

## 9 Návrh opatření ke snížení hlukové zátěže zkoumané lokality

Měřením hluku ve zkoumané lokalitě, následnými výpočty a jejich analýzou bylo zjištěno, že situace ve zkoumané lokalitě není ideální. Pro snížení hluku ve zkoumané lokalitě připadá v úvahu několik řešení, které by mohly vést k trvalému snížení hlukové zátěže zkoumané lokality.

Nejefektivnější metodou snižování hluku z dopravy je konstrukční řešení problémových částí na vozidlech. Pro vozidla silniční dopravy se jedná o úpravy např. motoru, převodovky nebo konstrukce pneumatik. Odstranění zdroje hluku je nejefektivnější metodou, jak zamezit jeho šíření. Využití tzv. tichých pneumatik je v dnešní době čím dál více populární z hlediska ochrany před nepříznivými účinky hluku. K navýšení jejich účinnosti probíhá také na mnoha místech v ČR výstavba silnic s využitím protihlukových živičných směsí. Pro tento vzniklý typ vozovky je nutné, aby vozidla po něm pohybující, dosahovala rychlosti o rozsahu 50–80 km/h (tento typ protihlukové vozovky byl vystaven na komunikaci 5.května, v úseku Praha Michle – Praha Vyšehrad, rychlostní limit zde byl navýšen z 50 km/h na 80 km/h, z důvodu účinnosti protihlukového povrchu vozovky).

Metoda izolace bývá v praxi uplatňována u všech typů vozidel. Konstrukteři a vývojáři se aktivně zapojují do procesu snižování hluku vozidel. Velký důraz je kladen také na aerodynamiku vozidel neboli snižování hluku, který vzniká při rozrážení vzduchu vozidlem.

Metoda využití akustiky neboli výstavba protihlukové stěny je sice metoda osvědčená a zpravidla snižuje hluk okolí o 5-15 dB. Je nutné brát v úvahu, že tato metoda je významným zásahem do krajiny a její estetičnosti. Fakt, že se zkoumaná lokalita nachází v okrajové části Prahy, s velkým výskytem zeleně, by výstavba protihlukové stěny byla nevhodná.

Hluk, který se dostává skrz zástavu do interiérů bytů a domů, lze limitovat např. instalací protihlukových oken. Podle hygienických limitů by hluk v bytě neměl převýšit hranici 40 dB ve dne a 30 dB v noci. Protihluková skla mohou být silnější nebo vrstvená, důležitější je ovšem těsnění (pro plastová okna je třeba užívat trojitého těsnění) a kvalitní

montáž. Kvalita samozřejmě odpovídá ceně, kde se cena skla pohybuje v rozmezí 500–2000 Kč na m<sup>2</sup>. Protihluková okna se vyplatí využít u míst, kde se hladina hluku pohybuje běžně okolo 70 a více dB.

Metoda, která připadá v úvahu je metoda dislokace. V plánu hlavního města Prahy je již několik let dokončení pražského okruhu, kde chybí poslední část, a to úsek 519 překročení Vltavy na severu Prahy. Městská část Praha 6 v polovině roku 2017 znovu otevřela jednání o výstavbě tohoto úseku. V plánu jsou dvě sledované varianty. [41]

- I. Severní varianty, které jsou charakterizovány přechodem Vltavy severně od města Roztoky u Prahy a následným napojením na dálnici D8 (Praha – Drážd'any) v prostoru severně od obce Zdiby.
- II. Jižní varianty, které jsou charakterizovány přechodem Vltavy v prostoru městské části Praha – Suchdol a napojením na dálnici D8 v prostoru jižně od obce Březiněves.

Pro další sledování byla vybrána a v uzemním plánu hlavního města stabilizována Jižní varianta, která byla v procesu s dalšími variantami posouzena v procesu EIA (Environmental Impact Assessment = vyhodnocení vlivů na životní prostředí) a nyní se nachází v investorské fázi.

Realizací tohoto plánu by se na komunikace 241, která je hlavní zdroj hluku ve zkoumané oblasti, rapidně snížila intenzita dopravy a tím také hluková zátěž zkoumané oblasti.

## 10 Závěr

Hlavní náplní této diplomové práce bylo posoudit zkoumanou lokalitu (ulice Kamýčka, Praha – Suchdol) z hlediska působení hluku, generovaného silniční a leteckou dopravou.

Měřicí místa, označená jako MS1, MS2 a MS3, byla vybrána z důvodu zmapování hlukové zátěže pro zkoumanou lokalitu. K měření byla použita uvedená metodika a měřicí přístroje. Za jedno měřicí období je považován období dne 7:00 – 18:00, které pojímá hlavní dopravní vytížení zkoumané lokality.

Analýzou naměřených hodnot bylo zjištěno, že průměrná intenzita silniční dopravy se pohybuje okolo 9000 vozidel za jedno měřicí období. Vzhledem k tomu, že se zkoumaná lokalita nachází v relativně blízké vzdálenosti letiště, dochází zde ke sčítání hluku silniční a letecké dopravy. Analýzou záznamů zvukoměru bylo zjištěno, že hluk letecké dopravy zvyšuje celkový hluk ve zkoumané lokalitě o 1,5 – 3,8 dB. Po výpočtu ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq}$  a zohlednění korekcí, se nejvyšší vypočtená hodnota  $L_{Aeq} = 74,215$  dB, která přesahuje hygienický limit o 4,215 dB. Tato hodnota byla naměřena přímo u komunikace 241.

