

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

Zemědělská fakulta

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Tomáš Kdolský

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra zemědělské techniky

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravním prostředí

Vedoucí bakalářské práce

Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor

Tomáš Kdolský

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KDOLSKÝ**
Osobní číslo: **Z09055**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravním prostředí.**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíl práce:

Cílem práce je provedení analýzy hluku pozemních dopravních zařízení v závislosti na charakteru dopravní trasy, prostředí a druhu dopravních zařízení. Na jejím základě vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí a návrh protihlukových opatření.

Metodický postup:

1. Provést analýzu dopravních zařízení (silničních motorových vozidel);
2. Provést analýzu dopravního prostředí a dopravních tras;
3. Na základě výše uvedených analýz provést výběr vhodných dopravních zařízení pro měření a míst měření hluku;
4. Provést analýzu faktorů, které se významně podílejí na emisích hluku;
5. Stanovit metodiku měření na základě studia příslušných norem a předpisů;
6. Na základě provedených analýz vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí a návrh protihlukových opatření;

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Adamec, V. a kol.: *Doprava, zdraví a životní prostředí*, GRADA, Praha 2008, 160 s.; Babisch, W., Ising, V., Gallacher, J. E. J.: *Health status as a potential effect modifier of the relation between noise annoyance and incidence of ischaemic heart disease. Occupational and Environmental Medicine*, London 2003; 60. s.739-745. ISSN 1351-0711; Celjak, I.: *Dopravní a manipulační zařízení, Učební text na el. nosiči, ZF, JU v Č.Budějovicích*, 2010, 112 s.; Havránek, J. a kol.: *Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, 1990, 280 s. ISBN 80-201-0020-2; Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č.j. HEM -300-11.12.01-34065; Kolektiv autorů: Lärm Gesundheitsrisiko? Bundesgesundheitsblatt 35, 3, 1992, s. 117 - 176. Nový, R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 1995, s. 16-17. ISBN 80-01-01306-5; Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení, Praha, Sdělovací technika 1998, s. 54-57. ISBN 80-901936-2-5; Sbírka zákonů č. 51/2006, zákon č. 148. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací: Praha 2006; ČSN ISO 9612 Akustika. Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí: Praha 2000; Nařízení vlády č.9/2002 Sb. kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku; ČSN ISO 3744 Akustika. Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku.*

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**

Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **2. listopadu 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**



prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice



doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 2. listopadu 2011

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Analýza hluku dopravních zařízení v závislosti na dopravním prostředí* vypracoval samostatně na základě vlastního zjištění a materiálů a uvedl jsem veškeré použité informační prameny, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění prohlašuji, že souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 13. 4. 2012

.....

Tomáš Kdolský

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval panu Ing. Ivu Celjakovi, CSc. za jeho odbornou pomoc, cenné rady a připomínky při řešení této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce obsahuje analýzu hluku dopravních zařízení, jako jsou osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy a motocykly v závislosti na druhu dopravního prostředí, ale také na charakteru dopravní trasy. Zde jsou velmi důležité faktory a to druh projíždějících vozidel, počet projíždějících vozidel, rychlost vozidel, meteorologické podmínky, povrch a stav silnice. Na základě této analýzy je vypracován souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí v jednotlivých měřicích místech a následně navrhuta vhodná protihluková opatření. Cílem výsledků této práce je poukázání na případné nadměrné zatížení hlukem a poukázání na možnosti jeho odstranění v jednotlivých měřicích místech.

Klíčová slova: hluk, hluková zátěž, analýza hluku, ekvivalentní hladina hluku, protihluková opatření, dopravní zařízení

Abstract

This thesis contains the noise analysis of transport vehicles as cars, trucks, cargo sets, busses and motorcycles in relation of the kind of the transport environment, but also on the character of the transport routes. There are very important factors here and namely the kind of passing vehicles, the number of passing vehicles, the speed of the vehicles, weather conditions, road surface and road condition. Following to this analysis there is a summary of the results detected, which is mainly focused on the level of noise emissions in the individual measuring places. Afterwards, there are suggested ways of appropriate noise reduction. The object of this work is the pointing out potential excessive noise suggesting some possibilities of its removal at the measured places.

Keywords: noise, noise pollution, noise analysis, equivalent noise level, noise abatement measures, transportation equipment

Obsah:

1	Úvod	9
1.1	Cíl práce	9
2	Literární přehled	9
2.1	Definice hluku	9
2.2	Vyjádření účinků hluku na člověka	11
2.3	Lidské ucho a jeho mechanismus slyšení	13
2.3.1	Nežádoucí účinky hluku na lidský organismus	14
2.4	Nejvyšší přípustné hodnoty hladiny hluku v ČR.....	15
2.4.1	Nejvyšší přípustné hodnoty hluku ve venkovním prostoru	15
2.5	Hluk silničních dopravních prostředků	18
2.5.1	Vnější hluk	19
2.5.2	Vnitřní hluk	19
2.5.3	Valivý hluk	20
2.5.4	Hluk energetického zařízení a příslušenství vozidel	20
2.5.5	Aerodynamický hluk.....	20
2.5.6	Hluk vznikající vlivem rychlosti pohybu vozidel	20
2.6	Faktory závislé na prostředí.....	21
2.6.1	Vliv okolního terénu	21
2.6.2	Vliv klimatických podmínek	21
2.7	Základní pojmy a veličiny	22
2.7.1	Akustické vlnění	22
2.7.2	Kmitočet.....	23
2.7.3	Vlnová délka	23
2.7.4	Akustická rychlost	23
2.7.5	Akustický tlak.....	23
2.7.6	Akustická intenzita	24
2.7.7	Akustický výkon.....	24
2.8	Opatření ke snížení hlukové zátěže	24
2.8.1	Protihluková úprava obrusných vrstev vozovky	25

2.8.2	Protihlukové valy.....	29
2.8.3	Protihlukové stěny	30
3	Metodika	35
3.1	Výběr lokality a času měření	35
3.2	Provedení vlastního měření	35
3.3	Použité přístroje.....	36
4	Vlastní měření.....	39
4.1	Měřicí místo č. 1 - náměstí Jiřího z Poděbrad	39
4.1.1	Popis měřicího místa č. 1	39
4.1.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 1	40
4.1.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 1.....	41
4.1.4	Rozbor měřicího místa č. 1	42
4.1.5	Návrh protihlukového opatření v měřicím místě č. 1	43
4.2	Měřicí místo č. 2 - křižovatka ulic Lidická a Mánesova	44
4.2.1	Popis měřicího místa č. 2	44
4.2.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 2	45
4.2.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 2.....	46
4.2.4	Rozbor měřicího místa č. 2	46
4.2.5	Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 2	47
4.3	Měřicí místo č. 3 - kruhový objezd v Hluboké nad Vltavou.....	48
4.3.1	Popis měřicího místa č. 3	48
4.3.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 3	49
4.3.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 3.....	50
4.3.4	Rozbor měřicího místa č. 3	50
4.3.5	Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 3	51
4.4	Měřicí místo č. 4 - silnice I. třídy č. 19	52
4.4.1	Popis měřicího místa č. 4	52
4.4.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 4	53
4.4.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 4.....	54
4.4.4	Rozbor měřicího místa č. 4	55

4.4.5	Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 4	56
4.5	Měřicí místo č. 5 - průjezd obcí Křenovice, silnice I. třídy č. 29.....	57
4.5.1	Popis měřicího místa č. 5	57
4.5.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 5	58
4.5.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 5.....	59
4.5.4	Rozbor měřicího místa č. 5	60
4.5.5	Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 5	60
4.6	Měřicí místo č. 6 - průjezd obcí Čimelice, silnice I. třídy č. 4.....	61
4.6.1	Popis měřicího místa č. 6	61
4.6.2	Druh dopravy v měřicím místě č. 6	62
4.6.3	Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 6.....	63
4.6.4	Rozbor měřicího místa č. 6	64
4.6.5	Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 6	64
5	Závěr	65
5.1	Porovnání všech měřicích míst z hlediska zatížení dopravou	65
5.2	Porovnání všech měřicích míst z hlediska hlukové zátěže.....	66
5.3	Rozbor všech výsledků.....	66
6	Seznam použité literatury.....	69

1 Úvod

1.1 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je provedení analýzy hluku silničních motorových vozidel, jako jsou osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy atd., v závislosti na prostředí a druhu dopravního prostředí, zda se jedná o silnice I. třídy, II. třídy, III. třídy, účelové komunikace, frekventované křižovatky nebo kruhové objezdy ve městě. Dále provést analýzu dopravních tras, z hlediska jejich charakteru, kde jsou velmi důležité faktory, jako je druh vozidel, jejich hmotnost, počet projíždějících vozidel, rychlost vozidel a povrch vozovky. Na základě provedených analýz vypracovat souhrn poznatků o úrovni hlukových emisí, zpracovat je do tabulek, následně vyhodnotit a navrhnout vhodná protihluková opatření.

2 Literární přehled

2.1 Definice hluku

Poměrně velice přesně lze zvuk fyzikálně popsat a jeho vlastnosti, ať už u zdrojů (emise) nebo pokud se šíří prostředím (imise), měřit. Lékařsky lze považovat hluk za zvuk, který má účinky přímo na správnou činnost sluchového orgánu (specifické účinky), nebo prostřednictvím něho v různé intenzitě jinak působí škodlivě na člověka (nespecifické účinky). I tyto vlivy zvuku příliš silného, příliš častého, nebo působícího v nevhodné situaci, době či na slabého jedince (tedy bez ohledu na jeho fyzikální vlastnosti) lze dnes již poměrně přesně pozorovat a objektivně popsat).

V praktickém boji proti hluku je dnes klíčovou otázkou, nakolik je v současné době technicky a ekonomicky realizovatelné jeho omezení. Z technického hlediska je u hluku výhodné např. to, že se chová relativně přesně podle fyzikálních zákonů, což umožňuje aplikaci výpočtových metod s mnohem

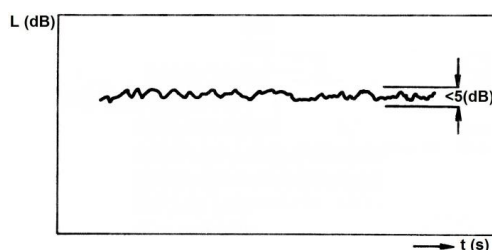
větší přesností než např. u prognóz znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua, nekumuluje se v prostředí, jako např. některé chemické škodliviny. Pokud jde o ekonomická hlediska, je samozřejmě snižování hluku spojeno s finančními náklady. Avšak opatření proti hluku mají v případě emisí mnohdy technicky příznivé účinky (např. v oblasti životnosti zařízení). V případě imisí mají zřejmě i ekonomický přínos, což lze již dnes objektivně kvantifikovat - i když je to složitý problém, spočítat ztráty či přínosy způsobené nepřikročením k protihlukovým opatřením ekonomové dovedou (např. se ekonomicky ocení zvýšená unavenost a nemocnost - ztráty produktivní, ztráty na účet zdravotních a sociálních výdajů).

Právní definice hluku by měla vzít v úvahu jak výše uvedená vymezení, tak ovšem i zahrnout jeho další společenská negativa. Samotné vymezení není vůbec jednoduché. Z hlediska platného práva tak činí jednotlivé právní předpisy pro oblasti jimi upravované. Proto jej vymežíme, aniž bychom se nyní blíže zabývali zákonnými definicemi, jako zvuk, který člověka poškozuje (na zdraví, majetku, na životním prostředí), ruší anebo obtěžuje. [9]

Povahy hluku lze charakterizovat z hlediska časového průběhu a kmitočtového složení, kde se rozeznávají následující povahy hluku:

a) Ustálený hluk

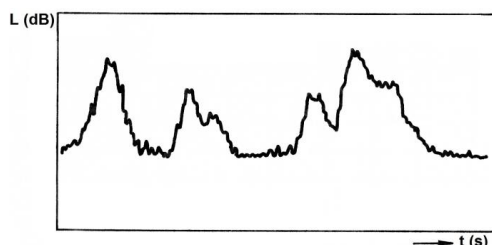
Hluk, jehož hladina zvuku L_{AF} se nemění v čase nebo kolísá v rozsahu menším než 5dB (A), nebo který se v průběhu měřeného či sledovaného úseku mění nejvýše v rozmezí 5 dB (A).



Obrázek 1 - Ustálený hluk

b) Proměnný hluk

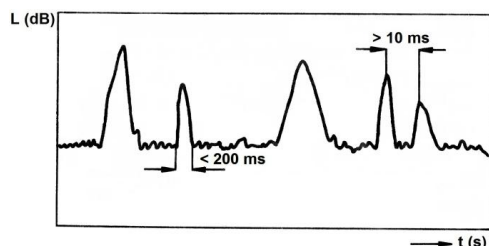
Hluk se mění o více než 5dB (A). Změny tohoto hluku mohou být kolísavé, nebo náhlé (např. průběh v opakujících se intervalech hlučných a tichých).



Obrázek 2 - Proměnný hluk

c) Impulzní hluk

Hluk je tvořen jednotlivými impulzy, nebo sledem impulzů 1 až 200 ms dlouhých s intervaly mezi pulzy delšími než 10 ms.



Obrázek 3 - Impulzní hluk

d) Vysokofrekvenční hluk

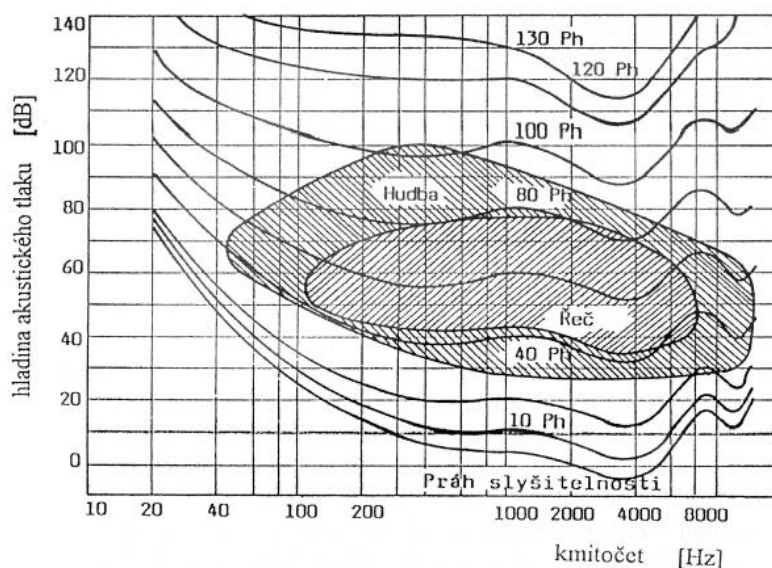
Hluk s výraznými kmitočtovými složkami v oblasti kmitočtů vyšších než 8kHz. Tento hluk může být způsoben neakustickými rušivými vlivy (vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole atd. [1,6])

2.2 Vyjádření účinků hluku na člověka

Při popisu účinků zvuku na člověka používáme hladinu hluku vyjádřenou v decibelech a korigovanou kmitočtově pomocí pásmového váhového filtru, aby bylo vzato v úvahu, že zvuk v různých kmitočtech je vnímán sluchem s nesterjnou citlivostí. Údaj hladiny hluku je označen dB (A), kde A označuje použitý váhový filtr. Většina hluků v našem prostředí nemá ustálený, ale proměnný charakter,

vyhodnocuje se průměrná úroveň sumy akustické energie, která působila v příslušném čase a tato energeticky průměrná hladina se označuje jako ekvivalentní hladina hluku L_{Aeq} . Rizika, vyplývající z expozice hluku, jsou vyjádřena stanovením nejvýše přípustných hladin zvuku, které jsou obsahem Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [5,7]

Určitý přehled o kmitočtových a amplitudových oblastech např. při lidské řeči či hudbě, podává obrázek 4 níže.



