

# **Analýza hluku v silniční dopravě**

Bc. Radek Šilhák

---

Diplomová práce  
2011



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Radek ŠILHÁK**  
Osobní číslo: **T09633**  
Studijní program: **N 2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**

Téma práce: **Analýza hluku v silniční dopravě**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární rešerši týkající se problematiky hluku.
2. Provedte experimentální měření hluku v silniční dopravě.
3. Provedte vyhodnocení experimentálních měření.
4. Porovnejte naměřené veličiny s normami ČSN.
5. Citujte použitou literaturu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Vaňková, M. a kol.: Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí, část I. Skriptum VUT Brno, 1995, 144 s.

[2] Nový, R.: Hluk a chvění. Skriptum ČVUT Praha, 1995, 389 s.

[3] Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Sdělovací technika Praha, 1998, 188 s.

[4] Vaverka, J.Kozel, V.Ládyš, L.Liberko, M.Chybík, J.: Stavební fyzika 1: urbanistická, stavební a prostorová akustika. Skriptum VUT Brno, 1998, 343 s.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Martin Vašina, Ph.D.**

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**14. února 2011**

Termín odevzdání diplomové práce:

**13. května 2011**

Ve Zlíně dne 14. února 2011

doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Šilhák Radek

Obor: Inženýrství ochrany životního prostředí

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 20.5.2011

  
.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

<sup>2)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).*

<sup>3)</sup> *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce se zabývá hlukem z automobilové dopravy na pozemní komunikaci č. 490 II. třídy, která vede přes obec Fryšták. Měřící místo bylo zvoleno v chráněném venkovním prostoru staveb. Jedná se o rodinný dům č.p. 287. Byla provedena série 24 hodinových měření v období od června do dubna ve vybraných dnech v týdnu (pondělí, středa a sobota). Při měření se používal zvukoměr HD 2110 od firmy Delta OHM. Měřená veličina byla  $L_{Aeq,T}$  v [dB]. Ze získaných výsledků jsme vyhodnotili, jaký vliv mají fyzikální faktory a počasí na ekvivalentní hladinu akustického tlaku. Dále jsme porovnali naměřená data s imisními limity a vypracovala se hluková studie v programu HLUK+ verze 9 profi., v dané lokalitě.

Klíčová slova: hluk, doprava, zvukoměr HD 2110,  $L_{Aeq,T}$ , imisní limity, hluková studie, HLUK+ verze 9 profi.

## **ABSTRACT**

This diploma paper deals with the noise caused by the traffic on the subarterial road number 490 which leads through the village Fryšták. The point of measurement was outside in the protected area of buildings – in the family house number 287. The measurements were taken from June 2010 to April 2011 every week on Monday, Wednesday and Saturday. The sound-level meter HD 2011 by Delta OHM was used. The measurand was  $L_{Aeq,T}$  in [dB]. The obtained data enabled us to analyse the impact of the physical factors and weather on the equivalent level of acoustic pressure. Next we compared the obtained data with the immission limits and worked up the noise study for the given locality. For this sound study we used the version 9 profi of the computer program HLUK+ (NOISE+) version 9 profi..

Keywords: noise, traffic, sound-level meter HD 2011,  $L_{Aeq,T}$ , immission limits, noise study, HLUK+(NOISE+) version 9 prof.

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Martinu Vašínovi, Ph.D. a také své konzultantce paní RNDr. Anně Ryndové, Ph.D. za jejich ochotu, odbornou pomoc a trpělivost, kterou se mnou měli při psaní této práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě EKOME, spol. s r.o. za zapůjčení veškerého vybavení, jak přístrojového, tak i softwarového.

*„Život není o tom, kolikrát padneš na hubu, ale o tom kolikrát se dokážeš zvednout a jít dál.“*

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>	
<b>I</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>HLUK JAKO FAKTOR ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>HLUK A JEHO ÚČÍNKY NA LIDSKÝ ORGANISMUS</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY V AKUSTICE</b> .....	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>DECIBELOVÉ STUPNICE V AKUSTICE</b> .....	<b>20</b>
4.1	<i>HLADINY</i> .....	20
4.2	<i>VZÁJEMNÁ SOUVISLOST DECIBELOVÝCH VELIČIN</i> .....	21
4.3	<i>STANOVENÍ VÝSLEDNÝCH HLADIN DVOU A VÍCE ZVUKŮ</i> .....	22
4.4	<i>OKTÁVOVÉ KMITOČTOVÉ PÁSMO</i> .....	23
4.5	<i>VÁHOVÉ FILTRY</i> .....	25
4.6	<i>EKVIVALENTNÍ HLADINA AKUSTICKÉHO TLAKU A</i> .....	26
<b>5</b>	<b>POHLCOVÁNÍ ZVUKU</b> .....	<b>28</b>
5.1	<i>ENERGETICKÁ BILANCE PŘI DOPADU ZVUKOVÉ VLNY NA PŘEKÁŽKU</i> .....	28
5.2	<i>ČINITELÉ ZVUKU</i> .....	29
<b>6</b>	<b>MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU</b> .....	<b>30</b>
6.1	<i>PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ</i> .....	30
6.2	<i>METODIKA MĚŘEN</i> .....	32
6.3	<i>HLUKOVÉ MAPY</i> .....	36
6.3.1	Strategické hlukové mapy .....	37
6.3.2	Geografický informační systém (GIS).....	39
6.3.3	Softwarový program HLUK+ 9 profí.....	40
6.3.4	Vědecké studie týkající se hlukových map .....	40
6.4	<i>IMISNÍ LIMITY</i> .....	41
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÉ MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ</b> .....	<b>46</b>
7.1	<i>PŘÍSTROJOVÉ A SOFTWAREVÉ VYBAVENÍ</i> .....	46
7.2	<i>UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍHO MÍSTA</i> .....	49
<b>8</b>	<b>PRACOVNÍ POSTUPY</b> .....	<b>52</b>
8.1	<i>PRACOVNÍ POSTUP PŘI MĚŘENÍ HLUKU Z DOPRAVY</i> .....	52
8.2	<i>PRACOVNÍ POSTUP PRO HLUKOVOU STUDII</i> .....	52
<b>9</b>	<b>NAMĚŘENÉ A VÝPOČÍтанÉ VÝSLEDKY</b> .....	<b>55</b>



9.1	<i>METEOROLOGICKÉ PODMÍNKY</i> .....	55
9.2	<i>NAMĚŘENÁ <math>L_{AEQ,16H}</math> A <math>L_{AEQ,8H}</math> S INTENZITOU DOPRAVY</i> .....	56
9.2.1	Výpočet celkové nejistoty měření .....	60
9.3	<i>HLUKOVÁ STUDIE V PROGRAMU HLUK+ 9 PROFIL</i> .....	60
9.3.1	Vstupní údaje .....	60
9.3.2	Výstupní údaje.....	63
<b>10</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>68</b>
10.1	<i>POROVNÁNÍ NAMĚŘENÝCH HODNOT S IMISNÍMI LIMITY</i> .....	68
10.2	<i>POROVNÁNÍ HODNOT S DOPORUČENOU DOBOU MĚŘENÍ A KDY SE NEDOPORUČUJE MĚŘIT</i> .....	72
10.3	<i>POROVNÁNÍ HODNOT V ZÁVISLOSTI NA POČASÍ</i> .....	74
10.4	<i>POROVNÁNÍ S NAMĚŘENÝMI HODNOTAMI A VYPOČTENÝMI POMOCÍ PROGRAMU HLUK+ 9 PROFIL</i> .....	75
10.5	<i>POROVNÁNÍ DOBY MĚŘENÍ V ZÁVISLOSTI NA INTENZITĚ DOPRAVY ZA 24 HOD. PRO TECHNICKOU TŘÍDU PŘESNOSTI</i> .....	76
	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>77</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>83</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>84</b>
	<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>85</b>

## ÚVOD

Na začátku jednadvacátého století je jedním z nejdůležitějších úkolů chránit životní prostředí. Z pohledu ochrany životního prostředí se hluk řadí hned za znečištění ovzduší a povrchových vod. Dlouhodobé působení nízkých hladin hluku, ale i okamžitá expozice naměrné hladiny hluku, má prokazatelný negativní vliv na lidský organismus. Dochází zejména k nespavosti, nesoustředění a může vést až ke ztrátě sluchu.

V dnešní době dochází k nárůstu nejen silniční dopravy a to má za následek zvyšování hladiny hluku a tím i překračování povolených hygienických limitů. Tyto limity jsou uvedeny v nařízení vlády. č. 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Diplomová práce je zaměřena na hluk z automobilové dopravy na silnici II. třídy, která vede přes obec Fryšták. Měřicí místo bylo zvoleno v chráněném venkovním prostoru. Jedná se o rodinný dům č.p. 287. Bylo provedeno celoroční měření hluku ve vybraných dnech v týdnu (pondělí, středa a sobota). Při měření se používal zvukoměr HD 2110 od firmy Delta OHM. Měřená veličina je ekvivalentní hladina akustického tlaku v dB. Ze získaných výsledků jsme vyhodnotili, jaký vliv mají fyzikální faktory a počasí na ekvivalentní hladinu akustického tlaku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 HLUK JAKO FAKTOR ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Vysoké hladiny hluku spolu se znečišťováním ovzduší a vod se v dnešní době stalo nebezpečím civilizace.