Součástí této diplomové práce bylo ověřit, zdali zelená bariéra (tvořena jehličnatými, listnatými stromy a keři) odstiňuje část hluku ze silniční dopravy komunikace 241. Hodnota  $L_{Aeq}$  pro měřicí místo MS2, které se nacházelo za zelenou bariérou cca 40 metrů od komunikace byla po zohlednění korekcí 64,713. Tato hodnota splňuje hygienický limit pro danou zástavu, který je stanoven Nařízením vlády 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů*, na 70 dB. Vzdálenost a zelená bariéra snižují hluk generovaný silniční dopravou o 9,484 dB.

Stávající situaci ve zkoumané lokalitě by výrazně pomohlo dokončení výstavby pražského okruhu, konkrétně úsek Ruzyně – Suchdol – Březiněves. Dokončením tohoto úseku by mělo za následek snížení intenzity dopravy ve sledované oblasti (odhadem o 40–60%). Tato varianta, vedoucí ke snížení intenzity dopravy ve zkoumané lokalitě, se jeví jako nejvíce pravděpodobná i vzhledem k tomu, že hlavní město Praha kompletně zamítlo stížnosti obcí vůči výstavbě zmiňovaného úseku a posunulo výstavbu do investorské fáze.

## Seznam použité literatury a ostatních zdrojů

- [1] Vysoká škola Báňská. *Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu* [online]. Publikováno: 17.2 2002 [cit. 23. 2. 2016]  
Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly\\_akustika.htm](http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm)
- [2] ČSN 01 1600: 2003 *Akustika – Terminologie*, Český normalizační institut.
- [3] ŠVEC, FRANTIŠEK. *Člověk a prostředí, život a zdraví*. Praha. 1982. ISBN 08-035-82.
- [4] Technické zařízení budov. *Intenzita zvuku – decibel* [online].  
Publikováno: 9. 11. 2011 [cit. 23. 2. 2016]
- [5] ZICHÁČEK, VLADIMÍR; JELÍNEK, JAN. *Biologie pro gymnázia*. Olomouc: Nakladatelství Olomouc. 2005. ISBN 80-7182-177-2.
- [6] VANDASOVÁ, ZDENĚKA. *Zdravotní účinky hluku*. Státní zdravotní ústav [online].  
Publikováno 3. 12. 2007. [cit. 22.2 2016]  
Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/hluk>
- [7] Univerzita Jana Pernera v Pardubicích. *Hluk a jeho působení na lidský organismus (Monitoring hladiny hluku)* [online]. Publikováno: 6.7 1997 [cit. 22. 2 2016]  
Dostupné z: <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>
- [8] LIBERKO, MILOŠ. *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí. 2004. 75s. ISBN 04-222-70
- [9] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., *o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací v platném znění*.
- [10] Zákon č. 258/2000 Sb. *o ochraně veřejného zdraví a o změně souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů*.
- [11] Zákon č. 505/1990 Sb., *o meteorologii, ve znění pozdějších předpisů*.
- [12] Zákon č. 360/1992 sb., *o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě*.
- [13] Hluk & Emise. *Limity* [online].  
Publikováno: 16.7. 2013 [cit. 2.12. 2017]  
Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/limity/>
- [14] Vyhláška Ministerstva průmyslu a obchodu č. 345/2002 Sb., *kteou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů*.

- [15] Vyhláška 432 ze dne 4. prosince 2003,  *kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli*
- [16] Předpis č. 222/2006 Sb., kterým se mění Zákon č. 76/2002 Sb.,  *o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a některé další zákony.*
- [17] Vyhláška 561/2006Sb., ze dne 30. listopadu 2006,  *o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku.*
- [18] Vyhláška 523/2006 Sb., ze dne 21. listopadu 2006,  *o hlukovém mapování.*
- [19] SMETANA, C. a kol.  *Hluk a vibrace – měření a hodnocení*  
Praha: Sdělovací technika. 1998. ISBN 80-90 1936-2-5.
- [20] Greif-akustika, s.r.o.  *Legislativa hluku – normy a metodické pokyny* [online].  
Publikováno: 12.10. 2015 [cit. 2.12.2017]  
Dostupné z: <http://www.greif.cz/pruvodce/legislativa.html?detail=1>
- [21] A. CAN, E. CHEVALLIER, M. NADJI, L. LECLERCQ.  *Dynamic traffic modeling for noise impact Assessment of traffic strategies*  
Acta Acust. United Acust. 2010
- [22] Atelier-DEK Ing. PEŠTA, JAN.  *Hlukové studie pro hluk z dopravy* [online].  
Publikováno: 16.7. 2008 [cit. 6.12. 2017]  
Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/hlukove-studie-pro-hluk-z-dopravy-495>
- [23] MIŠUN, VOJTĚCH.  *Vibrace a hluk*, skripta.  
Brno: Vysoké učení technické. 2005.
- [24] FALTÝNEK, ZDENĚK.  *Hluk jako průvodní jev dopravy*, semestrální práce.  
Pardubice: Univerzita Pardubice. 2008
- [25] A. CAN, P. AUMOND.  *Estimation of road traffic noise emissions: The influence of speed and acceleration.* [online].  
Publikováno: 4.1 2017 [cit. 19.1.2018]  
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920917305928>
- [26] NEUBERGEROVÁ, KRISTÝNA.  *Problematika hluku ze železniční dopravy.* České vysoké učení technické [online].  
Publikováno: 10. 11 2007 [cit. 27. 2 2016]  
Dostupné z: [http://vlaky-hluk.fd.cvut.cz/data/prispevky/stavebnictvi-problematika\\_hluku.pdf](http://vlaky-hluk.fd.cvut.cz/data/prispevky/stavebnictvi-problematika_hluku.pdf)