Obrázek 4 - Kmitočtové a amplitudové složení lidské řeči a hudby [3]

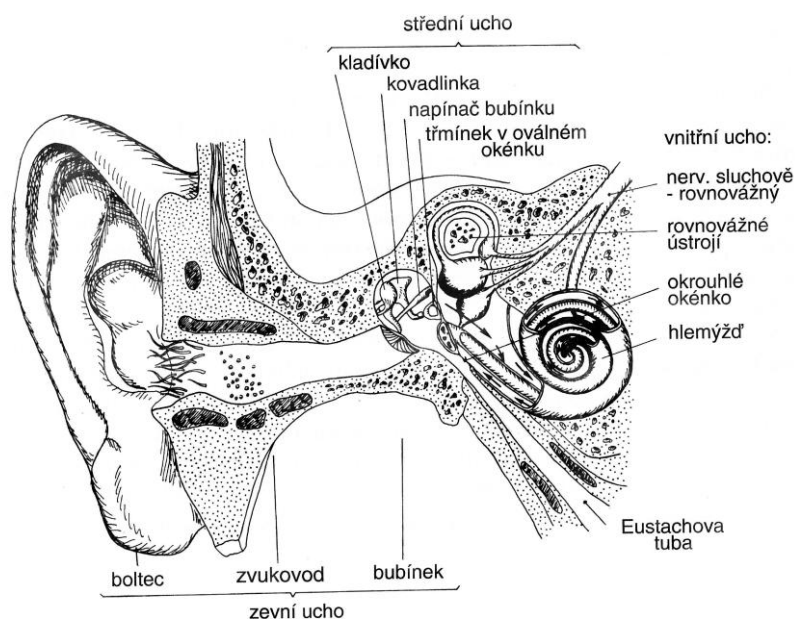
Účinky působení hluku na člověka se dělí do následujících kategorií:

- a) Účinky obtěžující - tyto účinky jsou velmi nesnadno kvantifikovatelné, protože jejich dopad se různí podle pocitů, dojmů a zdravotní dispozice osob zasažených hlukem. Zdroje hluku mají také různou rušivost.
- b) Účinky škodlivé - za tyto účinky se považují účinky vyvolané nepřipustně vysokou hladinou hluku. [5]

2.3 Lidské ucho a jeho mechanismus slyšení

Zvukový vjem zprostředkovaný lidským uchem je velice komplikovaný proces. Činnost nervů v lidském organismu se řídí podstatně jinými zákonitostmi než přenos zvuku v prostředí a proto se ve sluchových vjemech objevují jevy, které nemají fyzikální obdoby.

Lidské ucho jakožto sluchový orgán se skládá z vnějšího, středního a vnitřního ucha, viz obr. 4. Vnější ucho spojuje okolní prostor s bubínkem, který tvoří překážku ve zvukovodu. Toto spojení je velmi dobré při frekvencích 800Hz, ale zůstává stále dobré i ve větších frekvencích. Pokud je však frekvence pod 400Hz, kvalita přenosu se výrazně zhoršuje. Chvění bubínku se mechanicky přenáší prostřednictvím středního ucha do ucha vnitřního. Vnitřní ucho představuje další odpor pro vedení zvuku. Vnímání zvuku nervy nastává podél basální membrány ušního závitku, kterému se říká hlemýžď. Zde také probíhá frekvenční analýza zvuku. Zvuky s rozličnou frekvencí zaznamenává membrána vnitřního ucha jako maximální záchvěvy v různých vzdálenostech od oválného okénka. [3]



Obrázek 5 - Sluchový orgán [2]

2.3.1 Nežádoucí účinky hluku na lidský organismus

Nežádoucí účinky hluku na lidský organismus lze rozdělit na:

- a) Specifické (sluchové) účinky hluku - závisí přímo na vlastnostech či změnách a poruchách ve sluchovém analyzátoru, postihují jeho činnost
- b) Systémové (mimosluchové) účinky hluku - ovlivňují regulační procesy a projevují se poruchami srdečně - cévního systému, metabolismu, spánku, vegetační rovnováhy a psychické výkonnosti a pohody [1,5]

2.3.1.1 Specifické účinky hluku na člověka

Specifické účinky hluku na člověka lze rozdělit na:

- a) Akutní akustické a explozní trauma
- b) Chronické akustické trauma
- c) Maskování
- d) Horšení zpracování a vštěpování poznatků

2.3.1.2 Systémové účinky hluku na člověka

Systémové účinky hluku na člověka lze rozdělit na:

- a) Funkční poruchy v aktivaci centrální nervové soustavy způsobující
 - vegetativní reakce
 - hormonální odpovědi
 - biochemické reakce
 - poruchy spánku
- b) Funkční poruchy motorických a smyslově-motorických funkcí s ergonometrickými důsledky například změny zrakového pole, poruchy pohybové koordinace nebo úrazovost
- c) Funkční poruchy emocionální rovnováhy
- d) Ovlivnění kvality sociální interakce, tzn. při nadměrném hluku klesá kvalita komunikace, míra empatie atd. [1,5]

Tyto systémové účinky působí na celý organismus. Jsou to ale účinky nepřímé, tedy podráždění sluchového aparátu probíhá přes mozkové centrum. Do organismu se dále dostávají přes žlázy s vnitřní sekrecí až do míst, kde jsou umístěna centra řízení podvědomých reakcí člověka, a také udržujících stálý chod hlavních tělesných funkcí. Organismus je schopen na hlukové podněty reagovat různým způsobem. Dokáže se zaktivovat, ale může také způsobit až lekavou reakci a rozrušení. Hluk samozřejmě ovlivňuje i spánek. Díky hluku může být pro člověka obtížné usnout, naopak monotónní zvuky jsou často používány právě pro navození spánku. Nicméně hluk nutně zhoršuje kvalitu a hloubku spánku a zvyšuje celkový spánkový neklid.

Hluk má vliv i na každodenní činnosti člověka, a to pozitivní i negativní. Při práci může způsobovat zhoršení jemné motoriky, koordinace pohybů a soustředěnosti. Naopak správně zvolený zvuk například hudba, dokáže pracovní nasazení ovlivnit pozitivně (při monotónních pracích) a bývá často vyhledávanou pomůckou studentů pro usnadnění procesu učení.

To, zda hluk působí i na výskyt nejrůznějších onemocnění u člověka, je podloženo pouze statisticky. Není možné stoprocentně dokázat, že pro dané onemocnění jedince byl spouštěcím mechanismem právě hluk. [5]

2.4 Nejvyšší přípustné hodnoty hladiny hluku v ČR

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací má za úkol chránit zdraví obyvatel České republiky před těmito negativními účinky. Nejvyšší přípustný základní hygienický limit hluku stanovuje nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A ve venkovním prostředí pro den na 50 dB a pro noc na 40 dB.

2.4.1 Nejvyšší přípustné hodnoty hluku ve venkovním prostoru

Hodnoty hluku ve venkovním prostoru se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$. V denní době se stanoví pro osm nejhluchnějších hodin, v noční době pro nejhluchnější hodinu. Pro hluk z dopravy na veřejných komunikacích a železnicích a pro hluk z leteckého provozu se stanoví pro celou

denní a noční dobu. Pro účely územního plánování se vyjadřuje 24 hodinovou dlouhodobou průměrnou ekvivalentní hladinou L_{dvn} a noční dlouhodobou průměrnou ekvivalentní hladinou L_n .

Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku A, s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ se rovná 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle tabulky 1. Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce -12 dB. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, a hluku s výrazně informačním charakterem se přičte další korekce -5 dB. [7]

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A je vypočítaná ustálená hladina akustického tlaku A, která má stejný účinek na člověka během sledovaného období jako proměnlivá hladina L_{pA} za stejný čas. Vztahuje se vždy k určitému časovému intervalu T.

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n \left(t_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right]$$

L_{Aeq} ekvivalentní hladina zvuku A [dB]

T doba měření

L_i hladina zvuku i-tého vzorku měření

t_i doba měření i-té hodnoty

n počet naměřených údajů během intervalu T

Tabulka 1 - Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v prostorech staveb a venkovním prostoru

Druh prostoru	Korekce [dB]			
	1)	2)	3)	4)
Chráněný venkovní prostor staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a ostatní venkovní prostor	0	+5	+10	+20

Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních dráhách, kde se použije korekce -5 dB.

Pravidla použití korekce uvedené v tabulce 1:

- 1) Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk z veřejné produkce hudby, dále pro hluk na účelových komunikacích a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce, zejména rozřaďování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy a dráhách.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.
- 4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích s výjimkou účelových komunikací a dráhách uvedených v bodu 2) a 3). Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, prováděné údržbě a rekonstrukci železničních drah nebo rozšíření

vozovek při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace, nebo dráhy, při kterém nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb nebo v chráněném venkovním prostoru, a pro krátkodobé objízdne trasy. [7]

2.5 Hluk silničních dopravních prostředků

V sídlištích a v centrech měst převažují hluky, jejichž zdroji jsou dopravní prostředky. Zvláště velké zvýšení hlučnosti vlivem dopravy je možno pozorovat v blízkosti dopravních magistrál výpadových silnic a velkých křižovatek. Hluk způsobovaný dopravou roste převážně s počtem automobilů, s jejich rychlostí a se zvyšováním nosností nákladních automobilů. Závislost hladiny akustického tlaku A na intenzitě provozu se kontroluje přednostně ve vzdálenosti 7,5 m od osy dopravního proudu (v závislosti na omezujících podmínkách prostředí). Hladiny akustického tlaku A při zvýšení rychlosti jízdy na dvojnásobek se průměrně zvýší o 8 až 10 dB. [3]

Hladina akustického tlaku A vyvolaná jednotlivými dopravními prostředky závisí na několika faktorech:

- a) na mechanickém výkonu motoru
- b) na rychlosti vozidla
- c) na režimu práce motoru
- d) na technickém stavu vozidla
- e) na druhu a dezénu pneumatik (zimní, letní)
- f) na kvalitě vozovky
- g) na okolní zástavbě
- h) na meteorologických podmínkách

Další faktory podílející se na tvorbě hluku v silniční dopravě jsou uvedeny níže.

2.5.1 Vnější hluk

Vnější hluk v silniční dopravě vzniká při provozování vozidel a převážně ho registrují obyvatelé vně motorových vozidel například chodci, osoby žijící v okolních domech apod. Tento hluk závisí nejvíce na vzdálenosti od silnice, na druhu vozovky, na konfiguraci terénu (rovina, stoupání nebo klesání) a rychlosti pohybu dopravních zařízení, charakteru pohybu vozidel (zpomalování, rozjezd, zrychlování) a intenzitě dopravy. Zdrojem hluku jsou i podvozkové části vozidel, například dezén zimních a letních pneumatik, dynamické rázy při přejíždění nerovností na vozovce a také vlivy přepravovaných břemen, resp. hluk pocházející z konstrukce ložných ploch a speciálních koreb (korby, kontejnery, klanice, manipulační zařízení, například hydraulické jeřáby a prostředky (bedny, nádoby).

Při dopravě, zejména ve městě, se velikost hladiny hluku zvyšuje v blízkosti křižovatek. Na těchto místech se hladina hluku rychle mění podle toho, jaká je hustota provozu a jak se mění režim jízdy vozidel, tzn. jak vozidla zpomalují, zastavují, brzdí nebo se rozjíždějí. Při změně tohoto režimu hladina hluku kolísá. V zástavbě s vysokými budovami po obou stranách se zvuk odráží od průčelí domů. Hladina hluku je zde obecně vyšší, než na otevřených komunikacích. [6]

2.5.2 Vnitřní hluk

Na tvorbě vnitřního hluku vozidel se podílí několik zdrojů hluku a vibrací, počínaje motorem a konče různým příslušenstvím, určeným ke zlepšení funkce vozidla a pohodlí řidiče i spolupasážerů. Zdroje hluku, které souvisí s realizací pohybu vozidla, jsou většinou mezi sebou provázány. Dalším zdrojem vnitřního hluku mohou být podvozkové části vozidel, například házivost kol, nerovnoměrnost v tuhosti pneumatik (zimní a letní dezén), dynamické rázy při přejíždění nerovností na vozovce. Do určité míry se mohou projevit i vlivy přepravovaných břemen, resp. hluk pocházející z ložných ploch např. (korby, kontejnery). [6]

2.5.3 Valivý hluk

Tento hluk je vyvolán stykem dotykové plochy kola s povrchem vozovky. V místě styku vznikají vibrace a tření, které se do vozovky a kola přenášejí jako hluk a šíří se dále do okolí, případně se vyzařují jako hluk šířený vzduchem.