Hlučnost v životním prostředí roste s pokračující technizací našeho života v takové míře, že nejen překračuje v podstatném počtu případů hranici zdravotní únosnosti, ale v mnohých případech se vymyká technicko-ekonomickým možnostem udržet rostoucí hlučnost prostředí pod přijatelnou hranici.[1]

Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat, neboť velmi záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, ale pro jiného občana bude důležitým zdrojem informací. Proto boj proti hluku není bojem proti hluku vůbec, ale bojem proti zbytečnému neúměrně silnému hluku, který ruší a znepríjemňuje pobyt a práci člověka, popřípadě ohrožuje jeho zdravotní stav .

Jednou z nejzávažnějších vlastností hluku je, že se šíří na poměrně velké vzdálenosti, stovky metrů i více. Přitom se šíří stejně dobře vzduchem i vodou nebo pevnou hmotou. Když působí jeden zdroj hluku, může obklopit naše pracoviště nebo místo pobytu v důsledku uvedených efektů akustická energie tak, že není možno předem určit kde je zdroj zvuku umístěn. V důsledku tohoto jevu působí hluk na každého, kdo je v dosahu akustické energie. Postihuje toho, kdo zdroj obsluhuje, ale i osoby, které se zdrojem nemají nic společného. Jako příklad můžeme uvést osobní automobil, který často řídí jenom jedna osoba. Hlukem tohoto automobilu není exponován pouze jeho uživatel, ale tisíce lidí na ulicích města a v přilehlých obytných budovách. Ve volném terénu může běžný dopravní prostředek se svým hlukem zamořit území o ploše několik čtverečních kilometrů

V technické literatuře se udává, že vzrůst hlučnosti v životním prostředí činí 1 dB za rok. Tato hodnota nám ukazuje, že dochází k prudkému vzrůstu hlučnosti a varuje nás před dalším možným negativním vývojem. V dřívějších dobách byla hlukem exponována jenom úzká skupina lidí např. kováři a kotláři. V dnešní době je to právě naopak. Těžko dnes najdete skupinu lidí, kteří nejsou exponováni hlukem.

Vývoj techniky se neustále zlepšuje, dochází ke stálému zvyšování výkonu strojů a technologických zařízení. Z původních hodnot několika desítek koní vzrostly jejich výkony na

desítky tisíc koní. Hustá dopravní síť ve městech dokážou potom hlukově exponovat miliony občanů ve všech koutech naší republiky. Obdobná tendence jsou i u ostatních dopravních prostředků.

K růstu hlučnosti přispívají i umístování nových druhů strojních zařízení v obytných budovách. I když se v minulosti stroje v obytných budovách téměř nevyskytovaly, je dnes téměř pravidlem, že zde instalujeme klimatizační zařízení, bojler, moderní reprodukovatelná hudba a vytápěcí zařízení a další různé stroje pro domácnost.

Z těchto poznatků vzniku a růstu hlučnosti můžeme učinit závěr, že z hlediska ochrany člověka před nadměrnou expozicí hlukem si musíme všimnout oblastí pracovního prostředí, výroba strojů, venkovního prostoru a vnitřního prostoru obytných budov a staveb. Aktivity různých spolků, které věnují pozornost ochraně životního prostředí, které vedou občany k většímu zájmu o tiché prostředí [2, 3].

## 2 HLUK A JEHO ÚČÍNKY NA LIDSKÝ ORGANISMUS

Za hluk je považován nepříjemný, nežádoucí anebo škodlivý zvuk. Dnes patří k nejrozšířenějším škodlivinám, životního a pracovního prostředí. Vážným problémem se stává zejména v posledních letech v souvislosti s rozvojem průmyslu a dopravy. Hluková zátěž populací pochází ze 40 % z pracovního a 60 % z mimopracovního prostředí. V osídlených aglomeracích v mimopracovním prostředí převažuje hluk z dopravy. V krajinách Evropské unie, je přibližně 40 % populací exponováno dopravním hlukem s ekvivalentní hladinou přesahující 55 dB (A) a 20 % obyvatelstva dopravním hlukem s ekvivalentní hladinou přesahující 65 dB (A) přes den. V nočních hodinách je přes 30 % populace exponováno ekvivalentní hladinou hluku přesahující 55 dB (A) [4].

Nejvíce prokázané jsou účinky hluku na sluchový orgán. Bylo prokázáno, že dlouhodobá expozice hlukem při hladině akustického tlaku vyšší než 85 dB se projeví snížením citlivosti lidského ucha. Z tohoto důvodu byla také hladina 85 dB stanovena jako přípustný expoziční limit pro expozici hlukem v pracovním prostředí.

V posledních letech bylo zpracováno mnoho studií na téma účinky hluku na lidské zdraví, které jednoznačně prokázaly další vliv na lidský organismus, které označujeme jako nespecifické účinky hluku na lidský organismus. Jedná se zejména o:

- poruchy spánku: Ze studie vypracované v Bělehradě, kde se zaměřili na tuto problematiku zjistili, že obyvatelé, kteří žijí u rušných ulic a kde ekvivalentní hladina akustického tlaku převyšuje 65 dB (A) mají zvýšené poruchy spánku, časté probouzení v průběhu noci a celková únava po spánku. Než obyvatelstvo, které žije v klidné oblasti, kde ekvivalentní hladina akustického tlaku je menší než 55 dB [5]. K podobnému závěru došli ve studii vypracované v Norsku ve městě Oslo [6].
- hypertenze zvýšení krevního tlaku: Na vznik vysokého krevního tlaku může mít vliv hluk na pracovištích, kde hladina ekvivalentního tlaku je vyšší než 85 dB. Působením hluku vyšším než 85 dB vzniká dvojnásobně velké riziko zvýšení krevního tlaku než má riziko vyššího věku a asi poloviční riziko ve srovnání s tím, má-li někdo rodiče či prarodiče, kteří trpěli hypertenzí. Relativní riziko infarktu se při hladinách hluku dosahujících prostředí  $L_{Aeq} = 62$  dB-65 dB pohybuje mezi 1,05 a 1,3 a při hladinách  $L_{Aeq} > 66$  dB mezi 1,1 a 1,6. To představuje zvýšení rizika o 10%

-60% . Vydeme-li z minimální hodnoty rizika, znamená to zvýšení o 10 %. Je-li u nás hlukem o  $L_{Aeq} > 65$  dB zasaženo skutečně 40 % obyvatel, znamená to, že cca 4 % infarktů je možno považovat za způsobené hlukem [7].

### 3 ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY V AKUSTICE

- Zvuk

Zvukem nazýváme mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu slyšitelnosti lidského ucha 16 až 20000 kmitů za sekundu. Toto mechanické vlnění se šíří konečnou rychlostí určitým prostředím. Například akustická vlna se ve vzduchu pohybuje rychlostí okolo 340 m/s od místa rozruchu. Její rychlost ve vodě je podstatně vyšší, okolo 1500 m/s. Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i v pevných látkách. Jinak akustika se zabývá mechanickými kmity v širším frekvenčním pásmu. Podle frekvenčního rozsahu rozeznáváme [3, 5, 6].

do 16 Hz.....	infrazvuk
16 Hz – 20 kHz.....	zvuk (slyšitelný zvuk)
20 kHz – 1 GHz.....	ultrazvuk
nad 1 GHz.....	Hyperzvuk

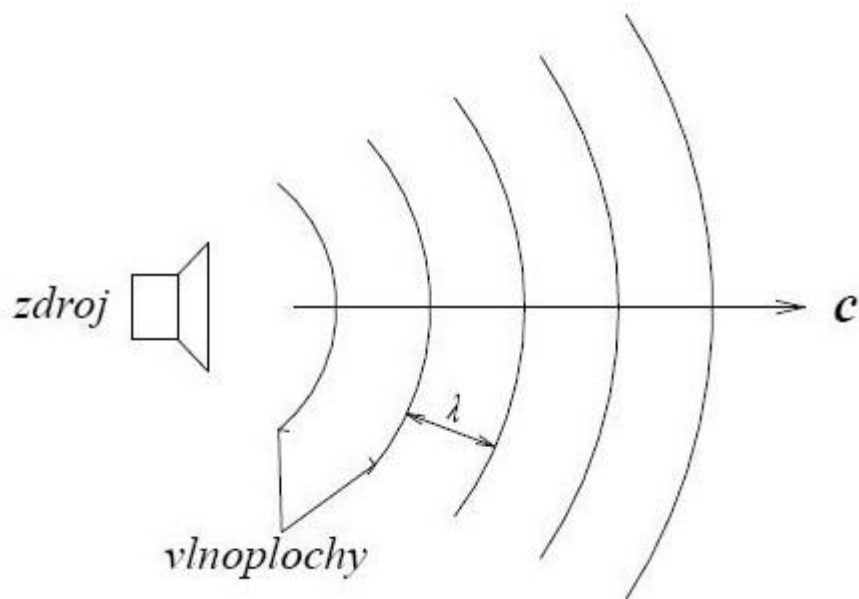
- Akustické vlnění

Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Podle toho, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu, dělíme vlnění na podélné a příčné. Zatímco u podélného vlnění je směr kmitu jednoznačně dán směrem šíření vlnění, u příčného vlnění musíme udávat též rovinu, ve které dochází k příčným kmitům. Dalším faktem je, že šíření vlnění je spojeno s přenosem energie.

U plynů a kapalin se může vyskytovat pouze podélné akustické vlnění, neboť jsou pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti. U látek tuhých se může vyskytovat vlnění podélné i příčné.

Akustické vlnění postupuje od zdroje zvuku ve vlnoplochách, jak je ukázáno na obr. č. 1. Vlnoplocha se vyznačuje tím, že v jejích všech bodech je v daném časovém okamžiku stejný akustický stav[2,3].