- [27] Vysoká škola Báňská. *Základní pojmy z oblasti mechaniky v dopravě* [online].  
Publikováno: 6.5. 2015 [cit. 8.10. 2017]  
Dostupné z: [http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Zakladni\\_pojmy.htm](http://homen.vsb.cz/~s1i95/mvd/Zakladni_pojmy.htm)
- [28] REICHL J., VŠETIČKA M. *Encyklopedie fyziky, Akustika a její dělení* [online].  
Publikováno: 12.3.2005 [cit. 8.10. 2017],  
Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/214-akustika-a-jejideleni>
- [29] idnes.cz. *Nebe nad Českem křížuje stále více letadel.* [online].  
Publikováno: 14.8.2017 [cit.28.1. 2018]  
Dostupné z: [https://ekonomika.idnes.cz/dispeceri-hlasi-rekord-v-cervenci-nad-cr-proletlo-90-000-letadel-prs-/ekonomika.aspx?c=A170814\\_115633\\_ekonomika\\_are](https://ekonomika.idnes.cz/dispeceri-hlasi-rekord-v-cervenci-nad-cr-proletlo-90-000-letadel-prs-/ekonomika.aspx?c=A170814_115633_ekonomika_are)
- [30] ENVIWIKI.cz. *Hluk z leteckého provozu.* [online].  
Publikováno: 13.9. 2014 [cit.28.1. 2018]  
Dostupné z: [https://www.enviwiki.cz/wiki/Hluk\\_z\\_leteck%C3%A9ho\\_provozu](https://www.enviwiki.cz/wiki/Hluk_z_leteck%C3%A9ho_provozu)
- [31] J. ANTONIO, H. ROD, H IAN FLINDELL. *Airport noise modelling for strategic Environmental impact Assessment of aviation.* [online].  
Publikováno: 10.10. 2017 [cit.1.3. 2018]  
Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X17306503>
- [32] Ministerstvo zdravotnictví ČR. *Principy Strategického hlukového mapování* [online].  
Publikováno 30.11.2015, [cit.10. 2. 2018]  
Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/principy-strategickehohlukoveho-mapovani\\_3400\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/principy-strategickehohlukoveho-mapovani_3400_30.html)
- [33] Ministerstvo zdravotnictví ČR. *Strategické hlukové mapování – kolo 2007* [online].  
Publikováno: 01. 12. 2015, [cit. 10.2. 2018]  
Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis\\_3388\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3388_30.html)
- [34] Ministerstvo zdravotnictví ČR. *Strategické hlukové mapování – kolo 2012* [online].  
Publikováno: 01. 12. 2015, [cit. 10.2. 2018]  
Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis\\_3392\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3392_30.html)
- [35] Ministerstvo zdravotnictví ČR. *Strategické hlukové mapování – kolo 2017* [online].  
Publikováno: 13. 12. 2015, [cit. 10.2. 2018]  
Dostupné z: [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis\\_3396\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/zakladni-popis_3396_30.html)
- [36] Ředitelství silnic a dálnic ČR. *Metodika pro výpočet hluku automobilové dopravy* [online].  
Publikováno: 4. 5. 2012 [cit. 13.2. 2018]  
Dostupné z: <http://www.rsd.cz/doc/Technicke-predpisy/Ochrana-zivotnihoprostredi/vypocet-hluku-z-automobilove-dopravy-manual-2011>
- [37] CESVA instruments, s.l. *SC310 – Uživatelská příručka*
- [38] SIERZEGA ELECTRONICS. *Přístroj pro statistiku silničního provozu SR4 – Uživatelská příručka.*

- [39] Univerzita Hradec Králové. *Hluk v komunálním prostředí* [online].  
Publikováno: 16.9. 2016 [cit.27.2.2018]  
Dostupné z:  
[http://www.khshk.cz/elearning/kurs2a/kapitola\\_17\\_\\_ekvivalentn\\_hladina\\_akustickho\\_tlaku.html](http://www.khshk.cz/elearning/kurs2a/kapitola_17__ekvivalentn_hladina_akustickho_tlaku.html)
- [40] TZBINFO, akustika staveb. *Působení zvuku v čase – ekvivalentní hladina* [online].  
Publikováno: 3.9. 2014 [cit.27.2. 2018]  
Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/218-pusobeni-zvuku-v-case-ekvivalentni-hladina>
- [41] SILNIČNÍ OKRUH KOLEM PRAHY. Suchdol – Březiněves [online].  
Publikováno: 6.6. 2017 [cit.1.3. 2018]  
Dostupné z: <http://www.okruhprahy.cz/jednotlive-stavby/suchdol-brezineves>