Největší podíl na vzniku valivého hluku má konstrukce vozidel a geometrie podvozku. Jedná se zejména o stykové plochy pneumatik, které způsobují nežádoucí hluk, jehož frekvence i intenzita závisí na rychlosti jízdy, na počtu kol, tlaku huštění v pneumatikách, druhu a dezénu pneumatik (zimní, letní), na jeho hmotnosti a zatížení a na správně seřízené geometrii kol. [6]

2.5.4 Hluk energetického zařízení a příslušenství vozidel

Patří k primárním zdrojům hluku v silniční dopravě. Může být statický nebo dynamický. V případě motorové trakce prostřednictvím spalovacích motorů, je hluk složen z hluku hnacího motoru a managementu motoru jako je chladicí ventilátor či turbodmychadlo, sací a výfukové potrubí (jeho rezonance). Ze strany skupin vozidla, které zajišťují bezpečnost a komfort jízdy (např. posilovač řízení, klimatizace, ventilátor topení) a podvozku (převodové ústrojí, hřídele). Snížení hluku lze dosáhnout použitím elektromotorů, poté se jedná o elektromobil, případně uvedení nových modernějších vozidel do provozu. [6]

2.5.5 Aerodynamický hluk

Jedná se o hluk vzniklý v důsledku proudění vzduchu a turbulence vzduchu kolem karosérie vozů a jejich podvozků. Jeho hodnota se zvyšuje s rychlostí jízdy, plochou vozidla, provedením karoserie a charakterem přepravovaného nákladu nebo použitím přepravních prostředků jako jsou např. kontejnery, palety, vaky, pytle, plachty. [6]

2.5.6 Hluk vznikající vlivem rychlosti pohybu vozidel

Vliv rychlosti pohybu vozidel má vliv nejen na velikost hluku, ale také na jeho druh. Obecně platí, že při nízkých rychlostech je dominantní hluk hnacího vozidla, jako např. hluk motoru apod., zatímco při středních rychlostech se více projevuje hluk valivý nebo aerodynamický. [6]

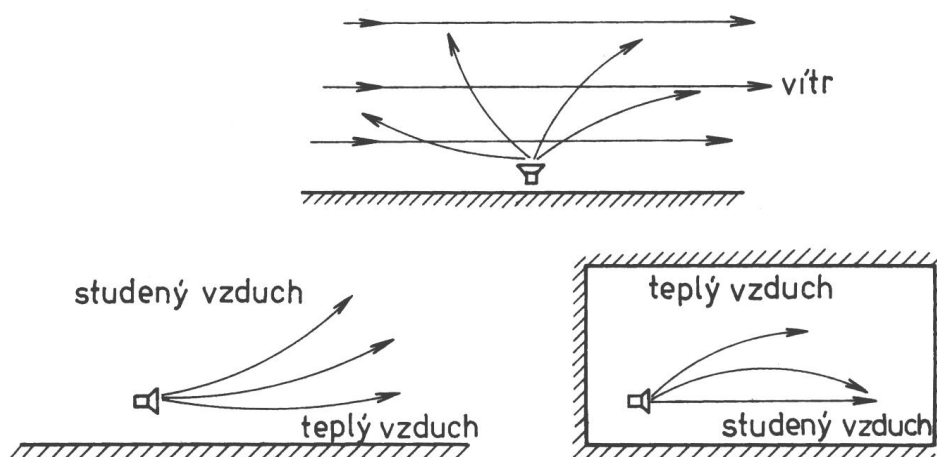
2.6 Faktory závislé na prostředí

2.6.1 Vliv okolního terénu

Vliv okolního terénu a jeho vlastností má podstatný vliv na šíření hluku do okolí. Jedná se o pohlcování zvukových vln terénem, porostem nebo okolní zástavbou, případně vlivem odrazů zvukových vln od překážek nebo od okolní zástavby. Zástavba, umělé překážky a typ terénu mají vliv na výslednou hladinu hluku. Největší vliv mohou mít ty překážky, které se nalézají v blízkosti silnic. [6]

2.6.2 Vliv klimatických podmínek

Vliv počasí na úroveň hluku se výrazně projevuje až ve větších vzdálenostech od zdroje hluku (100 m). Při vzdálenosti menší než 100 m se může projevit například absorpce sněhu, mohou se projevit také odrazy zvukových vln od různých vrstev vzduchu. Lom zvukového paprsku nastává směrem do chladnějších vrstev vzduchu. Tento děj se vyskytuje jak ve volném prostředí, tak i v uzavřených objektech. Při šíření zvukových vln ve volném prostoru může dojít ke změně směru postupující vlny také unášením částic prostředí pohybem prostředí - větrem. [6]



Obrázek 6 - Změna směru šíření zvukového paprsku lomem za neobvyklých rozložení teplotních vrstev nebo unášením pohybem prostředí [2]

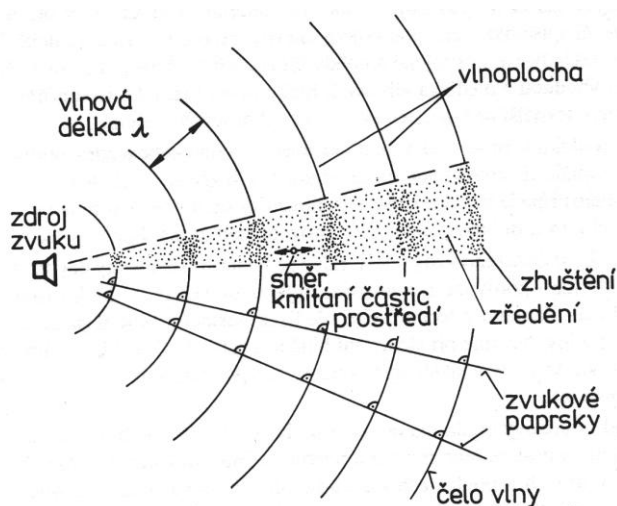
2.7 Základní pojmy a veličiny

2.7.1 Akustické vlnění

Zvuk je mechanické kmitání pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu 20 až 20 000 kmitů za sekundu. Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Akustické vlnění se dělí na podélné a příčné podle toho, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu. U podélného vlnění je směr kmitů udán jednoznačně směrem šíření vlnění, ale u příčného vlnění se musí udávat také rovina, ve které dochází k příčným kmitům.

Velmi důležité je, že se částice jednosměrně nepohybují se šířícím se vlněním, ale kmitají pouze kolem svých rovnovážných poloh. Velmi důležitým faktem je, že šíření akustického vlnění je spojeno s přenosem energie.

U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze akustické vlnění podélné, protože jsou tyto látky pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti. U materiálů, které jsou elastické, se může vyskytovat vlnění podélné i příčné, neboť tyto materiály mají pružnost nejen v tahu a tlaku, ale také ve smyku. Jejichž kombinací vzniká i ohybové kmitání. [2]



Obrázek 7 - Šíření zvukové vlny, vlnoplocha a zvukový paprsek [2]

2.7.2 Kmitočet

Kmitočet neboli frekvence f , udává počet kmitů za jednotku času (sekundu), které vykoná kmitající hmotný bod. [2]

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}]$$

T..... doba kmitu

Hz..... hertz

s..... sekunda

2.7.3 Vlnová délka

Vlnová délka je vzdálenost, kterou urazí zvuková vlna za dobu jednoho kmitu T neboli mezi nejbližšími body bodové řady, u nichž je v daném časovém okamžiku stejný akustický stav. Tato vzdálenost vlnové délky se nazývá λ [m]. [2]

λ lambda

m metr

2.7.4 Akustická rychlost

Akustickou rychlostí se nazývá rychlost v [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$], s jakou kmitají jednotlivé částice prostředí, kterým se šíří akustická vlna. [2]

2.7.5 Akustický tlak

Akustický tlak p charakterizuje okamžitou hodnotu tlaku v daném místě prostředí, v daném čase. Akustický tlak závisí na barometrickém tlaku. Barometrický tlak je hodnota přibližně 100 000 Pa, kdežto akustický tlak je veličina o mnoho řádů nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot $2\cdot 10^{-5}$ Pa, což je oproti barometrickému tlaku hodnota téměř zanedbatelná. [2]

Pa..... pascal

2.7.6 Akustická intenzita

Akustická intenzita I je vektor, který je definován jako tok akustické energie v daném směru a smyslu plochou kolmou k tomuto směru, vztažený na jednotku plochy [$\text{W}\cdot\text{m}^2$]. [2]

2.7.7 Akustický výkon

Výkon kmitavého děje W v ustáleném stavu je definován jako práce vykonaná za jednotku času, kde práce je součinitelem síly a dráhy. Pro diferenciálně malé časové úseky je okamžitý výkon dán součinem působící síly a rychlosti v [m/s]. Protože je akustický tlak definován silou působící na jednotkovou plochu, lze vyjádřit akustický výkon vztahem: [2]

$$P = I \cdot S \text{ [W]}$$

I akustická intenzita [$\text{W}\cdot\text{m}^2$]

S sledovaná plocha [m^2]

2.8 Opatření ke snížení hlukové zátěže

Protihluková opatření ke snížení hlukové zátěže z dopravy je možné rozdělit do dvou základních skupin a to na aktivní a pasivní.

- a) Aktivní protihluková opatření - tato opatření mají za úkol snížit hlukové emise zdrojů hluku, neboli zabraňují vzniku hluku nebo jej maximálně snižují přímo u zdroje např. protihluková úprava obrusných vrstev vozovky.
- b) Pasivní protihluková opatření - tato opatření mají za úkol chránit obyvatele před vzniklou nadměrnou hlukovou zátěží např. protihlukové valy, protihlukové stěny.

2.8.1 Protihluková úprava obrusných vrstev vozovky

V současnosti existuje několik technologií konstrukčních vrstev vozovky, které mohou být označeny jako nízkohlučné. Liší se provedením podle toho, zda se jedná o použití v obci nebo mimo ni. Mimo obce lze aplikovat v zásadě všechny rozvíjené nízkohlučné úpravy obrusných vrstev vozovky - od drenážních koberců, přes tenkovrstvé úpravy makrotextury až po uzavřené obrusné vrstvy s malou mezerovitostí avšak optimalizovanou strukturou povrchu. Specifickým a v Evropě ve stádiu vývoje se nacházejícím povrchem s potenciálem snížení hladiny hluku až o 10 dB (A), při rychlostech 50 km/h jsou poroelastické povrchové úpravy s pryží. Při velkém horizontálním namáhání povrchu vozovky (ostrá změna směru jízdy, brzdění, akcelerace vozidel) je vhodné použít obrusné vrstvy s upravenou texturou, které jsou méně náchylné na působení mechanických účinků. Zpravidla lze využít upravené asfaltové koberce mastixové či některou z tenkovrstvých úprav.

Z hlediska technologie konstrukcí vozovek se již řadu let v zahraničí využívá předností některých specifických směsí a technologických postupů pro obrusné vrstvy asfaltových vozovek nebo úprav betonových vozovek jako jedné z možností snižování emisí dopravního hluku vznikajících na povrchu vozovky a zatěžujících okolní prostředí. Běžně používané konstrukční vrstvy (litý asfalt nebo vymývaný beton) mohou snížit hladinu hluku v průměru do 3 dB (A). V některých západoevropských zemích existují bohaté zkušenosti s využitím otevřených a drenážních asfaltových koberců (Porous Asphalt, Flüsterasphalt), které byly v souvislosti s problematikou hluku aplikovány jako forma tzv. akustických obrusných vrstev (jednovrstvých nebo dvouvrstvých). V případě drenážních koberců dnes můžeme hovořit již o třetí generaci těchto úprav. [10]

2.8.1.1 Nátěrové technologie

Nátěrové technologie prováděné zejména na betonové vozovky byly původně vyvinuty pro použití na vzletových a přistávacích drahách letišť ke zlepšení protismykových vlastností povrchu. Tato technologie postupně našla

uplatnění též v oblasti betonových dálnic. Z akustického hlediska vede použití kameniva úzké frakce k dílčímu omezení vlivu oscilace pneumatik a ke snížení air-pumping efektu. [10]

2.8.1.2 Vymývaný beton

Betonové kryty obecně představují systém uzavřené ohrubné vrstvy bez výrazné makrotextury. Tento technologický krok přispívá k počátečnímu snížení hladiny hluku, avšak v důsledku omezené odolnosti proti ohladitelnosti se tento efekt po relativně krátké době vytrácí. Proto byla vyvinuta technologie vymývaného betonu. Z akustického hlediska je hlavním přínosem vymývaného betonu snížení vlivu oscilace pneumatiky. [10]

2.8.1.3 Protihlukové tenké asfaltové koberce

Technologie tenkých asfaltových koberců s konstrukční tloušťkou do 25mm je prováděna za horka, pokládkou klasickými finišery. Aplikací této technologie bylo v prvopočátku zlepšení protismykových vlastností a uzavření rozrušeného povrchu vozovky. Tyto asfaltové koberce s použitím kameniva 0/4 nebo 0/8 a s mezerovitostí max. do 15%-obj., jsou z hlediska čáry zrnitosti podobné drenážnímu koberci. Účelem není zlepšení drenážní schopnosti, ale snížení air-pumping efektu. Díky malým a rychle se zanášejícím mezerám však nelze očekávat dlouhodobější vyšší absorpční schopnost. V této skupině byla zařazena i v minulosti používaná technologie microdrain. V současné době je možné do této skupiny zařadit dnešní mikrokoberce, s obdobným cílem užití, avšak nejde o otevřený typ asfaltového koberce. Skupina těchto koberců vykazuje snížení hladiny hluku na úrovni 3 dB (A). Dalším zástupcem tenkovrstvých úprav (do tloušťky 25mm) může být asfaltový koberec s označením Rugosoft, který byl patentován francouzskou společností COLAS. Tímto typem povrchové úpravy je možné snížení hluku až o 7 dB (A). Aplikace je prováděna v tloušťce 2-3 cm a tento typ koberce je možné použít jak v obci tak mimo ni. Do této skupiny technologie lze dále zařadit směs Viaphone, která je využívána společností EUROVIA, a.s. [10]

2.8.1.4 Nízkohlučné asfaltové koberce mastixové

Speciálním typem asfaltových koberců jsou asfaltové koberce mastixové se sníženou hlučností (LSMA), aplikovaných jako možná varianta protihlukové technologie drenážních koberců. Použití směsi by mělo být vhodné na vysoce zatížených vozovkách. Stavební technickou charakteristikou textury minimálních podélných nerovností je možné dosáhnout snížení hlukových emisí až cca 4 dB (A). Při použití měřicí metody CPX, kdy se jedná o stanovení hluku referenčního kola uzavřeného ve speciálním boxu, které je taženo za jedoucím vozidlem předepsanou rychlostí, bylo dosaženo snížení hladiny hluku o 5-6 dB (A) na čerstvě provedené asfaltové vrstvě. V této souvislosti se dosud uplatňovaly směsi typu LSMA 0/8 nebo LSMA 0/5 a to v Rakousku a Německu. Směsi LSMA 0/8 nebo LSMA 0/5 je možné využít v porovnání např. s drenážními koberci, jako protihlukové opatření pro všechny dopravní rychlosti. Tyto směsi jsou navíc použitelné pro všechny třídy dopravního zatížení.

U použití směsi s menší zrnitostí 0/5 je snížena únosnost a trvanlivost vrstvy při velkém dopravním zatížení a proto je obzvláště vhodná pro snížení hluku pneumatik osobních vozidel. Tento typ směsi je dle dosavadních zkušeností aplikovatelný na pozemní komunikace se středním dopravním zatížením. U těchto směsí lze docílit v porovnání s SMA 0/8 snížení hlukové zátěže o 2-2,5 dB (A).