Obr. 1 Šíření zvuku od zdroje [10]

- Vlnová délka

Vlnová délka je vzdálenost, kterou urazí zvuková vlna za dobu jednoho kmitu, tedy periodu  $T$  [9].

Jestliže se akustická vlna od zdroje šíří rychlostí zvuku  $c$  a vlnění je s frekvencí  $f$ , pak pro vlnovou délku platí vztah

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{T} \quad (3.1)$$

Kde  $\lambda$  je vlnová délka v [m],  $f$  je frekvence vlnění [Hz],  $c$  je rychlost šíření vlnění (rychlost zvuku) [m/s] a  $T$  je perioda vlnění [s]

- Akustická rychlost

Akustická rychlost je vektor, to znamená, že je určena nejen velikostí, ale i směrem. Je to rychlost, se kterou se částice prostředí pohybují v rytmu akustického tlaku (v plynném či kapalném prostředí ve směru šíření zvukových vln). Akustickou rychlost značíme  $v$  a vyjadřujeme ji v metrech za sekundu [m/s]. Akustická rychlost je veličina fyzikálně rovnocenná akustickému tlaku, ale akustický tlak je používán k popisu vlastností zvukového pole proto, že měřicí přístroje pro přímé měření akustického tlaku jsou podstatně jednodušší než měřicí přístroje pro měření akustické rychlosti; informace o směru šíření zvukové vlny,

kteřá je obsažena ve vektoru akustické rychlosti, není většinou důležitá při měření hluku [1].

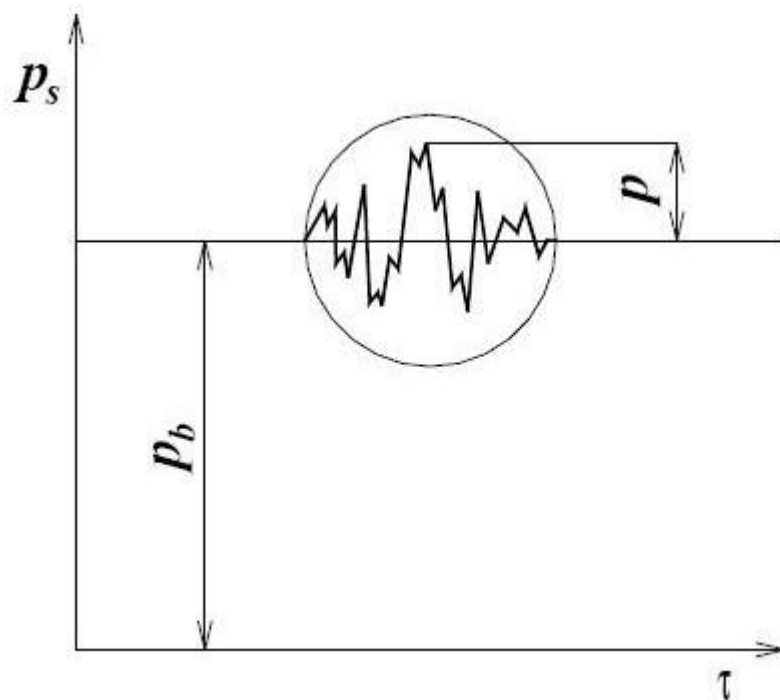
- Akustický tlak

Zhušťování a zředování kmitajících částí prostředí odpovídá zvýšení či snížení tlaku v plynech a kapalinách. To znamená, že celkový tlak v daném prostředí se při šíření vlnění mění, tedy kolísá okolo původního statického nebo barometrického tlaku ovzduší – **obrázek č. 2** [9].

Za akustický tlak  $p$  [Pa] je považována odchylka celkového tlaku (vzduchu nebo kapaliny) od tlaku statického při vlnění v daném prostředí. Akustický tlak je nasuperponován na barometrický tlak  $p_b$ , je dáno vztahem (3.2). Akustický tlak při vlnění o frekvenci  $f$  a fázovém posuvu  $\varphi$  má tvar harmonické funkce vztah (3.3). Barometrický tlak je hodnota přibližně 100000 Pa, kdežto akustický tlak je veličina o mnoho řádu nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot  $2 \cdot 10^{-5}$ , což je v porovnání s barometrickým tlakem hodnota téměř zanedbatelná.[2, 9]

$$p_c = p_b + p(t) \quad (3.2)$$

$$p(t) = p_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi) = p_0 \cdot \cos(2\pi f t + \varphi) \quad (3.3)$$



Obr. 2 Průběh akustického tlaku [10]

- Akustický výkon

Množství akustické energie, procházející za jednotku času myšlenou prostorovou plochu nazýváme akustickým výkonem  $P$  [W] je definován vztahem

$$P = p \cdot v \cdot S \quad (3.4)$$

Kde  $P$  je akustický výkon [W]  $p$  je akustický tlak [Pa],  $v$  je rychlost kmitání částic [m/s] a  $S$  je plocha [m<sup>2</sup>]

Každý zdroj hluku je definován akustickým výkonem jakožto základním parametrem akustického výstupu. Je výhodnější definovat zdroj jeho akustickým výkonem než akustickým tlakem. Akustický tlak totiž závisí na vnějších faktorech, mezi něž patří např. vzdálenost od zdroje, na orientaci příjemce, na teplotním a rychlostním gradientu prostředí apod. Akustický výkon zdroje je proto důležitým absolutním parametrem např. hodnocení a srovnávání akustických zdrojů [9].

- Akustická intenzita

Akustická intenzita je vektorová veličina, popisující množství a směr toku akustické energie v daném místě prostředí.

Důležitou vlastností akustické intenzity je její směrovost, takže určuje směr šíření akustického vlnění. Kolmo na směr vlnění je akustická intenzita rovna nule. Tuto vlastnost nemá akustický tlak, který je skalární veličinou [8].

## 4 DECIBELOVÉ STUPNICE V AKUSTICE

### 4.1 Hladiny

Sledujeme-li šíření zvuku od zdroje k posluchači, zjišťujeme, že se při tom uplatňují základní zákony z fyziky, jako je např. zákon o zachování hmoty a energie. Veličiny, jako je akustický tlak  $p$  [Pa], intenzita zvuku  $I$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ], akustický výkon  $W$  [W] apod. Podrobnějším zkoumáním zjistíme, že se tyto veličiny mění běžně v praxi o mnoho řádů. Např. akustický výkon, který odpovídá slabému šepotu, představuje hodnotu cca  $1 \cdot 10^{-9}$  W a křikem naopak můžeme vyzářit do prostoru akustický výkon asi  $1 \cdot 10^{-3}$  W. V širokém rozsahu se pohybují i ostatní akustické veličiny. Navíc podle Weber Fechnerova zákona, lze prokázat logaritmickou závislost mezi objektivními akustickými veličinami a subjektivním vjemem člověka. Z uvedených důvodů byl v technické akustice zaveden pojem „hladin“ jednotlivých akustických veličin, jejichž jednotkou je „decibel“ [dB]. Norma ČSN 01 1304 určuje pro každou veličinu jednotku v souladu s mezinárodními úmluvami ISO, referenční hodnotu [2, 3].

- Hladina akustického výkonu

Hladina akustického výkonu  $L_W$  [dB] je definován vztahem

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (4.1)$$

Kde  $L_W$  hladina akustického výkonu v [dB]  $W$  je sledovaný akustický výkon [W] a  $W_0$  je referenční akustický výkon ( $W_0 = 10^{-12}$ W) Každému zvýšení akustického výkonu o jeden řád odpovídá zvýšení hladiny akustického výkonu o 10 dB.

- Hladina akustického tlaku

Hladina akustického tlaku  $L_p$  [dB] je definován vztahem

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (4.2)$$

kde  $L_p$  je hladina akustického tlaku v [dB]  $p$  je sledovaný akustický tlak [Pa] a  $p_0$  referenční akustický tlak ( $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa) čemuž odpovídá v decibelové stupnici 0 dB. Každému zdesateronásobení akustického tlaku v [Pa] odpovídá zvýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB.

- Hladina intenzity zvuku

Tato hladina je definována vztahem

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (4.3)$$

Kde  $L_I$  je hladina intenzity zvuku v [dB]  $I$  je intenzita zvuku sledovaného akustického signálu [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] a  $I_0$  referenční hodnota intenzity zvuku ( $I_0 = 10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$ )

## 4.2 Vzájemná souvislost decibelových veličin

- Souvislost mezi hladinou intenzity zvuku a hladiny akustického tlaku

Je dáno vztahem

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{p^2}{\rho c}}{\frac{p_0^2}{\rho c}} = 20 \log \frac{p}{p_0} + 10 \log \frac{\rho_0 c_0}{\rho c} \quad (4.4)$$

Při běžných klimatických podmínkách poslední člen rovnice má hodnotu -0,2 dB, takže vztah můžeme zjednodušit do tvaru

$$L_I = L_p - 0,2 \cong L_p \quad (4.5)$$

Ze vztahu (1.8) plyne, že na základě měření hladiny akustického tlaku přímo určovat hladinu intenzity zvuku. Rozdíl -0,2 dB je zanedbatelný [3].