## Seznam obrázků a tabulek

### Obrázky

Obrázek 1: Sluchové ústrojí člověka .....	6
Obrázek 2: Modelová situace .....	16
Obrázek 3: Hluk valení .....	21
Obrázek 4: Strategická hluková mapa Prahy a okolí .....	26
Obrázek 5: Mapa Prahy s vyznačenou oblastí měření .....	30
Obrázek 6: Mapa měřících míst .....	32
Obrázek 7: Software Flightradar24 (ilustrační obrázek) .....	37
Obrázek 8: Detail záznamu za 2 minuty .....	41
Obrázek 9: Záznam měření hluku, den 30.5.2017 7:00 – 18:00. Měřící poloha MS1 .....	42
Obrázek 10: Záznam měření hluku, den 31.5.2017 7:00 – 18:00. Měřící poloha MS2 .....	43
Obrázek 11: Záznam měření hluku, den 1.6.2017 7:00 – 18:00. Měřící poloha MS3 .....	44

### Tabulky

Tabulka 1: Příklady hladin akustického tlaku .....	5
Tabulka 2: Základní hygienické limity pro venkovní hluk .....	12
Tabulka 3: Základní hygienické limity pro vnitřní hluk .....	12
Tabulka 4: Rozdělení vozidel dle délky .....	35
Tabulka 5: Intenzita dopravy za dobu měření .....	36
Tabulka 6: Letový provoz sledovaného koridoru .....	38
Tabulka 7: Základní hygienické limity pro venkovní hluk .....	48
Tabulka 8: Posouzení teoreticky vypočtených hodnot $L_{Aeq}$ s hygienickými limity .....	48

## Seznam zkratk a symbolů

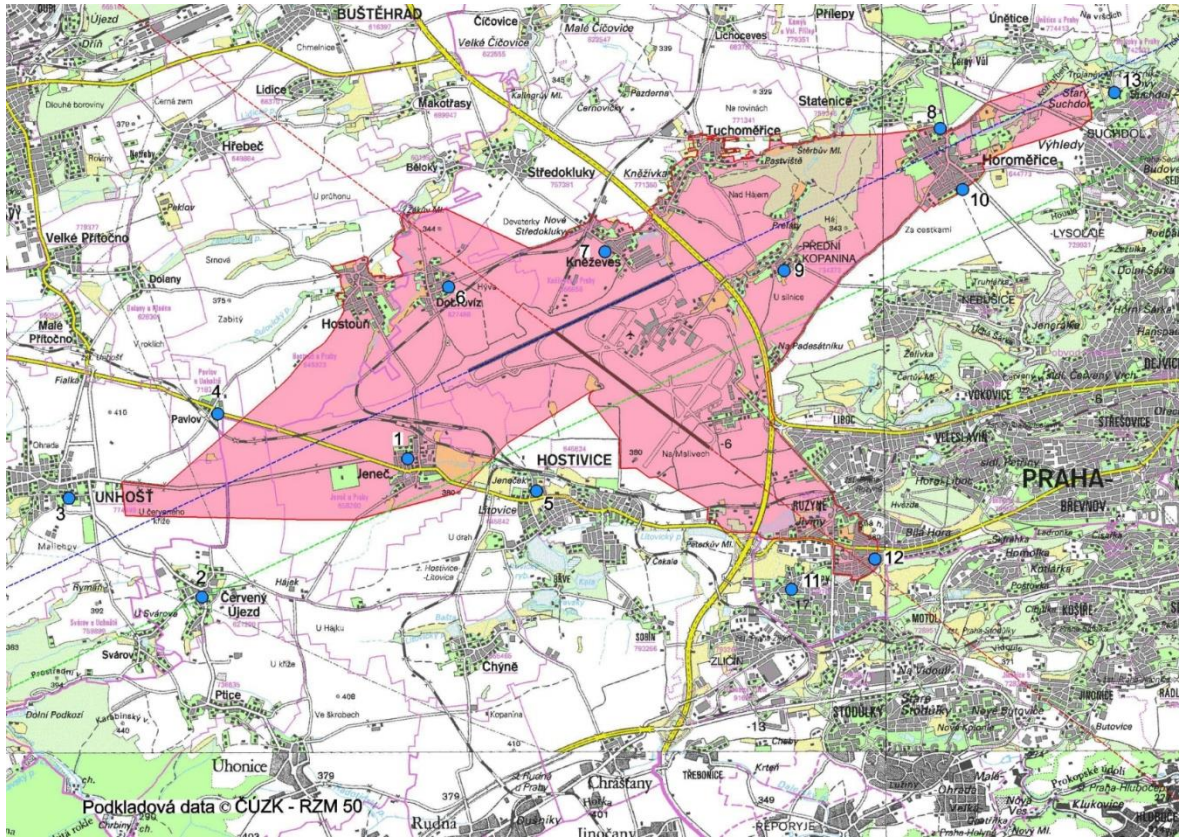
AHP	akční hlukový plán
cca	cirka
ČAI	Český akreditační institut
ČSN	Česká technická norma
dB	decibell
EU	Evropská unie
$f$	frekvence
ISO	International Organization for Standardization
km.h <sup>-1</sup>	kilometry za hodinu
L <sub>A</sub>	hladina akustického tlaku A
L <sub>Aeq</sub>	ekvivalentní hladina akustického tlaku
např.	například
$p$	tlak
Pa	Pascal
ŽP	životní prostředí
Hz	hertz
SHM	strategická hluková mapa
MS1,2,3	měřicí stanice 1,2,3
$f_i$	míra časového výskytu hladin z měřeného časového úseku
L <sub>i</sub>	střední hladina v $i$ -tém hladinovém intervalu
D <sub>Z</sub>	korekce pro jednostrannou přilehlou zástavbu
K <sub>5</sub>	korekce pro impulzivní hluk
EIA	Environmental Impact Assesment