Samostatnou skupinou asfaltových koberců mastixových je v Německu vyvinutá směs LOA 5D, která je označovaná též jako „düsseldorfská asfaltová směs“. Tato směs je v porovnání s nízkohlučnými SMA podobná svou mezerovitostí běžným asfaltovým kobercům mastixovým (5-7%-obj.) Dle provedených hlukových měření bylo zjištěno snížení hluku až o 5 dB (A) v případě osobních automobilů a rychlosti 50 km.h⁻¹. Ztráta schopnosti snižovat hluk nebyla při opakovaných měřeních zjištěna ani po dvou letech. [4]

2.8.1.5 Asfaltové koberce drenážní (PA)

U tohoto asfaltového koberce se téměř výhradně uplatňují zrna největší použité frakce. Dokonce je preferováno, aby bylo aplikováno více jak 90% - hm.

drceného kameniva dané frakce, k dosažení co největší mezerovitosti. Na použité kamenivo i pojivo jsou kladeny vyšší kvalitativní nároky. Použití vysoce kvalitního kameniva a vysoce modifikovaných viskózních asfaltových pojiv, která musí mít vynikající lepivost a značnou odolnost proti stárnutí, představuje vyšší nároky na cenu. Drenážní koberec se odlišuje od směsi typu SMA minimálním podílem asfaltové malty. Aby nedocházelo ke stékání pojiva, aplikuje se navíc do směsi tzv. nosič pojiva - použití vhodných vláken, což opět klade vyšší nároky na cenu. Nejvíce uplatňované směsi asfaltových drenážních koberců jsou PA8, PA11, PA16, ze kterých se za nejlepší kompromis považuje směs PA11. I přes výše uvedená opatření jsou PA v porovnání s jinými typy použitých směsí náchylné na vylamování zrn kameniva, hlavně při vyšších smykových silách, jimiž může být prudké brzdění, náhlá změna směru jízdy apod.

Díky PA technologii lze dosáhnout nejvýraznějšího snížení hluku i přesto, že dochází k postupnému snižování efektu snižování hluku v čase, vlivem nedostatečné údržby a nadměrného znečištění. PA jsou vhodné převážně pro použití na rychlostních komunikacích a dálnicích, procházejících v blízkosti zastavěného území, protože nejvyššího snížení hluku lze docílit při vyšších rychlostech (snížení rezonance a air-pumping efektu ve frekvenčním pásmu nad 1kHz. V porovnání s klasickou asfaltovou vrstvou lze z hlediska snížení hlukové emise docílit snížení až o polovinu.

Novým trendem v souvislosti s výše uvedeným jsou dvouvrstvé drenážní asfaltové koberce. Tato technologická úprava představuje dnes z hlediska trvalého efektu snížení hlučnosti inovativní zajímavou alternativu. Jemnozrnější horní vrstva s uzavřenější strukturou (PA8) zajišťuje určitou ochranu před znečištěním, zatímco spodní vrstva (PA16) vytváří rezonanční prostor pro pohlcení hluku. Pokládka s využitím konvenční stavební techniky při současném zajištění požadované kvality však dosud byla velmi těžko dosažitelná. Již v roce 2000 byl při pokládce dvouvrstvého otevřeného asfaltového koberce v Rotterdamu poprvé použit upravený finišer pro pokládku tzv. Kompaktasphalt (souběžná pokládka dvou vrstev metodou „horké do horkého“). Souvrství konstrukce vozovky v tomto

případě tvořila vrstva otevřeného asfaltového koberece zrnitosti 11/16 (spodní vrstva) konstrukční tloušťky 5 cm a otevřený asfaltový koberec zrnitosti 0/2 konstrukční tloušťky 2 cm jako horní ochranná vrstva. Mezerovitost spodní hotové vrstvy se pohybovala v rozmezí 24,8 - 26,8 %-obj. a mezerovitost horní hotové vrstvy činila 22,0 - 22,8 %-obj. Obecně lze říci, že z řady dosud provedených měření hladiny hluku vyplývá snížení hluku o 6 - 8 dB (A), přičemž se zatím ukazuje, že pravděpodobně dojde též k prodloužení životnosti a akustické účinnosti po delší období než 10 let. Tento typ úpravy je nicméně vhodný pro pozemní komunikace s rychlostmi vyššími než 50 km.h⁻¹. [10]

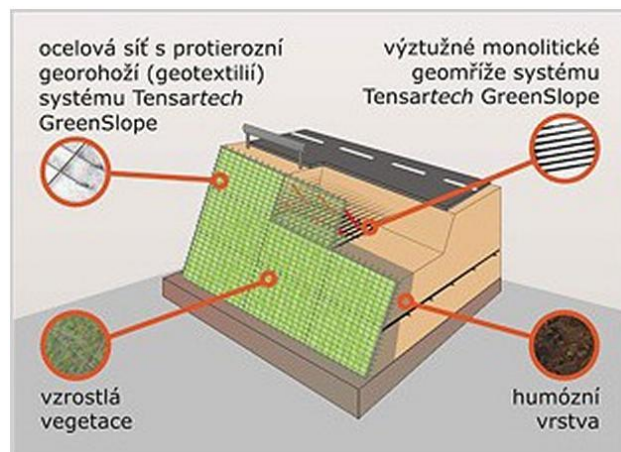
2.8.2 Protihlukové valy

Protihlukové valy se budují ze zemin ve formě násypu podél železnic či dopravních tras automobilových prostředků. Na povrchu valu se zřizuje vegetační ochrana například travní porost, keře a stromy. Ke zřizování valů se užívá také zemina vyztužená geosyntetickými materiály, které umožňují zřizovat val se strmými sklony svahů, a tím snížit zábor pozemků nutných ke zřízení protihlukových valů. Níže je popsáno zřízení valu se strmým sklonem systémem Tensartech GreenSlope. [11]

2.8.2.1 Systém Tensartech GreenSlope

Jedná se o opěrnou konstrukci z vyztužené zeminy se zeleným lícem. Používá se pro výstavbu strmých svahů se sklonem líce do 70°. Tento systém lze využít nejen pro velké stavby v dopravním stavitelství, ale lze jej využít například i pro malé strmé svahy u rodinných domků.

Zemina je na čele držena pomocí trvanlivých ocelových sítí s protikorozivní ochranou, které jsou s blokem vyztuženým pomocí geomříží Tensar spojeny pomocí účinných spojovacích prvků. Během instalace jsou pohledové prvky pokryty protierozní georohoží nebo geotextilií, jejíž typ závisí na druhu budoucí vegetace (popínavé rostliny, tráva nebo jiný rostlinný porost).



Obrázek 8 - konstrukce protihlukového strmého valu

Výstavba strmého svahu ze systému TensarTech GreenSlope je velmi jednoduchá. Pohledové prvky jsou doručeny na staveniště, vyskládány a připraveny pro umístění do finální pozice. Během instalace jsou geomříže spojeny s pohledovými prvky pomocí spojovací tyče.

Poté jsou do čela umístěny vzpěry, aby byl vytvořen konstantní sklon líce, který umožňuje zhotoviteli snadné umístění zásypového materiálu za líc svahu. Umístění jednotlivých prvků je velmi snadné, s minimálními finančními a časovými náklady na vytváření tvaru čela, které se používá například u techniky obalovaného čela. [12]

2.8.3 Protihlukové stěny

Protihlukové stěny musí zajistit zvukovou pohltivost, protože se využívají jako ochrana životního prostředí před nadměrným hlukem. Musí být pevné, stabilní, trvanlivé a musí odpovídat hlediskům pasivní dopravní bezpečnosti a dobře esteticky působit. [13]

Rozdělení protihlukových stěn podle zvukové pohltivosti:

- a) Protihluková stěna odrazivá
 - snížení hladiny hluku při odrazu o méně než 4 dB
- b) Protihluková stěna absorbční
 - snížení hladiny hluku při odrazu o 4 dB až 8 dB
- c) Protihluková stěna vysoce absorbční
 - snížení hladiny hluku při odrazu o více než 8 dB

Určení zvukové pohltivosti protihlukových stěn je deklarováno dle ČSN EN 1793-1:1997. Pro hodnocení zvukové pohltivosti protihlukových stěn je zavedena jednočíselná hodnota DL_{α} [dB], podle které jsou protihlukové stěny rozčleněny do pěti kategorií. [13]

Tabulka 2 - Kategorie zvukové pohltivosti protihlukových stěn

Kategorie	DL_{α} [dB]
A0	neurčeno
A1	< 4
A2	4 - 7
A3	8 - 11
A4	> 11

2.8.3.1 Používané materiály protihlukových stěn

Z hlediska vhodných opatření pro Českou republiku v současnosti protihlukové stěny představují zřejmě nejčastější řešení při snižování hluku z dopravy. Z hlediska tvaru bývá upřednostňován svislý tvar z betonových dílců, dále nachází uplatnění též dřevo nebo plast. V poslední době také v malé míře nalézá své uplatnění vedle speciálních polymerů například i odpadní pryž, sklo, lehké kovy nebo kombinace více materiálů či kompozitů.

Nejčastěji používaným systémem je systém betonových protihlukových stěn. Stěna se v těchto případech dělí na nosnou a pohltivou část. Nosná část je vyrobená z železobetonu, která při dodržení předepsaného způsobu vyztužení vyhovuje pro stanovené zatížení požadavkům na únosnost a mezní deformaci podle ČSN EN 1794-1:1997 pro instalaci ve svislé poloze. Stejně tak i soklové panely, které jsou příslušenstvím systému. Dalším příslušenstvím je železobetonový sloupek protihlukových stěn, který je určen pro osazení samotných protihlukových stěn a soklových panelů a má průřez ve tvaru písmene H. Sloupy jsou konstruovány pro osazení výhradně ve svislé poloze. Osová vzdálenost sloupu se určuje podle výšky protihlukové stěny pro konkrétní použití. Soklové panely a sloupky jsou součástí jednotlivých systémů. Akustické vlastnosti protihlukové stěny jsou stanovovány současně s příslušným sloupkem. Povrch pohltivé vrstvy na straně vozovky bývá vybaven vlnovou, resp. trapézovou strukturou, která zajišťuje vysoký absorpční účinek. Odvrácená strana může být hladká, příp. ji lze opatřit lamelovou strukturou či jinou povrchovou úpravou. Nejčastěji používaným materiálem pro pohltivou vrstvu betonových protihlukových stěn je lehké keramické kamenivo, dále pak dřevocement a drobnozrný mezerovitý beton z přírodního kameniva (křemičité písky). Dalšími možnými použitými materiály na protihlukové stěny, jsou protihlukové panely z hliníkového plechu, příp. z pozinkovaného plechu, ze dřeva a z recyklovaného plastu. U některých z těchto uvedených systémů se používají nosné sloupky betonové nebo ocelové. [13]

Protihlukové stěny lze rozdělit podle druhů materiálů, ze kterých jsou vyrobeny např.:

- a) Protihluková stěna z hliníkových panelů
- b) Protihluková stěna z panelů z recyklovaných plastů
- c) Protihluková stěna z panelů ze sklovláknového betonu
- d) Protihluková stěna z dřevocementových tvarovek



Obrázek 9 - Protihluková stěna z hliníkových panelů [13]



Obrázek 10 - Protihluková stěna z panelů z recyklovaných plastů [13]



Obrázek 11 - Protihluková stěna ze sklovláknového betonu [13]



Obrázek 12 - Protihluková stěna z dřevocementových tvarovek [13]

3 Metodika

3.1 Výběr lokality a času měření

Informace o měřicích místech se uvádějí v průvodních listech o měřicích místech a následně jsou uvedeny v popisu jednotlivých měřicích míst této práce. Měření jsou prováděna ve vytypovaných měřicích místech a jejich přesná poloha je uvedena v GPS souřadnicích v popisu měřicích míst. Při měření v daných měřicích místech se zaznamenávají všechny níže uvedené důležité údaje. V případě, že by v měřicím místě došlo ke změnám v dopravní situaci, bude tato změna zaznamenána v průvodním listu k danému měření.

3.2 Provedení vlastního měření

Měření hluku je prováděno dle Metodického návodu MZdr. ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí (Č. j. HEM-300-11.12.01-34065). Tento dokument udává i vhodné typy zvukoměrů použitelných pro měření hluku. Měření je prováděno na každém měřicím místě v časovém úseku trvajícím 20 minut.

Během měření trvajícím 20 minut na každém měřicím místě jsou zjišťovány a do integrovaného datového loggeru přístroje ukládány následující hodnoty:

- čas začátku měřicího intervalu ve formátu hh:mm (hodina:minuta)
- naměřené hodnoty hluku
- hladiny L_{Amin} a L_{Amax} [dB] (tyto hladiny jsou dodávaným softwarem z naměřených hodnot následně vyhodnoceny)

V průvodním listu o měření je uvedeno:

- datum měření
- čas začátku a konce měření
- GPS souřadnice měřicího místa

- meteorologické podmínky při měření (povětrnostní situace, rychlost větru, teplota vzduchu, relativní vlhkost)
- stav povrchu vozovky
- sklon povrchu vozovky
- maximální povolená rychlost v místě měření
- vzdálenost místa příjmu (měřicího místa) od osy vozovky (přednostně 7,5 m, resp. v závislosti na omezujících podmínkách prostředí)
- nejbližší obydlená oblast a okolí měřicího místa
- sčítání dopravy ve skupinách (osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy, motocykly a jiné dopravní prostředky). Nákladní automobily jsou automobily s hmotností nad 3,5t. Nákladní soupravy jsou nákladní automobily s návěsy a přívěsy. Jinými vozidly se rozumí např. traktory, zemědělské, lesnické a stavební stroje apod.

Po skončení měření se provede vyhodnocení a zpracování naměřených hodnot. V případě výskytu rušivého faktoru při měření (např. sanitka, hasičské vozidlo, nízký průlet letadla apod.), bude měření v tomto místě znovu zopakováno. Tato metodika je vypracována na základě prostudování Metodického návodu MZdr. ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí (Č. j. HEM-300-11.12.01-34065). [8,15]

3.3 Použité přístroje

a) Hlukoměr Voltcraft SL - 400

Digitální hlukoměr dle EN 61672-1 Třída 2 je vybaven vedle běžných standardních funkcí i datovým loggerem a USB rozhraním. Rozsah měřicího přístroje je od 30 do 130 dB s funkcí automatického nastavení rozsahu.

Integrovaný datový logger umožňuje uložení až 32 000 naměřených hodnot, které mohou být dodávaným softwarem na PC nadále zpracovány. [14]



Obrázek 13 - Hlukoměr Voltcraft SL - 400

b) Univerzální přístroj Voltcraft DT 8820

Tímto měřicím přístrojem lze měřit intenzitu osvětlení v jednotkách v Luxech [lx], teplotu vzduchu ve °C, relativní vlhkost vzduchu v % a zvukovou hladinu v dB.



Obrázek 14 - Univerzální přístroj Voltcraft DT 8820

c) Anemometr EA - 3000

Jedná se o ruční kapesní přístroj, který slouží k měření rychlosti větru v jednotkách km.h^{-1} , mph, m.s^{-1} nebo v uzlech.