- Souvislost hladiny akustického výkonu a hladiny akustického tlaku

Obklopíme-li zdroj akustické energie měřicí plochou  $S$ , můžeme na ní měřením zjistit intenzitu zvuku. Veškerý akustický výkon vyzářený zdrojem musí projít měřicí plochou, takže platí

$$W = I \cdot S \quad (4.6)$$

Dosadíme-li nyní tento vztah do definičního vzorce hladiny akustického výkonu dostaneme následující rovnici

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} = 10 \log \frac{I \cdot S}{I_0 \cdot S_0} = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad (4.7)$$

Zvolíme li v posledním členu (4.7) velikost referenční plochy  $S_0 = 1 \text{ m}^2$ , konečný tvar bude mít tvar

$$L_w = L_p + 10 \log S \quad (4.8)$$

resp:

$$L_p = L_w - 10 \log S \quad (4.9)$$

Pro přibližně bodový malý zdroj zvuku, vyzařující rovnoměrně do všech směrů, lze konstatovat, že ve vzdálenosti 1 m od středu bodového zdroje zvuku činí rozdíl mezi hladinou akustického a hladinou akustického výkonu přibližně 10 dB. Při větších vzdálenostech je tento rozdíl podstatně větší [3].

### 4.3 Stanovení výsledných hladin dvou a více zvuků

Intenzity dvou zvuků o různém kmitočtu se mohou v určitém kontrolním místě sečítat. Výsledná hladina intenzity zvuku bude tedy dána vztahem

$$L_I = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{I_i}{I_0} \quad (4.10)$$

kde  $I_i$  je intenzita zvuku od  $i$ -tého zdroje [ $\text{W}/\text{m}^2$ ].

Pro hladinu akustického tlaku můžeme psát obdobný výraz

$$L_p = 10 \log \sum_{i=1}^n \frac{p_i^2}{p_0^2} \quad (4.11)$$

kde  $p_i$  je efektivní akustický tlak od  $i$ -tého zdroje [Pa]

Ze vztahu (4.11) plyne, že při interferenci několika zvuků možno získat výsledný efektivní akustický tlak vztahem

$$p = \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2} \quad (4.12)$$

#### 4.4 Oktávové kmitočtové pásmo

Při měření hluku se velice často zajímáme, jak velký amplitud dosahuje kontrolovatelný zvuk na určitých kmitočtech nebo kmitočtových pásmech. Kmitočtové složení zvuku může být při měření získáno pomocí akustických filtrů, které propustí od mikrofону do vyhodnocovacího bloku přístroje pouze signály. Buď se jedná o procentuálně konstantní šíří pásma nebo konstantní šíří pásma. Stroje které vyzařují čisté tóny, je vhodné měřit pomocí aparatur, které obsahují kmitočtové filtry konstantní šíře, neboť obvykle chceme pro další vývoj těchto strojů znát jejich diskretní složky. Na druhé straně měření hluku, která mají sloužit k určení celkové hlučnosti, obvykle nevyžadují přesnou znalost spektra včetně úrovně diskretní složek. V těchto případech používáme kmitočtové filtry, resp. Kmitočtová pásma o procentuálně konstantní šířce. To splňují např. oktávová pásma obr. č. 3 [3].

Kmitočtové pásmo o šířce jedné oktávy je charakterizováno poměrem krajních frekvencí omezujících oktávu [2].

$$\frac{f_2}{f_1} = 2 \quad (4.13)$$

Kde  $f_1$  je dolní frekvence oktávy a  $f_2$  je horní frekvence oktávy. Každou oktávu označujeme střední frekvencí  $f_m$ , kterou lze určit ze vztahu [3]

$$f_m = \sqrt{f_1 f_2} \quad (4.14)$$

Jelikož jsou střední frekvence normovány, máme obvykle opačný problém, zjistit krajní frekvence v určité oktávě, které lze snadno stanovit po úpravě předcházejících výrazů.

Dolní frekvence je dána vztahem

$$f_1 = \frac{f_m}{\sqrt{2}} \quad (4.15)$$

kdežto pro horní frekvenci oktávového pásma můžeme použít výraz [2]

$$f_2 = f_m \sqrt{2} \quad (4.16)$$

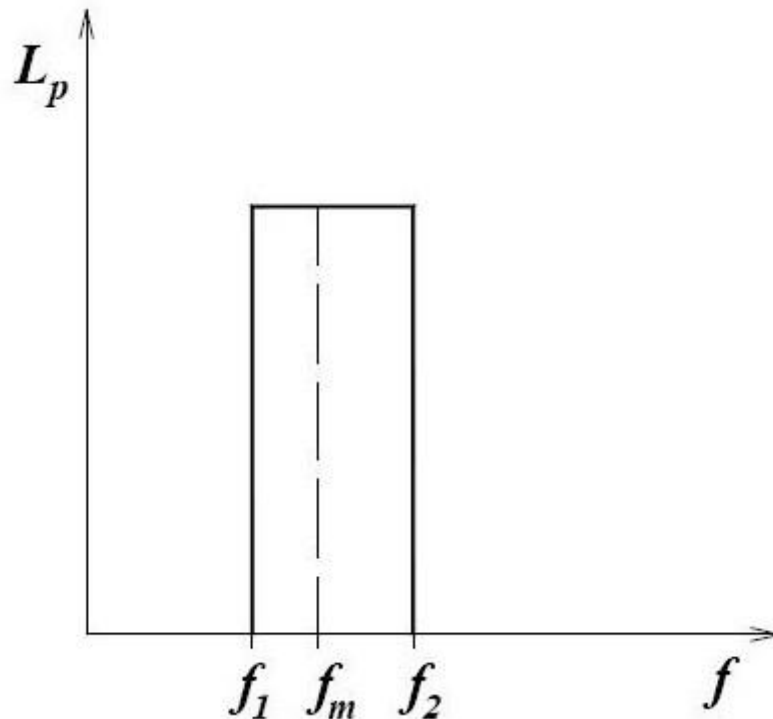
Šířka oktávového pásma se tedy se středním kmitočtem zvětšuje, což dokumentuje následující rovnice

$$(f_2 - f_1) = f_m \left( \sqrt{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = \frac{f_m}{\sqrt{2}} \quad (4.17)$$

Kdybychom oktávová pásma očíslovali vzestupně tak, že 1. Oktávou by byla oktáva  $f_m=31,5$  Hz a poslední 10. Oktáva by byla na kmitočtu  $f_m= 16$  kHz, mohou se střední kmitočty v oktávách vypočítávat ze vztahu vzorce [3].

$$f_m=15,625 \cdot 2^n \quad (4.18)$$

kde je  $n$  je číslo oktávy (1 až 10)



Obr. 3 oktávové pásmo[10]

- Třetinooktávové kmitočtové pásmo

Rozdělíme-li oktávové pásmo na tři třetiny (logaritmických stupnicích), získáme třetinooktávové pásmo obr. č.4. Musí pro něj platit následující závislost. Je-li frekvencemi  $f_1$  a  $f_4$  ohraničeno pásmo jedné oktávy a frekvencemi  $f_2, f_3$  krajní frekvence vnitřní třetiny oktávy, můžeme psát.

$$\log \frac{f_2}{f_1} + \log \frac{f_3}{f_2} + \log \frac{f_4}{f_3} = \log \frac{f_4}{f_1} = \log 2 \quad (4.19)$$

kde platí rovnost

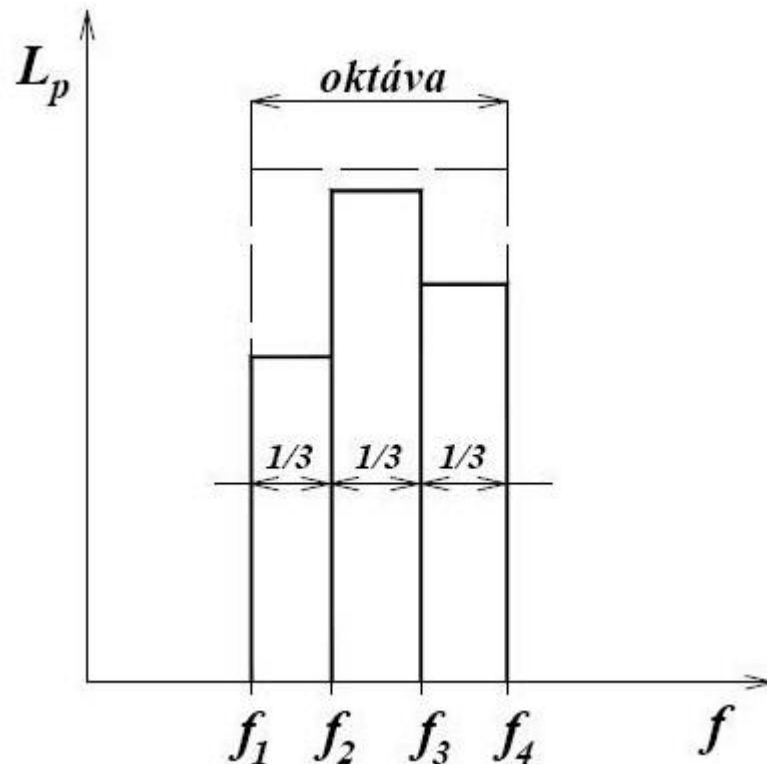
$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{f_3}{f_2} = \frac{f_4}{f_3} \quad (4.20)$$

Poměr krajních kmitočtů v libovolné třetině oktávy je konstantní



$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} \cong 1,26 \quad (4.21)$$

Zásady, které platí po poměr krajních frekvencí v oktávě nebo v 1/3 oktávy, musíme uplatnit i při výpočtu středních kmitočtů v určitém pásmu [3]



Obr. 4 třetinooktávové pásmo [10]

#### 4.5 Váhové filtry

Subjektivní vjem zvuku lidmi je závislý na mnoha činitelích. Jedním z nich je nesterlná citlivost lidského sluchu na různých kmitočtech. Pro přiblížení měřených veličin vlastnostem lidského ucha byly zavedeny váhové filtry A, B, C a D, které připodobňují kmitočtovou charakteristiku vybraným křivkám hladin stejné hlasitosti. U váhových filtrů, jsou také zavedeny korekce V současné době jsou váhové filtry nedílnou součástí zvukoměrů. Především se využívá váhový filtr A. Váhový filtr B se již nepoužívá [1, 8, 9].