## Seznam příloh

Příloha 1: Rozmístění stacionárních měřících stanic v okolí letiště Václava Havla v Praze .....	60
Příloha 2: Protihlukové opatření silniční dopravy ve městě Chemnitz .....	61
Příloha 3: Zatravněný tramvajový pás v Praze .....	61
Příloha 4: Zvukoměr SC310 .....	62
Příloha 5 Měřicí místo MS1.....	63
Příloha 6: Měřicí místo MS2 .....	64
Příloha 7: Měřicí místo MS3 .....	65
Příloha 8: Radar SIERZEGA SR4 .....	66
Příloha 9: Přehled údajů z radaru o projíždějících vozidlech v programu STerminal.....	67
Příloha 10: Ukázka z přehledu letového provozu ve sledovaném koridoru .....	68
Příloha 11: Strategická hluková mapa letiště Václava Havla v Praze .....	69
Příloha 12: Korekce pro určování ekvivalentní hladiny akustické tlaku .....	70
Příloha 13: Operační prostřední programu Capture Studio 9.14 .....	71

## Přílohy

Příloha 1: Rozmístění stacionárních měřicích stanic v okolí letiště Václava Havla v Praze



**Příloha 2: Protihlukové opatření silniční dopravy ve městě Chemnitz**



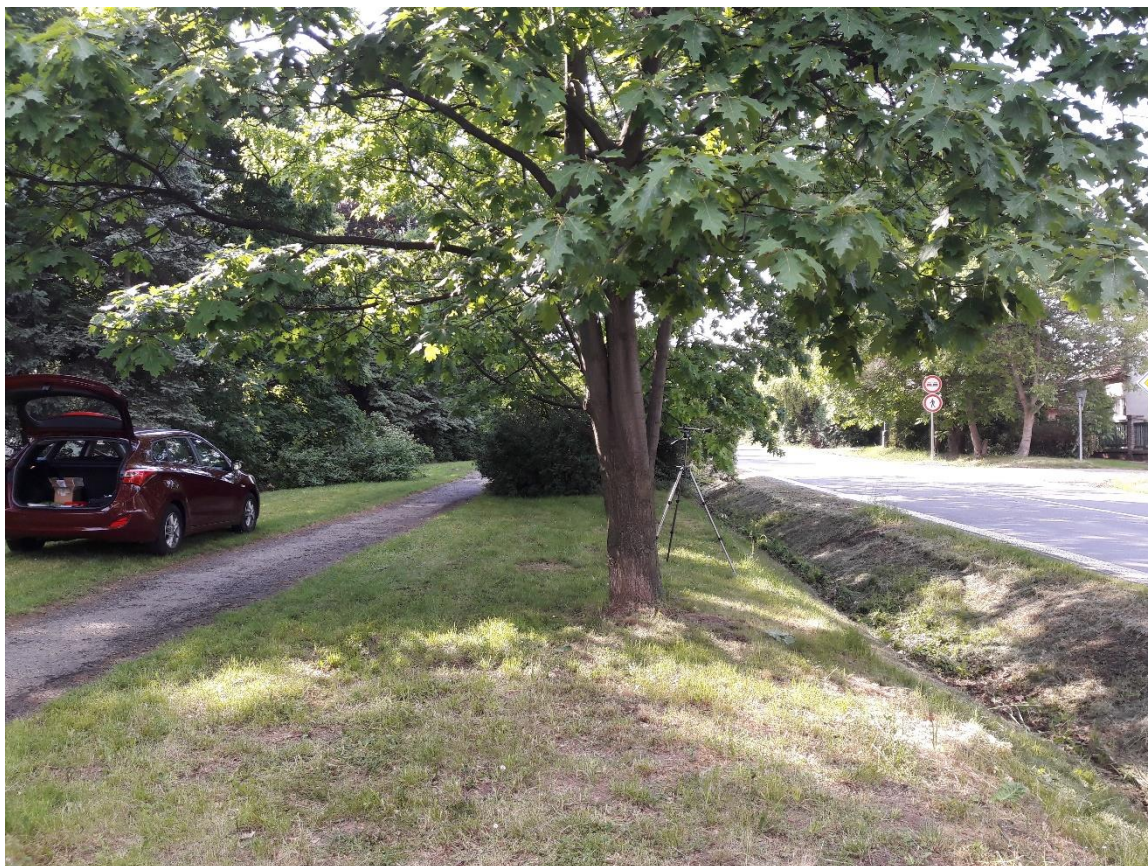
**Příloha 3: Zatravněný tramvajový pás v Praze**