Obrázek 15 - Anemometr EA - 3000

4 Vlastní měření

4.1 Měřicí místo č. 1 - náměstí Jiřího z Poděbrad



Mapa 1 - měřicí místo č. 1 - náměstí Jiřího z Poděbrad [16]

4.1.1 Popis měřicího místa č. 1

- Datum měření: 14. 3. 2012
- Čas měření: 11:40 - 12:00
- GPS souřadnice měřicího místa: 48°57'41.769"N, 14°28'21.228"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost zataženo
 - rychlost větru 3,2 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 10,6 °C
 - vlhkost vzduchu 61,5 %

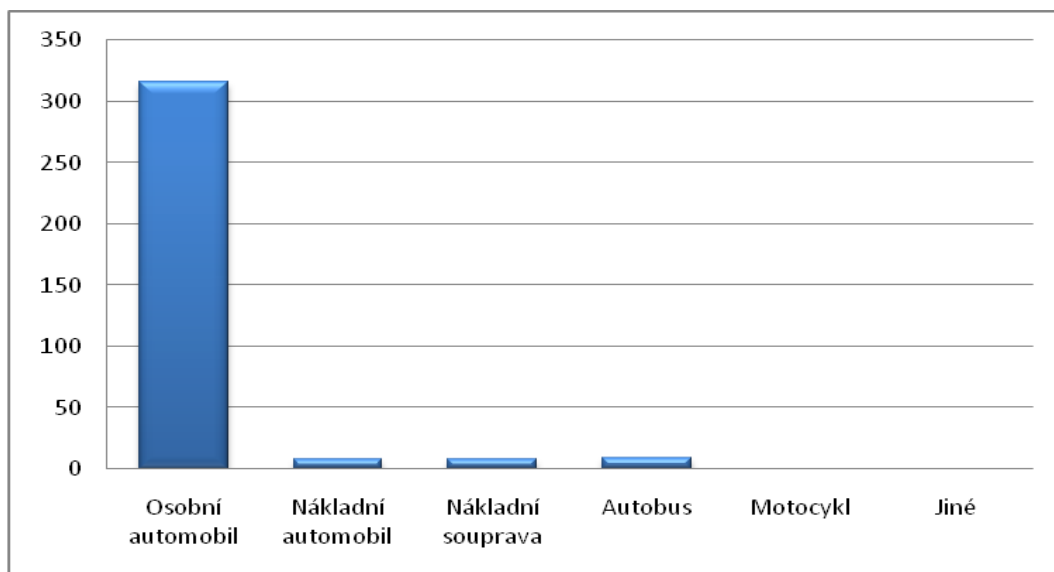
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) s mírným poškozením drobnými výtluky a propadlý kanálový rošt cca 6 cm. Některé výtluky jsou opraveny s mírným převýšením.
- Sklon vozovky: rovina
- Maximální povolená rychlost: ulice Lidická, L. M. Pařízka a ulice Generála Svobody 50 km.h⁻¹
- Nejbližší obydlená oblast: poblíž centra Českých Budějovic
- Okolí měřícího místa: sloupy světelné signalizace, sloupy veřejného osvětlení, obytné budovy, městská zeleň

Měřící místo č. 1 leží na náměstí Jiřího z Poděbrad. Jedná se o frekventovanou křižovatku ulic Lidická, L. M. Pařízka a Generála Svobody v Českých Budějovicích. V těchto ulicích se nacházejí přímé a odbočovací jízdní pruhy, které jsou v křižovatce řízeny světelnou signalizací.

4.1.2 Druh dopravy v měřícím místě č. 1

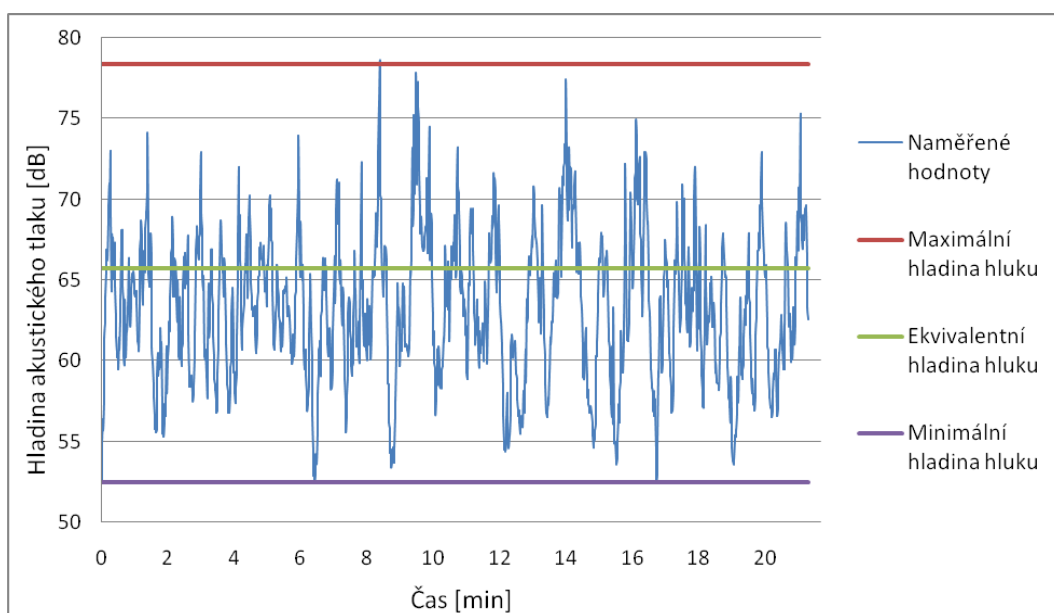
Tabulka 3 - Přehled druhu dopravy v měřícím místě č. 1

Druh vozidla	Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou v době měření
Osobní automobil	316
Nákladní automobil	8
Nákladní souprava	8
Autobus	9
Motocykl	0
Jiné	0
Celkem	341



Graf 1 - Celkový počet vozidel jež projela měřicím místem č. 1

4.1.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 1



Graf 2 - Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě č. 1

Hluková zátěž v měřícím místě č.1:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 78,4$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 52,5$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 65,71$ dB

4.1.4 Rozbor měřícího místa č. 1

Doprava se v tomto měřícím místě skládá převážně z osobních a nákladních automobilů, nákladních souprav, autobusů - dále viz tabulka 3 a graf 1. Jedná se o křižovátku výše zmíněných ulic, kterou vozidla projíždějí z jedné části města do druhé, nebo pouze projíždějí Českými Budějovicemi. Vozidla se zde řadí do jednotlivých jízdních pruhů, kde zastavují, čekají v kolonách a následně se rozjíždějí v časových intervalech dle příkazů světelné signalizace, což je patrné na grafu 1. Minimální hlukovou zátěž je zde možno naměřit v okamžiku, kdy vozidla mají na signalizačním zařízení červenou, tedy stojí. Vysoká hluková zátěž je zde vytvářena převážně rozjíždějícími se vozidly, vozidly projíždějícími křižovatkou ve vlnách v určitých časových intervalech a také přejížděním nerovností na vozovce. Maximální hluková špička 78,4 dB zde byla vytvořena v 8,5 minutě projíždějící nákladní soupravou vyšší rychlostí - viz graf 2. Vysoká hluková špička zde byla vytvořena cca v 9,5 minutě - viz graf 2, kdy hlučnost dosahovala hodnoty 77,4 dB. Tato hluková špička byla způsobena projíždějící nákladní soupravou, která projela rychlostí cca 50 km.h⁻¹ přes propadlý kanálový rošt a drobné výtluky v silnici, čímž došlo ke vzniku dynamických rázů a rozvibrování jak podvozku tažného vozidla, tak podvozku návěsu nákladní soupravy, nákladu a příslušenství. Z grafu č. 2 je patrné jak se vozidla rozjíždí křižovatkou ve vlnách v určitých časových intervalech nebo naopak stojí na červenou - střídání vysokých a nízkých hladin hluku.

4.1.5 Návrh protihlukového opatření v měřícím místě č. 1

V tomto měřícím místě by bylo vhodné vyvýšení kanálového roštu do úrovně povrchu vozovky a opravení povrchu vozovky s následnou protihlukovou úpravou například položením tenkého asfaltového koberce.

4.2 Měřicí místo č. 2 - křižovatka ulic Lidická a Mánesova



Mapa 2 - měřicí místo č. 2 - křižovatka ulic Lidická a Mánesova [16]

4.2.1 Popis měřicího místa č. 2

- Datum měření: 14. 3. 2012
- Čas měření: 15:35 - 15:55
- GPS souřadnice: 48°58'7.865"N, 14°28'29.493"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost zataženo
 - rychlost větru 2,4 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 10,1 °C
 - vlhkost vzduchu 57,3 %
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) s mírným poškozením
- Sklon vozovky: rovina
- Maximální povolená rychlost: ulice Lidická a Mánesova 50 km.h⁻¹

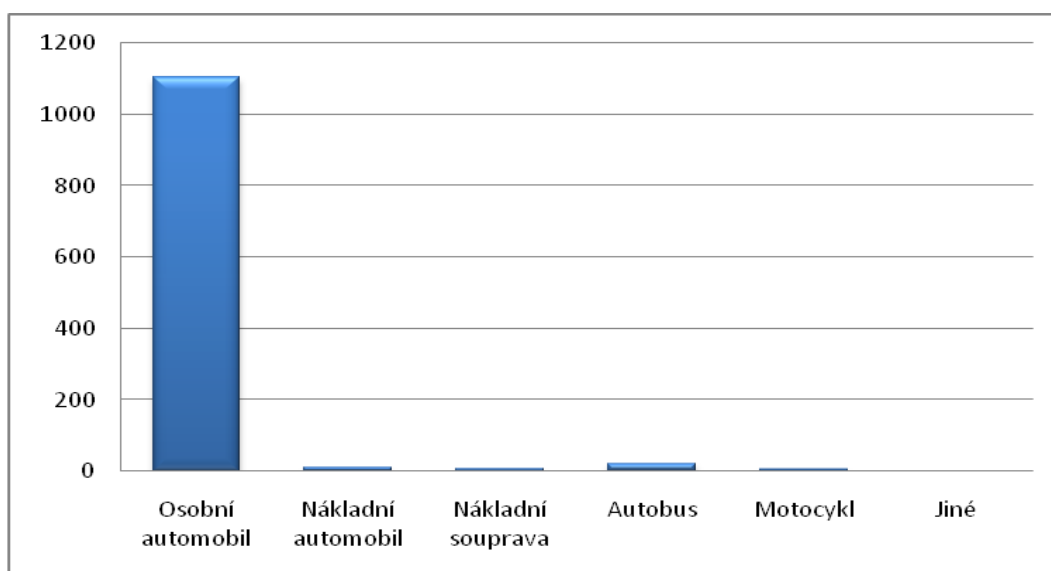
- Nejbližší obydlená oblast: poblíž centra Českých Budějovic
- Okolí měřicího místa: sloupy světelné signalizace, sloupy veřejného osvětlení, zábradlí, městská zeleň a obytné budovy

Toto měřicí místo č. 2 leží na velice frekventované křižovatce ulic Lidická a Mánesova poblíž centra Českých Budějovic. Tato křižovatka se skládá z velkého množství přímých a odbočovacích jízdních pruhů, které jsou v křižovatce řízeny světelnou signalizací jako u předchozího místa měření.

4.2.2 Druh dopravy v měřicím místě č. 2

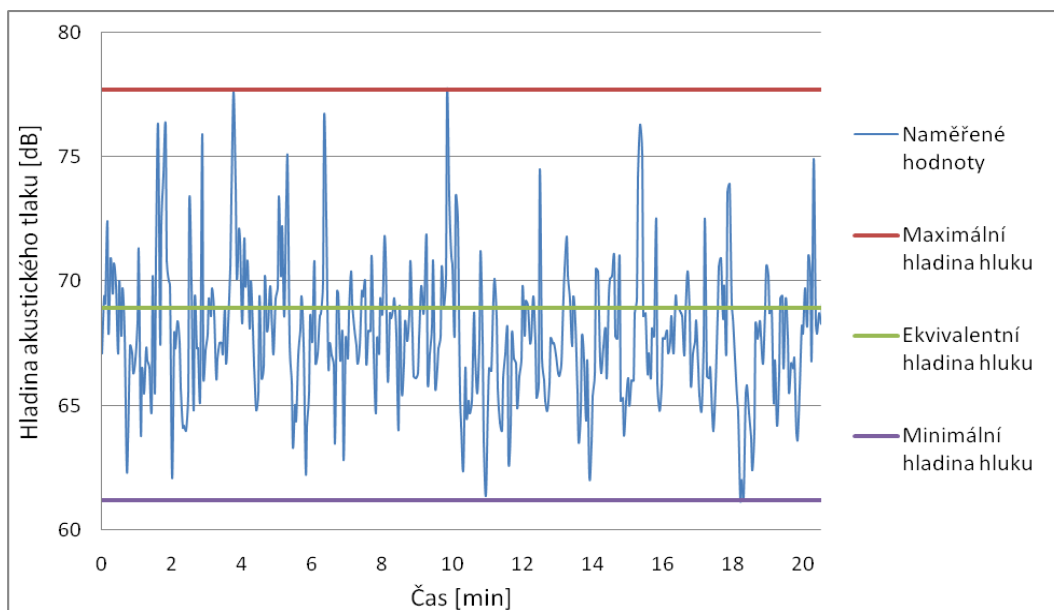
Tabulka 4 - Přehled druhu dopravy v měřicím místě č. 2

Druh vozidla	Celkový počet vozidel, která projela křižovatkou
Osobní automobil	1104
Nákladní automobil	11
Nákladní souprava	8
Autobus	21
Motocykl	5
Jiné	1
Celkem	1150



Graf 3 - Celkový počet vozidel jež projela měřicím místem č. 2

4.2.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 2



Graf 4 - Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě č. 2

Hluková zátěž v měřicím místě č.2:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 77,7$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 61,2$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 68,91$ dB

4.2.4 Rozbor měřicího místa č. 2

V tomto měřicím místě se doprava skládá převážně z osobních automobilů, dále z autobusů, nákladních automobilů, nákladních souprav viz tabulka 4 a graf 3. Osobní automobily jsou zde v převážné většině obsazeny pouze řidičem. Jedná se o křižovatku ulic Lidická a Mánesova poblíž centra, kterými vozidla projíždějí z jedné části města do druhé nebo pouze projíždějí Českými Budějovicemi. Vozidla se zde také řadí do jednotlivých jízdních pruhů, kde zastavují, čekají v kolonách a následně se rozjíždějí v časových intervalech dle příkazů světelné signalizace a projíždějí tak ve vlnách křižovatkou, což je patrné na grafu 4. Minimální hlukovou hladinu je zde možno naměřit v okamžiku, kdy vozidla mají

na signalizačním zařízení červenou, tedy stojí. Hluková zátěž je zde vytvářena převážně rozjíždějícími se vozidly na zařazený nízký rychlostní stupeň a vozidly projíždějícími křižovatkou ve vlnách v určitých časových intervalech. Nejvyšší hlukové hladiny zde byly vytvořeny osmi projíždějícími nákladními soupravami, kdy hluchnost dosahovala hodnot mezi 75 dB až 80 dB jak je patrné v grafu 4. Maximální hluková špička zde dosáhla hodnoty 77,7 dB v 10 minutě jak je patrné v grafu 4. Druhá největší hluková špička zde byla v cca 4 minutě a dosáhla hodnoty 77,6 dB jak je patrné v grafu 4.