Popis váhových filtrů

Filtr A – Svým průběhem filtrace signálu odpovídá frekvenční závislosti lidského sluchu. Kmitočtová charakteristika odpovídá převrácené křivce stejné hlasitosti v oblasti nízkých hladin akustického tlaku.

Filtr C – Kmitočtová charakteristika odpovídá převrácené křivce stejné hlasitosti oblasti vysokých hladin akustického tlaku

Filtr D – Speciální filtr pro měření leteckého hluku, jehož parametry jsou dány mezinárodními normami. [8]

Celková hladina akustického tlaku ze známých hladin v oktávových nebo třetinooktávových pásmech  $L_i$  [dB] se vypočítá použitím filtru A ze vztahu [9]

$$L_A = 10 \cdot \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + K_{A_i})} \quad (4.22)$$

#### 4.6 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

V technické praxi se můžeme setkat s několika případy hlukové expozice. Časově proměnné hluky lze rozdělit do tří skupin:

- hluk ustálený (zvukový signál je časově ustálený a hladina akustického tlaku se nemění více než o 5 [dB])
- hluk proměnný (nastává, když hladina akustického tlaku A se mění v závislosti na čase o více než 5 [dB])
- hluk proměnný přerušovaný (v místě náhle mění hladinu akustického tlaku A a v průběhu hlučného intervalu, je zvuk ustálený např. Kompresory s občasným zapínáním)

V případech, kdy hluk výrazněji kolísá s časem a není možno jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A obr. č.5 [3].

Proto byla pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedena ekvivalentní hladina akustického tlaku A  $L_{Aeq,T}$  [dB]. Je to fiktivní ustálení hladiny akustického tlaku A, která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas [3, 9].

Z časového rozložení hladiny hluku, je ekvivalentní hladina hluku definována vztahem

$$L_{Aeq,T} = 10 \left[ \frac{1}{\tau_2 - \tau_1} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{p_A(\tau)^2}{p_0^2} d\tau \right] = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1L_{pA}} d\tau \right] \quad (4.23)$$

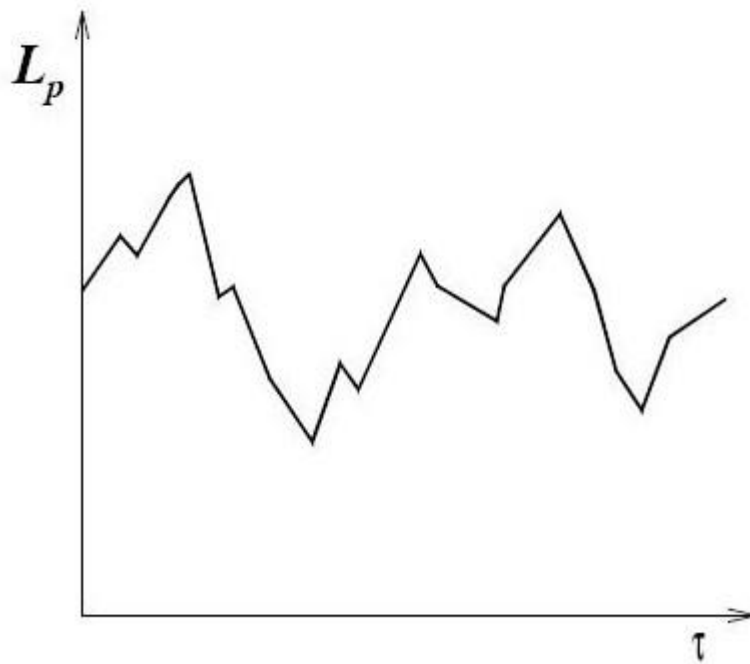
kde  $L_{Aeq,T}$  je ekvivalentní hladina akustického tlaku A určená v časovém intervalu  $T = \tau_2 - \tau_1$  [s] a  $p_A(\tau)$  okamžitý akustický tlak A zvukového signálu [dB]

Ekvivalentní hladina hluku umožňuje hodnotit hlukovou expozici člověka v daném prostředí (pracovní, dopravní, doma, rekreační oblast, ve městě, v obci apod.) [9].

Vztah (4.23) lze po jistých úpravách transformovat na tvar

$$L_{Aeq} = \bar{L}_{pA} + 0,115 \cdot \sigma^2 \quad (4.24)$$

Kde  $L_{Aeq}$  je ekvivalentní hladina hluku v [dB]  $\bar{L}_{pA}$  je průměrná hladina akustického tlaku [dB] a  $\sigma$  směrodatná odchylka od střední hodnoty [dB]



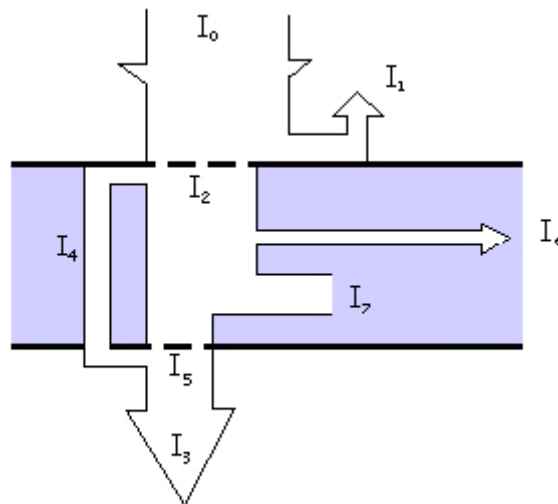
Obr. 5 Příklad časového průběhu hladiny akustického tlaku A [11]

## 5 POHLCOVÁNÍ ZVUKU

### 5.1 Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na překážku

Při dopadu zvukové vlny na nějakou překážku (např. povrch stěny) se část zvukové vlny odrazí a část pohltí. Kromě toho může ještě část zvukové vlny projít do prostoru za stěnou. Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na nějakou stěnu je znázorněna na obr. č.6.. Akustický výkon dopadající na 1 m<sup>2</sup> povrchu stěny (tj. intenzita zvuku vlny dopadající na překážku)  $I_0$  se rozdělí na následující dílčí složky: [12]

- $I_1$  – intenzita zvuku vlny odražené,
- $I_2$  – intenzita zvuku vlny pohlcené,
- $I_3$  – intenzita zvuku vlny vyzářené za stěnu celkem,
- $I_4$  – intenzita zvuku vlny prošlé za stěnu otvory a póry,
- $I_5$  – intenzita zvuku vlny, kterou stěna vyzáří v důsledku svého ohybového kmitání do druhého poloprostoru,
- $I_6$  – intenzita zvuku vlny, která je vedena ve formě chvění do ostatních částí přiléhajících konstrukcí,
- $I_7$  – intenzita zvuku přeměněná ve stěně na teplo.



Obr. 6 Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na stěnu [12]

## 5.2 Činitelé zvuku

Na základě energetické bilance při dopadu zvukové vlny na stěnu (viz obr. 6) lze definovat činitele zvuku. Schopnost tělesa pohlcovat zvuk je charakterizována činitelem zvukové pohltivosti  $\alpha$ , který je určen poměrem energie pohlcené určitou plochou k dopadající energii na tuto plochu. Lze ho vyjádřit rovnicí:

$$\alpha = \frac{I_2}{I_0} \quad (4.1)$$

Z hlediska zákona zachování energie je zřejmé, že činitel zvukové pohltivosti  $\alpha \in \langle 0,1 \rangle$ . Stěna, u které dochází k úplnému pohlcení veškeré dopadající akustické energie, je charakterizována činitelem pohltivosti  $\alpha = 1$ . Naopak v případě dokonalého odrazu dopadajícího akustického vlnění od povrchu stěny je tato stěna charakterizována činitelem pohltivosti  $\alpha = 0$ . Činitel zvukové odrazivosti  $\beta$  je dán poměrem intenzity zvuku vlny odražené od stěny k intenzitě zvuku vlny dopadající na danou stěnu:

$$\beta = \frac{I_1}{I_0} \quad (4.2)$$

Podobně jako u činitele zvukové pohltivosti, velikost činitele zvukové odrazivosti leží v intervalu  $\beta \in \langle 0,1 \rangle$ . Stěna s dokonalou odrazivostí zvuku je charakterizována činitelem odrazivosti  $\beta = 1$ . Pokud se veškerá dopadající akustická energie pohltí ve stěně, pak  $\beta = 0$ . Z energetického hlediska musí tedy platit následující závislost mezi činitelem zvukové pohltivosti a činitelem zvukové odrazivosti:

$$\alpha + \beta = 1 \quad (4.3)$$

Z výše uvedeného vztahu je zřejmé, že část dopadající energie akustického vlnění se pohltí ve stěně a zbylá část se odrazí od stěny [12].

## 6 MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO HLUKU

### 6.1 Přístrojové vybavení

- Zvukoměr

V současné době s rozvojem digitálních měřících přístrojů představuje mnohem komplikovanější měřicí řetězec, který je vhodný pro mnoho různých druhů akustických měření. Jedno z možných blokových schémat zvukoměru je zobrazeno na obr. 7.