Příloha 4: Zvukoměr SC310



**Příloha 5 Měřicí místo MS1**



**Příloha 6: Měřicí místo MS2**



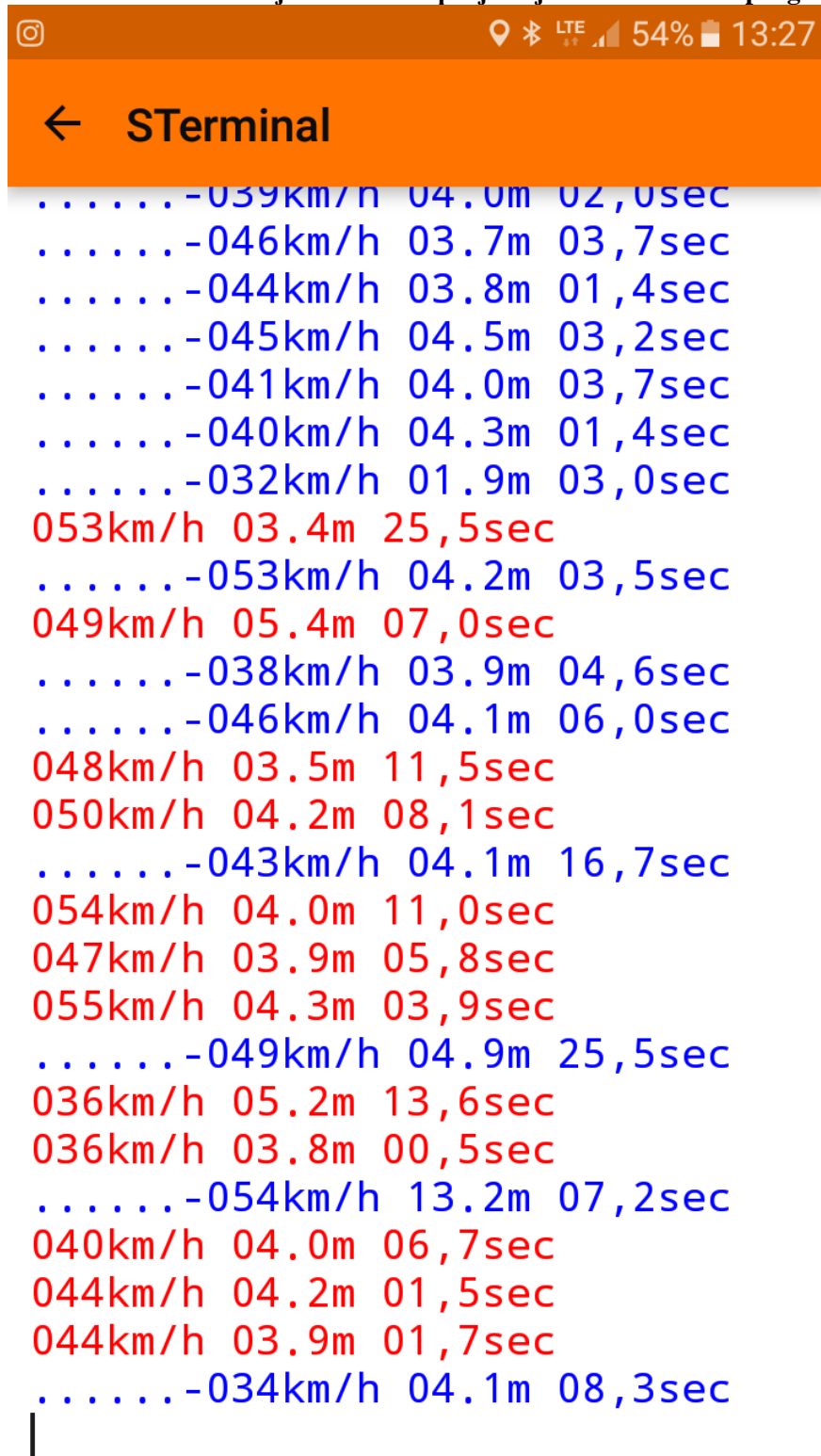


**Příloha 7: Měřicí místo MS3**





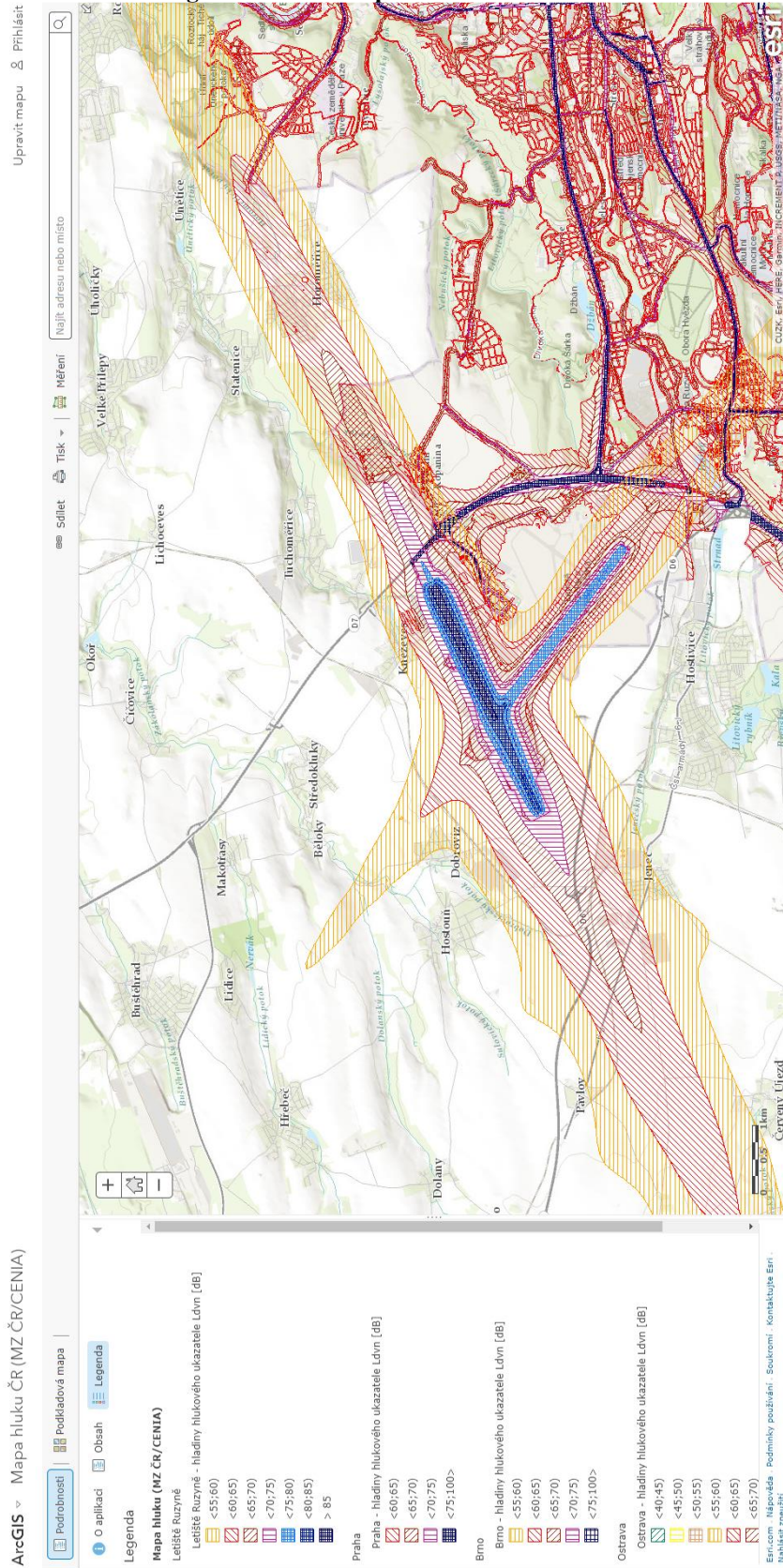
Příloha 9: Přehled údajů z radaru o projíždějících vozidlech v programu STerminal



**Příloha 10: Ukázka z přehledu letového provozu ve sledovaném koridoru**

<b>Letecký provoz 31.5.2017</b>			
<b>Vzlet (čas)</b>	<b>Typ letadla</b>	<b>Přistání (čas)</b>	<b>Typ letadla</b>
12:41	Bombardier Dash 8 Q400	7:02	Embraer ERJ - 195LR
12:46	Airbus A320 - 232	7:06	Airbus A319 - 111
12:48	Airbus A330 - 343	7:08	Airbus A320 - 214
13:21	Airbus A319 - 111	7:26	Boeing 737 8AS
13:24	Bombardier Dash 8 Q400	7:28	Bombardier Dash Q400
14:06	Airbus A380 - 861	7:30	ATR 72 - 500
14:15	Airbus A320 - 232	7:33	Airbus A320 - 214
14:18	Airbus A319 - 112	7:35	Airbus A319 - 112
14:24	Boeing 737 8AS	7:45	Airbus A319 - 114
14:27	Airbus A320 - 214	7:50	Airbus A320 - 214