4.2.5 Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 2

V tomto měřicím místě by bylo vhodné odklonění nákladní dopravy, která přes město České Budějovice pouze projíždí. Jako možné řešení by bylo například vybudování dopravního obchvatu okolo Českých Budějovic. Dalším možným řešením snížení hlukové zátěže v měřicím místě č. 2, by bylo větším využitím MHD v Českých Budějovicích řidiči osobních automobilů, kteří projíždějí v převážné většině tímto místem v osobním vozidle sami.

4.3 Měřicí místo č. 3 - kruhový objezd v Hluboké nad Vltavou



Mapa 3 - měřicí místo č. 3 - kruhový objezd Hluboká nad Vltavou [16]

4.3.1 Popis měřicího místa č. 3

- Datum měření: 15. 3. 2012
- Čas měření: 11:25 - 11:45
- GPS souřadnice: 49°3'5.640"N, 14°25'47.758"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost jasno
 - rychlost větru 3,5 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 10,6°C
 - vlhkost vzduchu 43,1%
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) bez poškození
- Sklon vozovky: rovina
- Maximální povolená rychlost: 50 km.h⁻¹

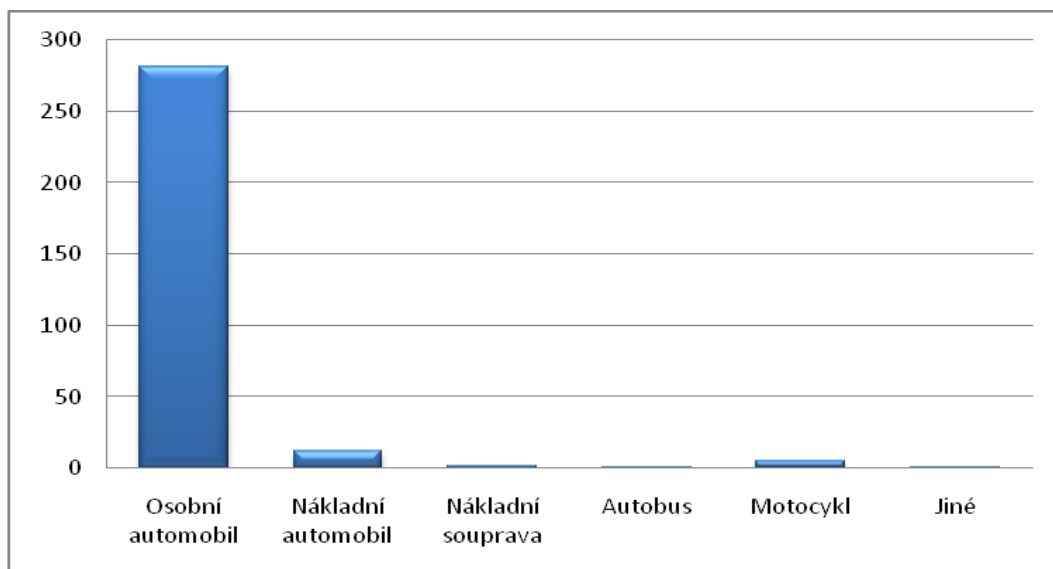
- Nejbližší obydlená oblast: město Hluboká nad Vltavou, cca 50 m
- Okolí měřicího místa: sloupy veřejného osvětlení, dopravní značení, chodník, městská zeleň, obytné budovy

Toto měřicí místo se nachází na chodníku u kruhového objezdu ležícím na silnici II. třídy č. 105 v Hluboké nad Vltavou, cca 60 metrů od prodejny obchodního řetězce.

4.3.2 Druh dopravy v měřicím místě č. 3

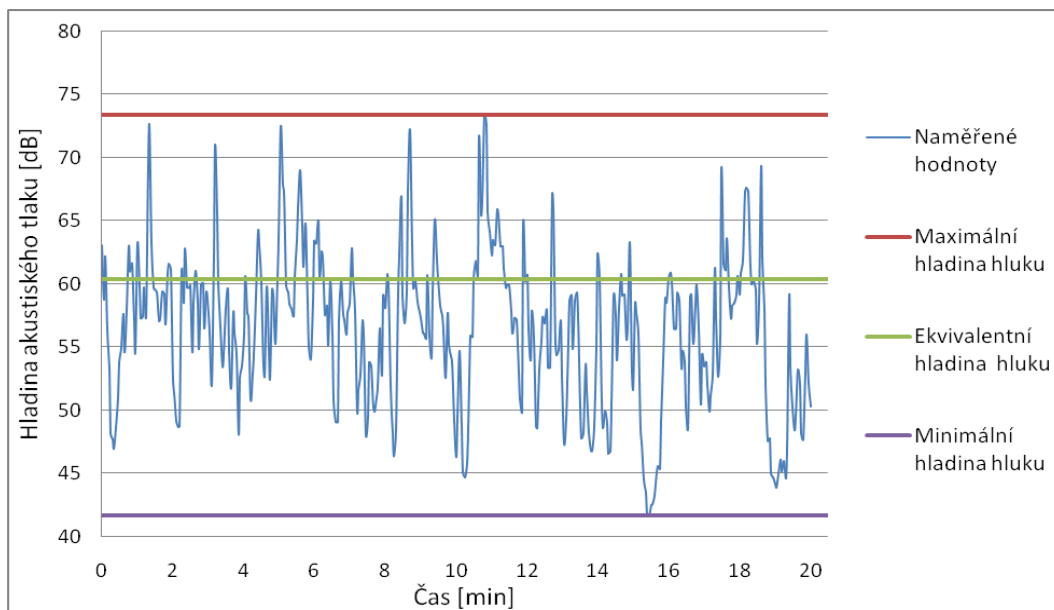
Tabulka 5 - Přehled druhu dopravy v měřicím místě č. 3

Druh vozidla	Celkový počet vozidel, která projela kruhovým objezdem v Hluboké nad Vltavou
Osobní automobil	281
Nákladní automobil	12
Nákladní souprava	2
Autobus	1
Motocykl	5
Jiné	1
Celkem	302



Graf 5 - Celkový počet vozidel jež projela za dobu měření v měřicím místě č. 3

4.3.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřícím místě č. 3



Graf 6 - Hodnoty naměřeného hluku v měřícím místě č. 3

Hluková zátěž v měřícím místě č.3:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 73,4$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 41,7$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 60,42$ dB

4.3.4 Rozbor měřícího místa č. 3

Doprava se v tomto měřícím místě skládá převážně z osobních a nákladních automobilů jak je patrné v grafu č. 5. Kruhový objezd, na kterém bylo měření prováděno, leží na silnici II. třídy č. 105 z Českých Budějovic do Týna nad Vltavou. Do tohoto kruhového objezdu dále ústí dvě ulice z obytné části v Hluboké nad Vltavou a vyúsťuje výjezd na parkoviště výše zmíněné prodejny obchodního řetězce. Kruhový objezd má vnější průměr cca 40 metrů se šířkou vozovky 5 m s asfaltovým povrchem a na vnitřní straně kruhového objezdu je prstenec z kamenných dlažebních kostek o šířce cca 2 m. Po obvodu středové zeleně tohoto kruhového objezdu jsou vysázeny mladé tůje. Značná hluková zátěž

zde byla způsobena nákladními automobily a nákladními soupravami tím, že při vjíždění na kruhový objezd jsou vozidla nucena zpomalit využitím motoru a při projíždění kruhovým objezdem projíždí na nižší rychlostní stupeň s vyššími otáčkami motoru. Hodnoty této hlukové zátěže se pohybovaly od 65 dB do 75 dB. Maximální hluková špička zde dosahovala hodnoty 73,4 dB, jak lze sledovat na grafu 6 a byla způsobena hlukem pohonné jednotky a pneumatikami nákladní soupravy, která jela levými koly návěsu po prstenci z dlažebních kostek, což způsobilo vibrace podvozku, nákladu a příslušenství vozidla.

4.3.5 Návrh protihlukových opatření v měřicím místě č. 3

V tomto měřicím místě ekvivaletní hladina hluku s připočítanou odpovídající korekcí přesáhla povolený hygienický limit pouze o 0,42 dB a proto zde není potřeba provádět žádná zásadnější protihluková opatření. Vhodné by bylo vysázení zeleně, např. tují, mezi obytnou částí a kruhovým objezdem.

4.4 Měřicí místo č. 4 - silnice I. třídy č. 19



Mapa 4 - měřicí místo č. 4 - silnice I. třídy č. 19 [16]

4.4.1 Popis měřicího místa č. 4

- Datum měření: 15. 3. 2012
- Čas měření: 13:05 - 13:25
- GPS souřadnice: 49°26'31.047"N, 14°27'9.493"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost jasno
 - rychlost větru 2,1 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 12,8°C
 - vlhkost vzduchu 26,3%
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) s větším množstvím výtluků a vyspravených míst s převýšením cca 1 cm
- Sklon vozovky: mírné stoupání ve směru na Oltyni

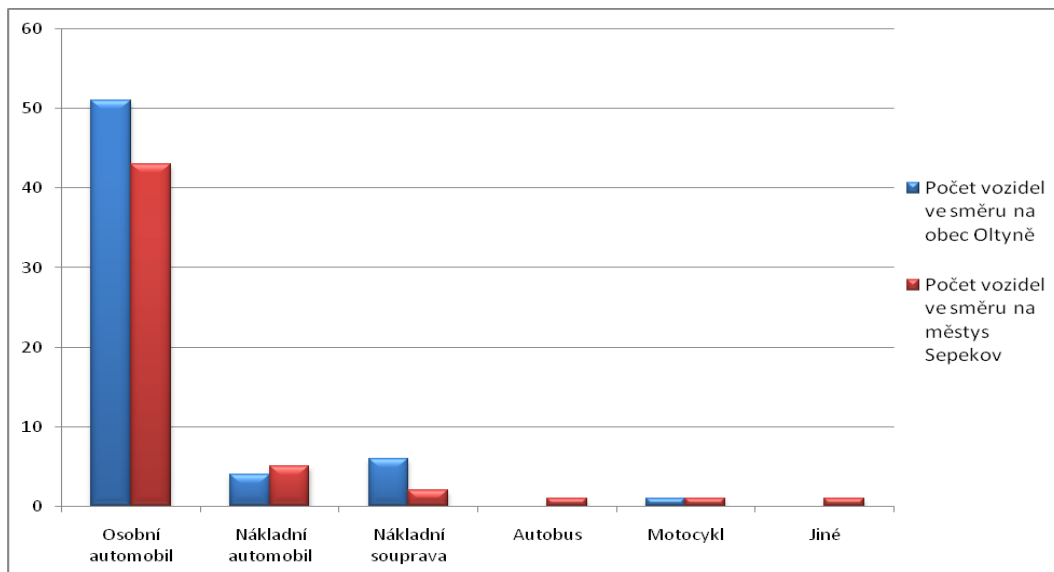
- Maximální povolená rychlost: 90 km.h⁻¹
- Nejbližší obydlená oblast: obec Božetice, cca 500 m
- Okolí měřicího místa: po obou stranách je smíšený les a svodidla, ve vzdálenosti cca 150 m se nachází železniční trať, která je pod úrovní vozovky

Měřicí místo č. 4 se nachází na odbočce na účelovou komunikaci ze silnice I. třídy č. 19, mezi městysem Sepekov a obcí Oltyně. Vozovka zde má tři jízdní pruhy. Dva jízdní pruhy ve směru na Oltyni, které jsou od pruhu ve směru na Sepekov odděleny dvojitou plnou čarou.

4.4.2 Druh dopravy v měřicím místě č. 4

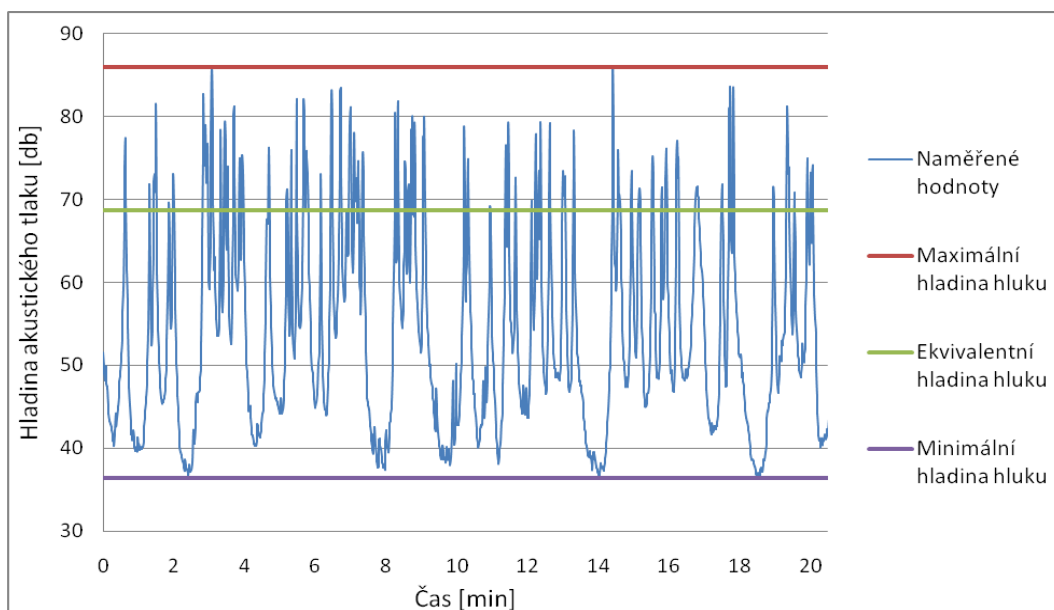
Tabulka 6 - Přehled druhu dopravy v měřicím místě č. 4

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru na Oltyni	Počet vozidel ve směru na Sepekov
Osobní automobil	51	43
Nákladní automobil	4	5
Nákladní souprava	6	2
Autobus	0	1
Motocykl	1	1
Jiné	0	1
Celkem	115	