Nejdůležitějším rozšířením, které přinesla moderní digitální technika je zabudovaný frekvenční analyzátor v reálném čase, který je v tomto schématu vyznačen jen jako sada filtrů.

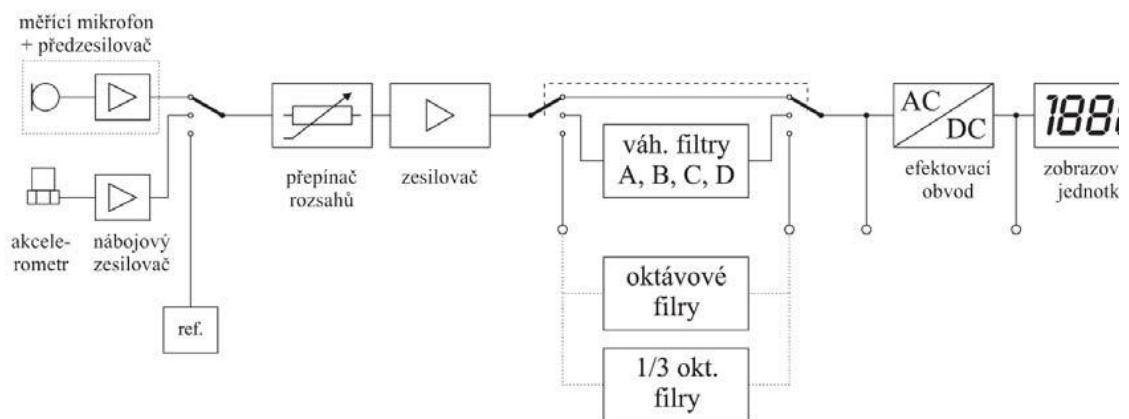
Zvukoměr dále obsahuje zesilovač a analogové přepínání rozsahu. Další částí již souvisejí se zpracováním signálů a zobrazováním výsledků, které jsou realizovány digitálně. Nejprve bývá zařazen modul, který umožňuje různé druhy filtrací. Zvukoměry standardně obsahují váhové filtry A a C a Lin (bez frekvenčního vážení) a možnost oktávové nebo třetinooktávové filtrace. Pro realizaci v digitálních měřidlech jsou váhové filtry dány předpisy.

Důležitou součástí, která do značné míry určuje třídu přesnosti zvukoměru, je převodník střídavého signálu na stejnosměrný. V analogovém provedení je výstupem napětí úměrné efektivní hodnotě vstupujícího střídavého napětí (tzv. efektovací obvod).

Zobrazovací jednotka je dnes již většinou digitální. Zobrazovaná hodnota pak přibližně odpovídá průměru za čas daný časovou konstantou.

Všechny moderní zvukoměry mají možnost přenosu dat do počítače ty lepší pak i obousměrnou komunikaci [13].

K měření hluku v mimopracovní prostředí se používají zvukoměry, které se podle technických požadavků rozdělují na zvukoměry I třídy a zvukoměry II třídy [14].



Obr. 7 Blokové schéma zvukoměru[13]

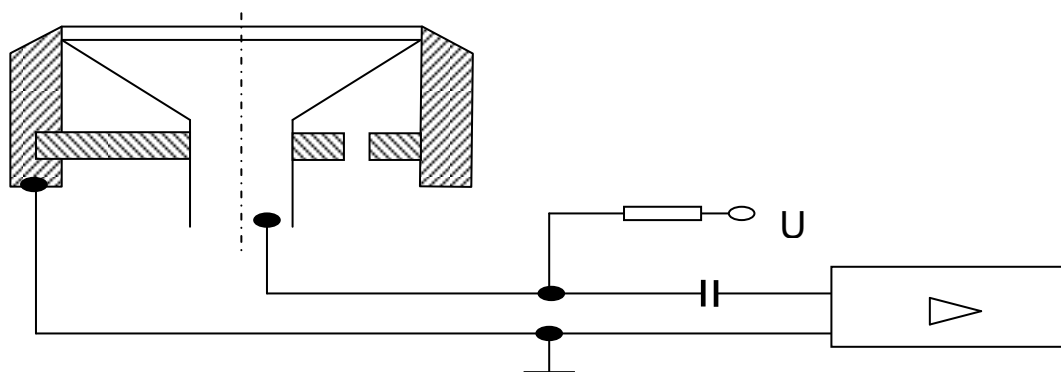
- Mikrofon

Mikrofon je akusticko-mechanicko-elektrický měnič, který snímané kmitání vnějšího plynného prostředí převádí na elektrický signál.

Nejčastěji se používá kondenzátorový mikrofon, který má velmi dobré parametry (viz. obr. 8). Především důležitá je lineární frekvenční charakteristika v celém slyšitelném pásmu. Druhou významnou vlastností je dobrá časová stabilita.

Princip je založen na velmi tenké kovové membráně, která je napnuta před pevnou elektrodou, čímž tvoří deskový kondenzátor. Vzdálenost mezi elektrodami se pohybuje kolem 10  $\mu\text{m}$ . Tlakové změny související s přítomností zvukového pole rozkmitávají membránu mikrofonu, čímž způsobují změnu kapacity kondenzátoru.

Připojením polarizačního napětí se dosahuje konstantního náboje na kondenzátoru, tím se změny kapacity převádějí na změny napětí [13,15].



Obr. 8 Kondenzátorový mikrofon[13]

- Kalibrátor

Akustické kalibrátory jsou navrženy tak, aby po spojení se specifikovanými typy mikrofonů ve specifikovaných konfiguracích, vytvářely jednu nebo více známých hladin akustického tlaku na jednom nebo více specifikovaných kmitočtech.

Akustické kalibrátory mají dvě základní použití:

- a) při určování elektroakustické tlakové citlivosti specifikovaných typů mikrofonů ve specifikovaných konfiguracích
- b) při kontrole a nastavení absolutní citlivosti akustických měřících zařízení, nebo jejich soustav

Před začátkem a po skončení měření musí být mikrofon kalibrován akustickým kalibrátorem. Po ukončení měření se nesmí nastavení přístroje lišit od původně nastavené hodnoty o více než 0,5 dB, je-li odchylka větší, provede se nové nastavení všech přístrojů a nové měření[16,17].

## 6.2 Metodika měření

V roce 2001 byl vydán na základě MZd metodický návod hlavního hygienika. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí HEM-300-11.12.01-34065[17].

Součástí je i metodika měření hluku z dopravy, která sjednocuje měřící postupy pro stanovení hlukové zátěže lidí a území způsobované silniční dopravou. Které respektuje ustanovení ČSN ISO 1996- 1,2 [18-19].

Výsledkem měření je ekvivalentní hladina akustického tlaku A [dB], která se doplňuje nejistotou měření. Hlavním cílem měření hluku je získat objektivní informace o skutečném vlivu silniční dopravy na akustickou situaci v dané lokalitě. Tyto informace slouží k hodnocení současné situace, k projektování dopravní trasy, k navrhování protihlukových opatření a také k hodnocení realizovaných protihlukových opatření a případně při návrzích územních plánů měst a obcí[15].



- Informace, které musí být zaznamenávány a uváděny ve zprávě
  - a) doba den a místo měření;
  - b) přístroje a jejich kalibrace
  - c) měření a, pokud je to relevantní, korigované hladiny akustického tlaku, vážené funkcí A a volitelně ve frekvenčních pásmech;
  - d) odhad nejistoty měření spolu s pravděpodobnosti pokrytí;
  - e) informace o hladinách akustického tlaku zbytkového zvuku během měření;
  - f) časové intervaly při měřeních
  - g) úplný popis měřících míst, včetně povrchu, stavu terénu a místních zdrojů a mikrofonů, včetně jejich výšek;
  - h) popis provozních podmínek, včetně počtu projíždějících motorových vozidel pro každou odpovídající kategorii;
  - i) popis meteorologických podmínek, včetně rychlosti větru, směru větru, míry oblačnosti, teploty, barometrického tlaku, vlhkosti a výskytu srážek;
  - j) metoda (metody) použité k extrapolaci měřených hodnot vzhledem k dalším podmínkám[19];
- Místo měření

Při měření je preferována vzdálenost 7,5 m od osy nejbližšího jízdního pruhu komunikace, pokud cíl měření neurčí jinak.

Místa měření v zastavěném území u oboustranně obestavených komunikací jsou přednostně ve vzdálenosti 2 m (nejméně 1 m) od fasády přilehlé souvislé zástavby, nesouvislé zástavby nebo na hranici pozemku, a to: [15]

- v rovném úseku bez stoupání na té straně komunikace, kde je vzdálenost od dopravního pruhu menší
- v místech se stoupáním na straně stoupacího pruhu

U jednostranně obestavených komunikací jsou měřící místa přednostně ve vzdálenosti 2m (nejméně 1m) od fasády přilehlé souvislé zástavby, nesouvislé zástavby nebo na hranici pozemku, a to:

- ve vzdálenosti 25 m od osy nejbližšího dopravního pruhu komunikace

Měřicí místa v nezastavěném území jsou na obou stranách komunikace ve vzdálenosti 25 m, respektive 7,5 m od osy krajního jízdního pruhu.

- Počet měřících míst

Počet měřících míst musí být určen tak, aby každý homogenní úsek komunikace byl pokryt alespoň jedním měřícím místem, pro lepší statické zpracování je lepší pokrýt úsek komunikace více než jedním bodem. Za homogenní úsek se pokládá každý úsek komunikace, ve kterém se nemění jeden z těchto parametrů: intenzita dopravy, počet jízdních pruhů, podstatněji sklon vozovky, případně charakter okolní zástavby [7, 15].