14:29	Boeing 737 8AS	7:58	Airbus A320 - 214
14:41	Airbus A319 - 112	8:00	Airbus A321 - 131
14:45	ATR 42 - 500	8:03	Airbus A319 - 112
14:54	Embraer ERJ-195LR	8:15	Boeing 737 8FN
15:02	Airbus A320-214	8:18	Airbus A319 - 112
15:15	Boeing 737-8AS	8:21	Airbus A320 - 232
15:23	Airbus A320-214	8:25	Airbus A319 - 112
15:27	Airbus A320-232	8:27	Boeing 737 9GJ
15:29	Airbus A320-232	8:29	Airbus A319 - 111
15:31	Airbus A319-111	8:31	Airbus A320 - 232
15:32	Airbus A319-112	8:33	Airbus A320 - 214
15:38	Airbus A319-111	8:36	ATR 42 - 500
15:41	Airbus A319-111	8:37	Bombardier Dash 8 Q400
15:46	ATR 42-500	8:39	Airbus A319 - 112
15:51	Airbus A319-112	8:42	Boeing 737 8KN
15:52	Airbus A319-112	8:45	ATR 72 - 500
15:54	Airbus A319-112	8:46	Airbus A320 - 214
16:01	ATR 72-500	8:48	ATR 42 - 500
16:02	Airbus A320-214	8:52	Airbus A319 - 111
16:04	Airbus A319-112	9:01	Boeing 737 8AS
16:18	Airbus A319-112	9:03	Boing 737 8FH
16:21	Boeing 737-8GN	9:07	Airbus A319 - 112