Graf 7 - Celkový počet vozidel jež projela za dobu měření v měřicím místě č. 4

4.4.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 4



Graf 8 - Hodnoty naměřeného hluku v měřicím místě č. 4

Hluková zátěž v měřícím místě č.4:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 85,9$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 36,4$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 68,62$ dB

4.4.4 Rozbor měřícího místa č. 4

V tomto měřícím místě je doprava složena převážně z osobních automobilů, nákladních automobilů a nákladních souprav. Podrobnější složení dopravy viz graf 7. Jedná se o silnici I. třídy č. 19 jak je již výše zmíněno, která je hlavní dopravní trasou mezi Táborem a Rožmitálem pod Třemšínem. Na hlukové zátěži se zde významnou měrou podílí stav povrchu vozovky, která má v tomto místě četné výtluky, z nichž některé jsou opraveny s mírným převýšením. Hluková zátěž je zde vytvářena valivým a aerodynamickým hlukem rychle jedoucích osobních vozidel v obou směrech. U nákladních automobilů a souprav jsou mimo to značným zdrojem hluku dynamické rázy a následné vibrace podvozků, nákladů a příslušenství při přejíždění nerovností na vozovce. Hluková zátěž je zde též vytvářena jízdou nákladních vozidel a souprav do stoupání na Oltyni na nižší rychlostní stupeň a vyšší otáčky motoru. Naopak ve směru na Sepekov je hluk vytvářen brzděním motorem a pískáním brzd některých vozidel. Velká hluková zátěž zde byla vytvořena v cca 3 minutě. Tato hodnota dosahovala 85,7 dB jak je patrné v grafu 8 a byla způsobena projíždějící nákladní soupravou vezoucí klády. Tato souprava nebyla plně naložena a při přejíždění nerovností a výtluků docházelo k vibracím volných klanic. Maximální hluková špička zde dosáhla hodnoty 85,9 dB jak je patrné z grafu 8, a byla vytvořena v cca 14,5 minutě projíždějící nákladní soupravou s uvolněnou plachtou návěsu, která silně vibrovala a tloukla do konstrukce návěsu. Též v 17,5 minutě byla vytvořena značná hluková zátěž dosahující hodnoty 83,5 dB - viz graf 8, která byla způsobena kolonou za pomalu jedoucím traktorem ve směru na Sepekov. Tuto

kolonu tvořil uvedený pomalu jedoucí traktor, za ním jedoucí nákladní souprava a 6 osobních automobilů.

4.4.5 Návrh protihlukových opatření v měřícím místě č. 4

Vozovka má v tomto místě značné množství výtluků a převýšených vyspravených míst způsobujících vibrace podvozků, nákladů a příslušenství vozidel. Zde se jeví jako nejvhodnější protihlukové opatření oprava špatného povrchu vozovky s použitím například tenkého asfaltového koberce nebo asfaltového drenážního koberce.

4.5 Měřicí místo č. 5 - průjezd obcí Křenovice, silnice I. třídy č. 29



Mapa 5 - měřicí místo č. 5 - silnice I. třídy č. 29 [16]

4.5.1 Popis měřicího místa č. 5

- Datum měření: 16. 3. 2012
- Čas měření: 9:50 - 10:10
- GPS souřadnice: 49°22'6.728"N, 14°20'29.082"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost jasno
 - rychlost větru 2,7 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 18,8°C
 - vlhkost vzduchu 32,6%
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) s mírným poškozením - praskliny a mírné podélné zvlnění povrchu
- Sklon vozovky: mírné stoupání

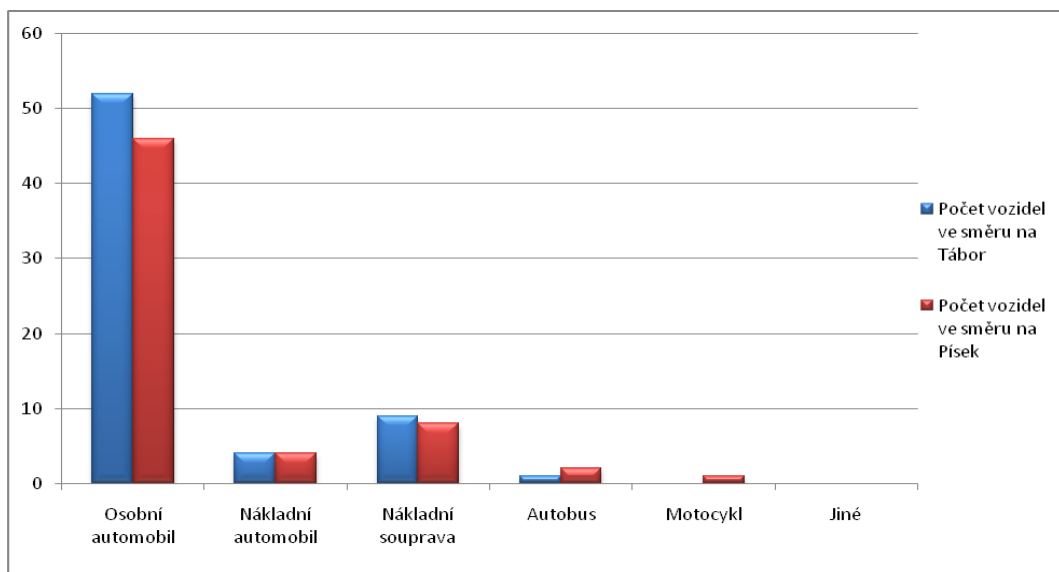
- Maximální povolená rychlost: 50 km.h⁻¹
- Nejbližší obydlená oblast: silnice prochází přímo obcí Křenovice
- Okolí měřicího místa: sloupy veřejného osvětlení, obytné budovy, obecní zeleň (stromy, keře), cca 20 metrů autobusová zastávka

Měřicí místo se nachází na odpočívadle v obci Křenovice cca 20 metrů za autobusovou zastávkou ve směru na Písek u silnice I. třídy č. 29 mezi Tábořem a Pískem. Vozovka zde má dva jízdní pruhy - jeden ve směru Tábor a druhý ve směru na Písek. Jízdní pruhy jsou odděleny bílou přerušovanou čarou. Vozovka má živičný (asfaltový) povrch s mírným poškozením prasklinami v povrchu. Naproti měřicímu místu je na druhé straně silnice asfaltový chodník a za ním domovní zástavba. Po pravé straně silnice ve směru na Písek je řada listnatých stromů.

4.5.2 Druh dopravy v měřicím místě č. 5

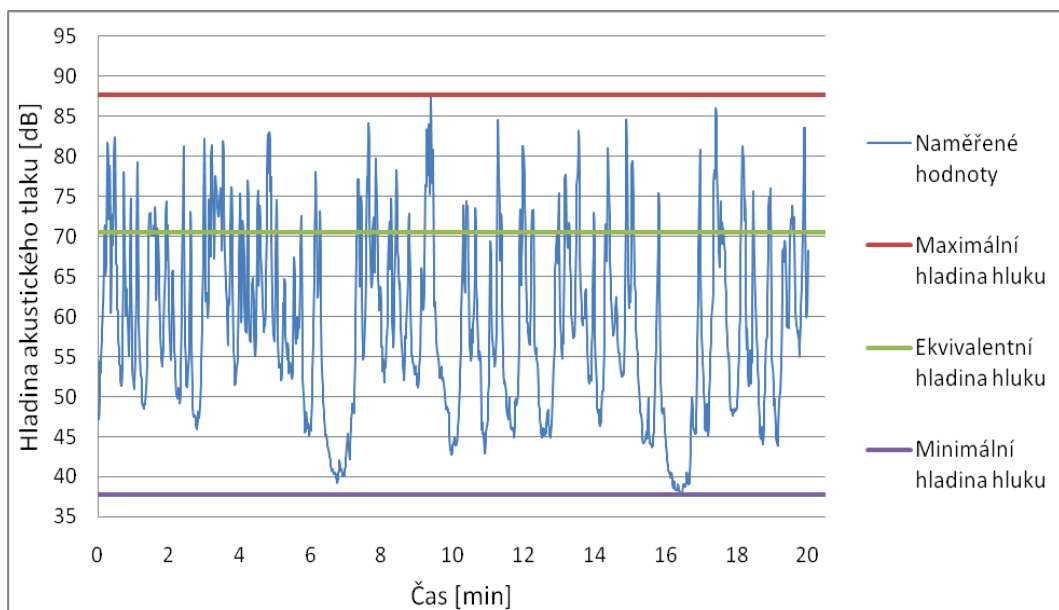
Tabulka 7 - Přehled druhů dopravy v měřicím místě č. 5

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru na Tábor	Počet vozidel ve směru na Písek
Osobní automobil	52	46
Nákladní automobil	4	4
Nákladní souprava	9	8
Autobus	1	2
Motocykl	0	1
Jiné	0	0
Celkem	127	



Graf 9 - Celkový počet vozidel jež projela měřícím místem č. 5

4.5.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřícím místě č. 5



Graf 10 - Hodnoty naměřeného hluku v měřícím místě č. 5

Hluková zátěž v měřícím místě č.5:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 87,7$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 37,8$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 70,44$ dB

4.5.4 Rozbor měřícího místa č. 5

Toto měřící místo je téměř stejně zatížené dopravou jako předchozí měřící místo viz tabulka 7 a graf 9. Doprava v tomto měřícím místě se nejvíce skládá z osobních automobilů, nákladních souprav a nákladních automobilů - viz graf 9. Jedná se o silnici z Tábora do Písku vedoucí obcí Křenovice, kterou vozidla většinou pouze projíždějí od Tábora na Písek a od Písku na Tábor. Hluková zátěž je zde převážně vytvářena rychle jedoucími vozidly překračujícími maximální povolenou rychlost 50 km.h^{-1} . Hluková zátěž je zde vytvářena také pohonnými jednotkami nákladních souprav a nákladních vozidel a valivým hlukem pneumatik v této době převážně se zimním dezénem. Hlukové špičky přesahují hodnoty 80 dB. Největší hluková špička zde byla naměřena přibližně v 9,5 minutě a byla způsobena čtyřmi nákladními soupravami jedoucími za sebou v koloně spolu se třemi osobními automobily.

4.5.5 Návrh protihlukových opatření v měřícím místě č. 5

V tomto měřícím místě by bylo vhodné umístit kontrolní radar, který by byl vybaven záznamovým zařízením překročení rychlosti, čímž by se zlepšilo dodržování povolené rychlosti jízdy, která zde způsobovala značnou hlukovou zátěž.

Dále by zde mohl být umístěn semafor, který je propojený s mikrovlnným radarem. Na tomto semaforu svítí trvale červená a v případě, že se do zorného pole radaru přiblíží vozidlo jedoucí povolenou rychlostí, přepne zařízení, normou předepsaným postupem na zelenou ještě dříve, než řidič musí zpomalit vozidlo - vozidlo plynule pokračuje v jízdě. [17]

4.6 Měřicí místo č. 6 - průjezd obcí Čimelice, silnice I. třídy č. 4



Mapa 6 - měřicí místo č. 6 - průjezd obcí Čimelice, silnice I. třídy č. 4 [16]

4.6.1 Popis měřicího místa č. 6

- Datum měření: 16. 3. 2012
- Čas měření: 11:35 - 11:55
- GPS souřadnice: 49°27'48.613"N, 14°4'7.089"E
- Meteorologické podmínky při měření:
 - oblačnost jasno
 - rychlost větru 4,3 km.h⁻¹
 - teplota vzduchu 22,5°C
 - vlhkost vzduchu 23,2%

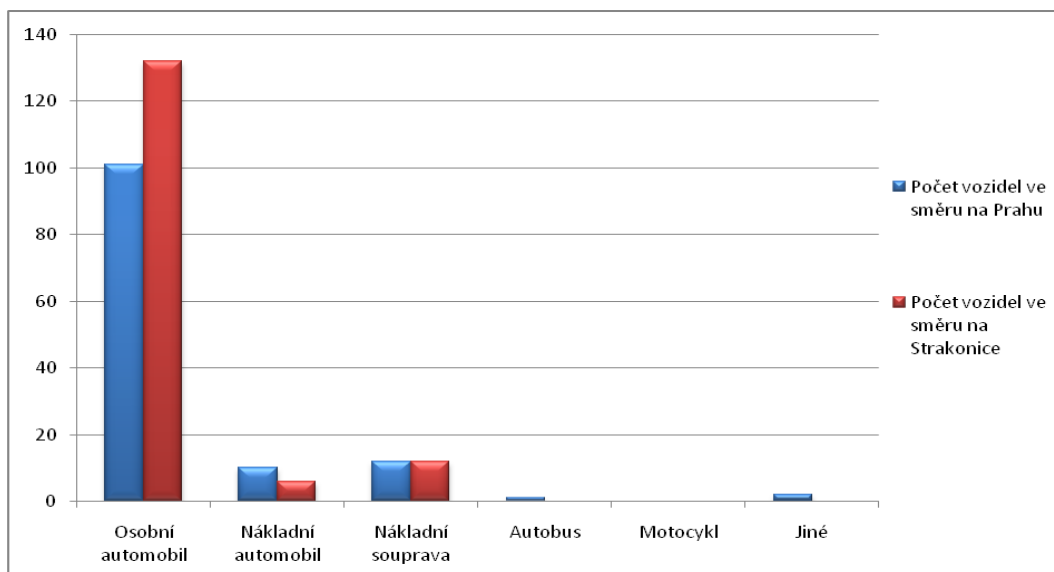
- Stav povrchu vozovky: živičný povrch (asfalt) bez poškození
- Sklon vozovky: mírné stoupání ve směru na Strakonice
- Maximální povolená rychlost: 50 km.h⁻¹
- Nejblíže obydlená oblast: silnice prochází přímo obcí Čimelice
- Okolí měřicího místa: sloupy veřejného osvětlení, chodník, obecní zeleň, obytné budovy

Měřicí místo č. 6 se nachází u silnice I. třídy č. 4 za chodníkem na trávníku v obci Čimelice. Vozovka má v tomto místě dva nově udělané jízdní pruhy. Jeden ve směru na Prahu a druhý ve směru na Strakonice. Pruhy jsou od sebe odděleny plnou dělicí čarou, takže je zde zakázáno předjíždění vozidel.