- Umístění mikrofону

Při měření hluku ve venkovním prostoru je mikrofón umístěn nejméně 3,5 m před plochu odražející hluk a 3 m nad terénem zejména tam, kde se zjišťuje vliv hluku na zástavbu, např. při měření dopravního hluku a hlukových map, nebo 1,2 až 1,5 m nad terénem, zejména tam, kde se zjišťuje vliv hluku na osoby ve venkovním prostoru. Při měření hluku ve venkovním prostoru budov se mikrofón umísťuje přednostně 2 m, nejméně však 1 m od fasády a 1,2 až 1,5 m nad úrovní příslušného podlaží [17].

Mikrofón se orientuje ke komunikaci ve směru předepsaném výrobcem, aby osa nejvyšší citlivosti mikrofónu byla kolmá na podélnou osu komunikace a rovnoběžná s povrchem terénu [13]

- Doba měření

Měření hluku se provádí za standardní akustické situace v okolí dopravních komunikací. Proto se neprovádí den před dnem pracovního klidu (volna) a den po dni pracovního klidu (volna). Měření se provádí pouze v úterý, ve středu a ve čtvrtek.

Dále se doporučuje měřit v měsících dubnu až červnu, v září a říjnu. Nedoporučuje se měřit za deště, sněžení a za větrného prostředí přesahující rychlosti větru  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [7, 15].

Měření hluku na pozemních komunikacích se provádí celých 24 hodin a je rozdělena na denní ( $L_{Aeq,16h}$ ) a noční dobu ( $L_{Aeq,8h}$ ).

V příloze zpravodaje MŽP číslo 3. Březen 1996 jsou uvedeny doby měření v závislosti na intenzitě dopravy za 24 hod..

Doby měření jsou stanoveny na požadované přesnosti měření:

- běžná třída přesnosti (přehledové měření):  $\sigma=3,0 \pm \text{dB}$
- technická třída přesnosti:  $\sigma=2,0 \pm \text{dB}$

*Tab. 1 Běžná třída přesnosti (přehledové měření)*

Intenzita provozu za 24 hodin	$T$ [h]	$t$ [min]	$T$ [h]	$t$ [min]
	Denní doba			
méně než 720	6:00 – 14:00	480	14:00 – 22:00	480
720-2400	8:00 – 12:00	60	13:00 – 17:00	60
2401-12000	8:00 – 12:00	30	13:00 – 18:00	30
12001 a více	7:00 – 12:00	15	12:30 – 19:00	15
Noční doba				
méně než 720	22:00 – 24:00	120	0:00 – 6:00	360
720-2400	22:00 – 24:00	60	0:00 – 6:00	60
2401-12000	22:00 – 24:00	30	0:00 – 6:00	60
12001 a více	22:00 – 6:00	60	-	

kde,  $T$  je období měření [h] a  $t$  je minimální interval měření [min]

V denní době se měří buď dopoledne, nebo odpoledne, v noci postačuje jedno měření pouze při intenzitě provozu větší než 12 000 projíždějících vozidel.

*Tab. 2 Technická třída přesnosti*

Intenzita provozu za 24 hodin	$T$ [h]	$t$ [min]	$T$ [h]	$t$ [min]
	Denní doba			
méně než 720	6:00 – 14:00	480	14:00 – 22:00	480
720-2400	8:00 – 12:00	120	13:00 – 17:00	120
2401-12000	8:00 – 12:00	60	13:00 – 18:00	60
12001 a více	7:00 – 12:00	30	12:30 – 19:00	30
Noční doba				
méně než 720	22:00 – 24:00	120	0:00 – 6:00	360
720-2400	22:00 – 24:00	120	0:00 – 6:00	360
2401-12000	22:00 – 24:00	120	0:00 – 6:00	120
12001 a více	22:00 – 6:00	60	-	

kde,  $T$  je období měření [h] a  $t$  je minimální interval měření [min]

V denní době se měří buď dopoledne, nebo odpoledne, v noci se měří v obou časových intervalech (od 22:00 do 24:00 hod. a od 24:00 do 06:00) [20].

### 6.3 Hlukové mapy

Na základě zvyšování hluku z dopravy, která má negativní velkoplošné dopady na životní prostředí, se v současné době stále více uplatňuje tvorba hlukových map z dopravy. Tyto hlukové mapy nám umožňují získávat informace k tvorbě podkladů pro rozhodování o dopadech hluku na živé organismy, stanovit tiché oblasti v aglomeracích a regionech a mnoho dalších.

Pro vytvoření hlukových map máme dva postupy. Prvním z nich je vytvořením pomocí jednorázového měření aktuální dané situace profilu komunikace. Takto získané údaje jsou úzce vázány na měřený profil komunikace a také na podmínkách měření. Nevýhodou tohoto postupu dochází při změně území, jak urbanistického či dopravního charakteru, že nemůže zmíněný postup pružně reagovat na vyvolávající změny a podchytit je. Proto jsou nutná nová měření. Další nevýhodou je časová náročnost při zjišťování terénních údajů, vysoká finanční a organizační náročnost zajištění měření.

Druhý postup je pomocí výpočtového softwaru. U toho postupu lze použít existující stav, anebo ho lze použít pro budoucí zjišťování očekávaného stavu akustické situace ve venkovním prostředí. Výhodou těchto softwarů je vysoká automatizace při získávání požadovaných údajů, snížení pracnosti, organizační a časové náročnosti na zjištění plošného stavu akustické situace v území, možnost opravy při změně ve vstupních údajích [21].

Mezi výpočtové softwary patří např. Hluk+, Lima a Cadna A.

- Typy hlukových map

A) Emisní hluková mapa

Podává základní informaci o dopravním hluku ze sledovaných komunikací, a to v referenční vzdálenosti (7,5 m) od osy komunikace. Výstupem je barevná stopa komunikace v barevně odstupňované škále v základním rozlišení 5 dB. Tyto výstupy podávají i základní informaci o změnách hluku vlivem změn v intenzitách dopravy.

B) Pásmová plošná hluková mapa

Pásmová plošná hluková mapa je základním zobrazením plošného zasažení území hlukem. Její využití je především pro územní plánování. V této mapě lze již velmi obtížně podchytit případné změny. To je závislé na rozsahu území a měřítku. Jejich výstupy jsou zpravidla opět v 5 dB škále barev.

### C) Rozdílová hluková mapa

Rozdílová hluková mapa je speciálním typem hlukové mapy, kde může být např. barevnými plochami vyjádřeno plošné zasažení území nadlimitním hlukem před a po realizaci zá-  
měru.

### D) Bodová hluková mapa

Bodová hluková mapa je výsledkem vývoje výše uvedeného systému. Jedná se o cílené de-  
finování akustické situace před konkrétními fasádami jednotlivých objektů v území. Krok  
výpočtových bodů lze nastavit dle potřeby. Výpočtové body 2 m před fasádami jsou barev-  
ně zařazeny v základní 5 decibelové stupnici. [21]

## 6.3.1 Strategické hlukové mapy

S přijetím České republiky do Evropské unie, se pro naši zemi stala závazná celá řada le-  
gislativních dokumentů EU. V oblasti hluku a vyhodnocování vyšla směrnice Evropského  
parlamentu a rady 2002/49/ES. Členské státy museli implementovat tuto směrnici do svých  
zákonů. Požaduje, aby zavedli indikátory  $L_{den}$  pro posouzení obtěžování hlukem a  $L_{night}$  pro  
posouzení míry rušení spánku. Členské státy museli vypracovat do 30. června 2007 strate-  
gické hlukové mapy, pro města s populací nad 250 000 obyvatel, pro silnice na kterých  
projede více než 6 000 000 automobilů za rok, dále pro hlavní železnice po kterých projede  
více jak 60 000 vlaků za rok a pro letiště kde se uskuteční víc jak 50 000 letů za rok (v ČR  
se jedná o letiště Praha Ruzyně). Na obr. č. 6 je umístěna strategická hlukovou mapu Zlína.  
V ČR byla implementována tato směrnice do vyhlášky č. 523/2006 sb., o hlukovém mapo-  
vání.

Účelem strategických hlukových map je zjištění míry expozice obyvatel různými úrovněmi  
hlukové zátěže. Zjištění počtu zasažených lidí těmito úrovněmi hlukové zátěže a informo-  
vání obyvatel o této zátěži. Slouží jako podklad nastavení reálných limitů hlukové zátěže  
pro zachování tichých oblastí v aglomeracích [22, 23].



- Výpočet hlukových ukazatelů

Hlukové ukazatele vztažené ke škodlivému účinku hluku se zjišťují výpočtem, přičemž hodnota hlukového ukazatele pro den-večer-noc ( $L_{dvn}$ ) v dB je definováno vztahem

$$L_{dvn} = 10 \cdot \log \frac{1}{24} \left( 12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_v+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \quad (6.1)$$

Kde:

$L_d$  je dlouhodobí průměr hladiny akustického tlaku vážené funkcí A určený za všechna denní období jednoho roku.

$L_v$  je dlouhodobí průměr hladiny akustického tlaku vážené funkcí A určený za všechna večerní období jednoho roku.

$L_n$  je dlouhodobí průměr hladiny akustického tlaku vážené funkcí A určený za všechna noční období jednoho roku.

Den je 12:00 hodin v rozmezí od 6:00 do 18:00 hodin, večer jsou 4 hodiny v rozmezí od 18:00 hodin do 22:00 hodin a noc je 8 hodin v rozmezí od 22:00 hodin do 6:00 hodin a rok je příslušný kalendářní rok, pokud jde o imise hluku, a průměrný rok, pokud jde o meteorologické podmínky [25].