# Příloha 11: Strategická hluková mapa letiště Václava Havla v Praze



## Příloha 12: Korekce pro určování ekvivalentní hladiny akustické tlaku

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku na pracovištích (podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.)		
charakteristika	zvuk na pracovišti celkem	zvuk vzduchotechniky nebo pronikající ze sousedních prostor
všechna pracoviště	max. $L_{Aeq,8h} = 85$ dB *)	max. $L_{Aeq,T} = 70$ dB
duševní práce náročná na pozornost a soustředění, tvůrčí práce	max. $L_{Aeq,8h} = 50$ dB	
$L_{Aeq,8h}$ = ekvivalentní hladina akustického tlaku $A$ za 8 hodin trvání pracovní směny $L_{Aeq,T}$ = ekvivalentní hladina akustického tlaku $A$ za dobu $T$ (hodin) trvání rušivého zvuku (ta může být kratší, než doba pracovní směny)		
*) Jedná se jen o ochranu sluchu. Při překročení limitu $L_{Aeq,8h} = 80$ dB musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pomůcky proti hluku. Při překročení limitu $L_{Aeq,8h} = 85$ dB musí zaměstnavatel zajistit, aby zaměstnanci osobní ochranné pomůcky používali.		

Nejvyšší přípustné hodnoty hluku ve chráněném vnitřním prostoru staveb (podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.)			
charakter hluku (zdroje)	kritérium		limitní hodnoty
	v denní době 6 až 22 hodin	v noční době 22 až 6 hodin	
1) hluk pronikající vzduchem zvenčí s výjimkou ad 2) a hluk dopravy na účelových komunikacích	$L_{Aeq,8h}$ (dB) stanovená za 8 nejhlučnějších po sobě jdoucích hodin	$L_{Aeq,1h}$ (dB) stanovená za nejvíce hlučnou hodinu	40 dB + korekce dle tabulky 5
2) hluk dopravy na veřejných pozemních komunikacích, drahách, hluk leteckého provozu	$L_{Aeq,16h}$ (dB) stanovená za celou denní dobu	$L_{Aeq,8h}$ (dB) stanovená za celou noční dobu	40 dB + korekce dle tabulky 5
3) hluk šířící se ze zdrojů uvnitř objektu	$L_{Amax}$ (dB) maximální hladina	$L_{Amax}$ (dB) maximální hladina	40 dB + korekce dle tabulky 5
4) hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu	$L_{Aeq,14h}$ (dB) stanovená pro dobu od 7 do 21 hodin		40 dB + 15 dB + korekce dle tabulky 5
5) zvuk elektronicky zesílené hudby v prostoru pro posluchače	$L_{Aeq,4h}$ (dB) stanovená pro dobu $T = 4$ hod.		100 dB

Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku ve chráněném vnitřním prostoru staveb (podle Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.)		
druh chráněného vnitř. prostoru	doba pobytu	korekce [dB]
nemocniční pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-15
lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5
obytné místnosti	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	0 *)
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	-10 *)
hotelové pokoje	doba mezi 6.00 a 22.00 hodinou	+10
	doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou	0
přednáškové sítě, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školských zařízení		+5

# Príloha 13: Operačný prostrední programu Capture Studio 9.14

The screenshot displays the CESVA Capture Studio software interface, which is used for sound level measurements. The interface is divided into several sections:

- Top Panel:** Contains the main menu (File, Edit, View, Capture, Settings, SLIM, Settings PC, Window, Help) and a toolbar with various icons for file operations and measurement control.
- Left Panel (Numerical Sound Level Meter):** Shows real-time measurement data.
 

LZ125ms	76,3
LZ125ms	75,7
LA125ms	74,6

Below these values, there are fields for 'Start' (01.06.2017 9:38:52) and 'End' (01.06.2017 9:38:52), and a 'Total data' table:

Duration	00:11:00:23
Start	01.06.2017 9:39:50
End	01.06.2017 10:00:12
L1	76,0
L5	76,0
L10	74,4
L50	66,1
L90	59,3
L99	49,9
- Right Panel (Graphic Sound Level Meter):** Contains two graphs showing sound level over time.
  - Top Graph:** Shows three data series: LZ125ms (blue line), LA125ms (green line), and LAF (red line). The y-axis represents sound level in dB(A) from 20 to 140. The x-axis represents time in milliseconds (ms) from 0 to 140. A vertical blue line is positioned at approximately 70 ms.
  - Bottom Graph:** Shows two data series: LZ1s (blue line) and LAFmax (red line). The axes and the LZ1s line are identical to the top graph. The LAFmax line is a constant horizontal red line at approximately 110 dB(A).