4.6.2 Druh dopravy v měřicím místě č. 6

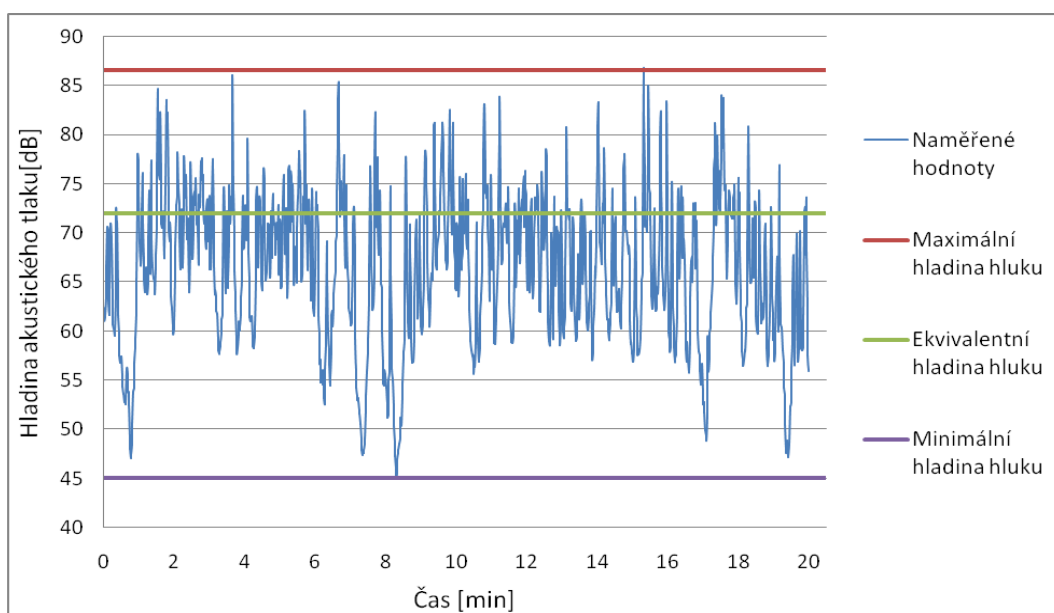
Tabulka 8 - Přehled druhů dopravy v měřicím místě č. 6

Druh vozidla	Počet vozidel ve směru na Prahu	Počet vozidel ve směru na Strakonice
Osobní automobil	101	132
Nákladní automobil	10	6
Nákladní souprava	12	12
Autobus	1	0
Motocykl	0	0
Jiné	2	0
Celkem	276	



Graf 11 - Celkový počet vozidel jež projela měřicím místem č. 6

4.6.3 Výsledky naměřených hodnot hluku v měřicím místě č. 6



Graf 12 - Hodnoty naměřeného hluku v měřicím místě č. 6

Hluková zátěž v měřícím místě č.6:

- Maximální hladina hluku $L_{Amax} = 86,5$ dB
- Minimální hladina hluku $L_{Amin} = 45,1$ dB
- Ekvivalentní hladina hluku $L_{Aeq} = 71,96$ dB

4.6.4 Rozbor měřícího místa č. 6

Doprava se v tomto měřícím místě nejvíce skládá z osobních automobilů, dále z nákladních souprav a nákladních automobilů - viz tabulka 8 a graf 11. Jedná se o silnici I. třídy č. 4 z Prahy do Strakonice vedoucí obcí Čimelice, po které vozidla většinou pouze projíždějí od Prahy na Strakonice a od Strakonice na Prahu. Hluková zátěž je zde vytvářena hlavně pohonnými jednotkami nákladních souprav a nákladních vozidel hlavně ve směru na Strakonice, kdy nákladní soupravy jedou do mírného stoupání se zařazeným nižším rychlostním stupněm a vyššími otáčkami motoru, nebo naopak brzdí motorem při jízdě ve směru na Prahu. Dále se zde na hlukové zátěži značně podílí valivý hluk pneumatik nákladních automobilů a nákladních souprav. Hlukové špičky jsou vytvářeny projíždějícími nákladními soupravami a nákladními automobily jak je patrné v grafu 11. Maximální hluková špička 86,5 dB zde byla vytvořena v 15,5 minutě projíždějící nákladní soupravou s atypickým zvukem od jedné z pneumatik (zřejmě separace části běhounu pneumatiky).

4.6.5 Návrh protihlukových opatření v měřícím místě č. 6

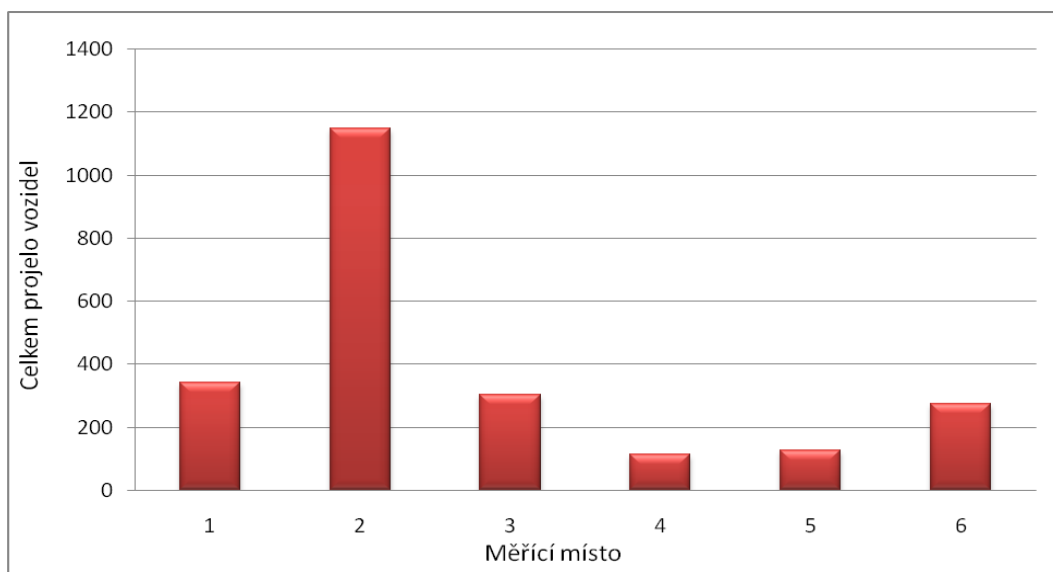
V tomto měřícím místě by od hlukové zátěže nejvíce pomohlo vybudování již plánované rychlostní silnice R4, okolo obce Čimelice. Tím by došlo k odklonu vozidel, která obcí Čimelice pouze projíždějí. Dále by zde mohl být umístěn kontrolní radar, který by řidiče upozorňoval na případné překročení rychlosti hlavně ve směru na Prahu.

5 Závěr

5.1 Porovnání všech měřících míst z hlediska zatížení dopravou

Tabulka 9 - Porovnání všech měřících míst z hlediska zatížení dopravou

Měřící místo č.:	Osobní automobil	Nákladní automobil	Nákladní souprava	Autobus	Motocykl	Jiné	Celkem
1	316	8	8	9	0	0	341
2	1104	11	8	21	5	1	1150
3	281	12	2	1	5	1	302
4	94	9	8	1	2	1	115
5	98	8	17	3	1	0	127
6	233	16	24	1	0	2	276

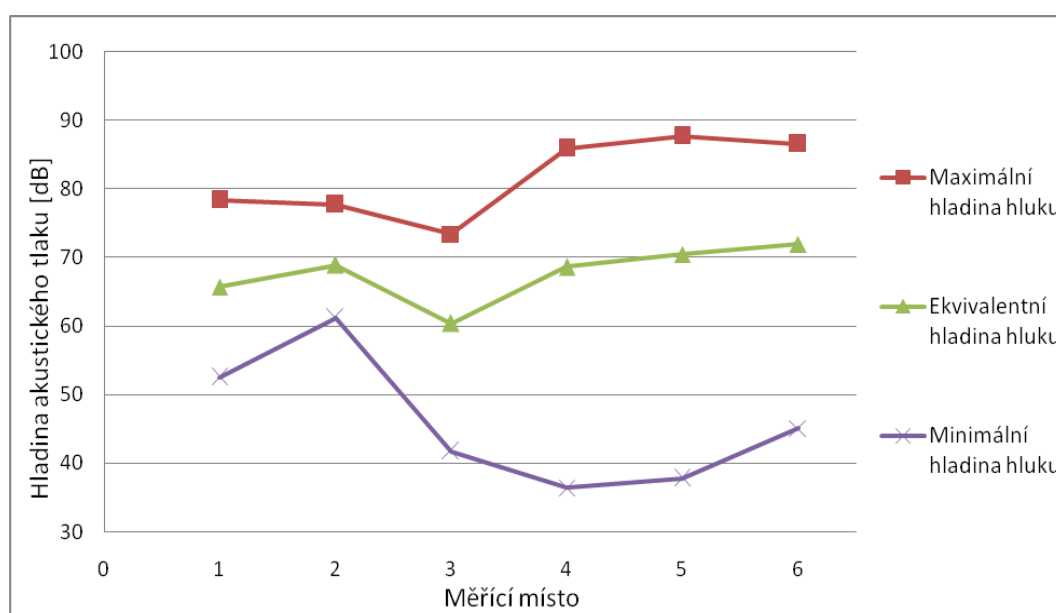


Graf 13 - Porovnání měřících míst z hlediska zatížení dopravou

5.2 Porovnání všech měřících míst z hlediska hlukové zátěže

Tabulka 10 - Porovnání všech měřících míst z hlediska hlukové zátěže

Měřící místo č.:	Maximální hladina hluku	Ekvivalentní hladina hluku	Minimální hladina hluku
1	78,4 dB	65,71 dB	52,5 dB
2	77,7 dB	68,91 dB	61,2 dB
3	73,4 dB	60,42 dB	41,7 dB
4	85,9 dB	68,62 dB	36,4 dB
5	87,7 dB	70,44 dB	37,8 dB
6	86,5 dB	71,96 dB	45,1 dB



Graf 14 - Porovnání měřících míst z hlediska hlukové zátěže

5.3 Rozbor všech výsledků

Jak již bylo uvedeno v úvodu, hlavním záměrem této práce bylo analyzování hluku, jež způsobují dopravní zařízení, jako jsou osobní automobily, nákladní automobily a soupravy, autobusy, motocykly a další, v závislosti na dopravním prostředí, které je dáno charakterem dopravní trasy - počtem projíždějících vozidel, jejich rychlostí, hmotností a povrchem vozovky.

Na základě výše zmíněných údajů o projíždějících vozidlech měřícími místy, lze dobře analyzovat, jak velké množství vozidel se přímo podílí na vzniklé

hlukové zátěži v daných měřících místech a následně efektivně navrhnout vhodná protihluková opatření.

Na základě naměřených hodnot se ukázalo, že ekvivalentní hladina akustického tlaku (A) poblíž všech šesti měřících míst přesahuje nejvyšší povolený základní hygienický limit pro denní dobu. Hygienický limit, který je uveden v kapitole 2.4 této práce, stanovuje základní nejvyšší přípustnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku (A) ve venkovním prostředí pro den 50 dB a pro noc 40 dB. V měřícím místě č. 1 je ekvivalentní hladina hluku 65,71 dB. Tato hodnota překračuje přípustnou hodnotu o 15,71 dB. V měřícím místě č. 2 je ekvivalentní hladina hluku 68,91 dB. Hodnota tedy překračuje o 18,91 dB. V měřícím místě č. 3 je ekvivalentní hladina hluku 60,42 dB, tzn., že hygienický limit 50 dB je překročen o 10,42 dB. V měřícím místě č. 4 je ekvivalentní hladina hluku 68,62 dB, takže je zde překročení o 18,62 dB. V měřícím místě č. 5 je ekvivalentní hladina hluku 70,44 dB, tzn., že překročení je zde o 20,44 dB a v posledním měřícím místě č. 6 je ekvivalentní hladina hluku 71,96 dB. V tomto místě je tedy překročen hygienický limit o 21,96 dB. Vzhledem ke specifice měření v silniční dopravě nebylo nutné pořizovat záznam hodnot hluku pozadí.

Po připočtení korekce +10 dB k ekvivalentní hladině akustického tlaku (A), dle tabulky 1 v souladu s Nařízením vlády č. 272/2011^{*)} bylo překročení ekvivalentní hladiny hluku v měřícím místě č. 1 o 5,71 dB. V měřícím místě č. 2 o 8,91 dB, v měřícím místě č. 3 o 0,42 dB, v měřícím místě č. 4 o 8,62 dB, v měřícím místě č. 5 o 10,44 dB a v posledním měřícím místě č. 6 je ekvivalentní hladina hluku překročena o 11,96 dB.

V případě dlouhodobého vystavení obyvatel nadměrné hlukové zátěži v zastavěných oblastech může docházet k některým uvedeným negativním účinkům přímo na jejich zdraví, jak je výše uvedeno v kapitole 2.3.1. o nežádoucích účincích hluku na lidský organismus.

^{*)} Příloha č. 3 k nařízení vlády č. 272/2011 Sb, Chráněný venkovní prostor ostatních staveb a chráněný ostatní venkovní prostor, korekce 3).

Posledním úkolem zadání bylo navrzení protihlukových opatření v daných měřících místech. Možná opatření ke snížení hlukové zátěže jsou uvedena v kapitole 2.8. této práce. U každého z měřících míst byl dán návrh na protihlukové opatření, které by následně mělo vést ke snížení hlukové zátěže v daném měřícím místě.

6 Seznam použité literatury

- [1] Havránek, Jiří a kol.: Hluk a zdraví, 1. Vydání, Avicenum, Praha, 1990, 280 stran, ISBN 802-201-0020-2
- [2] Smetana, Ctirad a kol. : Hluk a vibrace, měření a hodnocení, 1. Vydání, Praha, Sdělovací technika 1998, 188 stran, ISBN 80-901936-2-5
- [3] Nový, Richard: Hluk a chvění, 3. Vydání přep., Praha, Vydavatelství ČVUT 1995, 400 stran
- [4] Radenberg, M., Sander, R.: Lärmtechnisch optimiertes Asphaltdecksichtkonzept für den kommunalen Straßenbau. Asphalt 8/2007
- [5] Provozník, K., Komárek, L., Havránek, J. Manuál prevence v lékařské praxi. [Díl] III. Prevence nepříznivého působení vlivu obytného prostředí na zdraví. Praha: Státní zdravotní ústav, 1996. 112 s.
- [6] Celjak, Ivo: Zásady provádění měření v silniční dopravě, Interní metodika, ZF, Jihočeská univerzita v Č. Budějovicích, 2011
- [7] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací http://www.rovs.cz/download/272_2011.pdf
- [8] Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č. j. HEM-300-11.12.01-34065 http://www.nrl.cz/metodika/postup_prostredi.php

Internetové odkazy

- [9] http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf
- [10] <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky/>
- [11] <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=621>
- [12] <http://www.geomat.cz/system-tensartech-greenslope/377>
- [13] http://www.casopisstavebnictvi.cz/prehled-vlastnosti-pohltivych-protihlukovych-sten-na-ceskem-trhu_N3475
- [14] <http://shop.fkt.cz/digitalni-hlukomer-voltcraft-sl400-30-130-db+dp120867/>
- [15] http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/hluk/Manual_hluk_2010.pdf
- [16] <http://www.maps.google.com>
- [17] <http://www.ukazatelrychlosti.cz/semafor-na-cervenou.html>