### 6.3.2 Geografický informační systém (GIS)

Pojem geografický informační systém je běžně používán pro označení počítačových systémů orientovaných na zpracování geografických dat, prezentovaných především v podobě různých map.

GIS můžeme definovat jako funkční celek vytvořený integrací technických a programových prostředků, dat, pracovních postupů, obsluhy, uživatelů, organizačního kontextu, zaměřený na sběr, ukládání, správu, analýzu, syntézu a prezentaci prostorových dat pro potřeby popisu, analýzy modelování a simulace okolního světa s cílem získat nové informace potřebné pro racionální správu a využívání tohoto světa.

Příklady využití GISů:

- a) V životním prostředí jsou používány pro potřeby inventarizace přírodních zdrojů, dále pro modelování přírodních procesů, jako je eroze půd, šíření znečištění nebo modelování šíření povodňové vlny.
- b) V dopravě poskytuje celou řadu výhod i při řešení problému z oblasti dopravy. Obvyklou oblastí aplikací je plánování a údržba dopravní infrastruktury nebo optimalizace městské hromadné dopravy, případně i dálkové dopravy[26].

### 6.3.3 Softwarový program HLUK+ 9 profi.

Program Hluk+ je určen pro výpočet hluku ve venkovním prostředí. Jímž jsou pozemní doprava a průmyslové zdroje. Program umožňuje grafické zadání a znázornění hlukové situace s podporou podkladové mapy. Hlukové výpočty s různými nastavenými parametry. Grafické znázornění výsledků, například ve formě sítě izofon a pásem. Výstup výsledku do souborů různých formátů, a to přes clipboard, přímo na tiskárnu a také přímým vstupem do Wordu a Excelu. Speciální funkce jako je spolupráce s formátem DXF a SHP, 3D prohlížení nebo návrh protihlukové stěny. Prezencaci výsledků v AVI filmu.

V Hluku + je zabudována Česká metodika výpočtů z roku 2004, která slouží pro výpočet hluku ze silniční dopravy [27]

### 6.3.4 Vědecké studie týkající se hlukových map

Hlavním cílem studií týkající se hlukových map bylo analyzovat rozdíly ve výsledcích hluku mapování pomocí dvou z nejpopulárnějších softwarových technik a to jsou Sound plan a Cadna A. Do těchto dvou programů byla vložena francouzská metodika NMPB. Cílem těchto studií bylo vytvoření strategické hlukové mapy. Místo vybrané k provádění srovnávací studie byla oblast na okruhu silnice, která obklopuje město Pamplona v členském státě (Španělsko). Konfigurace výpočtových parametrů bylo rovnocenné, jak jen to programy umožňují. Oba dva programy se 95,5% od sebe liší méně než o 3 dB, tento obecný statistický výsledek je hlavně zapříčiněn různými algoritmickými výpočty obou programů [28].

Tato studie se zabývá hlukovým mapováním pomocí systému naměřených dat a GPS dat, které jsou zavedeny a používány pro výrobu hlukových map pro hlavní kampus Pusan národní univerzity. Tento systém se skládá ze zvukoměru, GPS, program pro správu naměře-



ných a programu na výrobu hlukových map, včetně počítačového modelu cílového prostoru. GPS přijímač je připojený k hlukoměru, který umožňuje současně měření a ukládání ekvivalentní hladiny hluku, tak i umístění. Systém může snadno vytvářet hlukové mapy pomocí libovolného množství měření hluku přes oblast, jejíž kvalita je závislá na počet a přesnost naměřených dat a může být posílena tím, že přidá další naměřená data do již existujících. Tento hlukový systém lze efektivně použít pro přímé sledování a posuzování účinku hluku na stávajících zdrojů hluku, jakož i potvrzení platnosti přijatých předpokladů v simulování hlukových map [29].

## 6.4 Imisní limity

Podle platného právního předpisu nařízení vlády. č. 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, platného od 1. 6. 2006 jsou stanoveny hygienické limity hluku pro chráněný vnitřní prostor staveb, chráněný venkovní prostor staveb a chráněný venkovní prostor. V části třetí tohoto nařízení vlády v §10 a §11 jsou uvedeny hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb (§10), venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru (§11).

**Hygienické limity v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru se stanoví podle §11 odst. (4)**

V denní době stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ( $L_{Aeq,8h}$ ), v noční době pro nejhlučnější 1hodinu ( $L_{Aeq,1h}$ ). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  stanoví pro celou denní ( $L_{Aeq,16h}$ ) a celou noční dobu ( $L_{Aeq,8h}$ ).

Hygienický limit v ekvivalentní hladině akustického tlaku  $A$ , s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku  $A L_{Aeq,T} = 50$  dB a korekcí, přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době - podle přílohy č. 3 k tomuto nařízení. Obsahuje-li hluk tónové složky nebo má-li výrazně informační charakter, jako například řeč, přičte se další korekce - 5 dB.

Dle přílohy č. 3 nařízení vlády se pro stanovení hodnot hluku ve venkovních chráněných prostorech mohou uplatňovat korekce (tabulka č. 2).

Tab. 3 hlukové korekce v chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru

Druh chráněného prostoru	Korekce dB (A)			
	1)	2)	3)	4)
Chráněné venkovní prostory staveb lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	-5	0	+5	+15
Chráněný venkovní prostor lůžkových zdravotnických zařízení včetně lázní	0	0	+5	+15
Chráněné venkovní prostory ostatních staveb a chráněné ostatní venkovní prostory	0	5	+10	+20

Korekce uvedené v tabulce se nesčítají.

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

Poznámky:

- 1) Použije se pro hluk z veřejné produkce hudby, hluk z provozu služeb a dalších zdrojů hluku (§3 odst.1 zákona č.258/2000 Sb.), s výjimkou letišť, pozemních komunikací, nejde-li o účelové komunikace, a dále s výjimkou drah, nejde-li o železniční stanice zajišťující vlakotvorné práce, zejména rozřadování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na hlavních pozemních komunikacích 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 drahách v ochranném pásmu drah.
- 4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, výměně

kolejového svršku, popřípadě rozšíření vozovek při zachování směrového a výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy, při které nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru a pro krátkodobé objízdne trasy.

Stavbami pro bydlení jsou stavby, které slouží byť i jen z části pro bydlení. Chráněným venkovním prostorem stavby se rozumí prostor do vzdálenosti 2 m od objektu pro bydlení, chráněným venkovním prostorem je podle zákona 258/2000 Sb., v platném znění je prostor, který je užíván k rekreaci, sportu, zájmové a jiné činnosti. Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a, v chráněném venkovním prostoru jsou uvedeny v nařízení vlády a to jako nejvyšší přípustné hodnoty hluku. Hodnoty se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$ . V denní době se stanoví pro 8 souvislých na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ( $L_{Aeq,8h}$ ) a v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ( $L_{Aeq,1h}$ ).

Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, a drahách, a pro hluk z leteckého provozu se ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  stanoví pro celou denní ( $L_{Aeq,16h}$ ) a celou noční dobu ( $L_{Aeq,8h}$ ).

Pro hluky z jiných než dopravních zdrojů zůstává denní ekvivalentní hladina akustického tlaku  $A$  v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru na úrovni 50 dB (A) pro denní dobu a 40 dB (A) pro noční dobu. V případě prokázání tónové složky pak 45 dB (A) pro denní dobu a 35 dB (a) pro noční dobu [30].

**Tyto hygienické limity stanovené v nařízení vlády č.148/2004 Sb., mají vyšší právní sílu před ČSN.**

- Návrh na zvýšení hygienických limitů hluku z dopravy

Ministerstvo zdravotnictví navrhlo novelu nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Po dohodě s ministerstvem dopravy navrhuje zvýšení hygienických limitů hluku z provozu na pozemních komunikacích v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru. Ministerstvo zdravotnictví vychází, z doporučených hodnot WHO (Světové zdravotnické organizace), obdobné legislativy států EU, z hodnocení zdravotních rizik expozice hluku z dopravy a výsledků strategického hlukového mapování.

Tento návrh obsahuje zvýšení hygienických limitů hluku na pozemních komunikacích. Oproti stávající legislativě o 5 dB v denní době a o 5 dB v noční době. Zavádí se to kvůli novým důležitým komunikacím např. obchvaty a okruhy jejich výstavbu v případě, že všechna technicky a organizačně možná protihluková opatření nezajistí ochranu všech dotčených chráněných venkovních prostor exponovaných chráněných staveb tak, jak je požadováno v současné legislativě [31].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE A VYBAVENÍ

### 7.1 Přístrojové a softwarové vybavení

- Zvukoměr

Typ	HD 2110
Rozsah měření	hladina akustické tlaku od 20 dB do 140 dB
Teplota	-10°C – 50°C
Relativní vlhkost	25 – 90% RV
Atmosférický tlak	65 – 108 kPa
Nejistota přístroje	± 0,5 dB
Výrobce	Delta Ohm srl, Italy



Obr. 10 Zvukoměr HD 2110

- Kondenzátorový mikrofón

Typ	MK 223
Sériové číslo	10019333

Provozní teplota	-20°C – 50°C
Výrobce	Delta Ohm srl, Italy



*Obr. 11 Kondenzátorový mikrofon*

- Kalibrátor

Typ	HD 2020
Hladina akustického tlaku	94 dB a 114 dB $\pm$ 0,2 dB
Provozní teplota	-10°C – 50°C
Výrobce	Delta Ohm srl, Italy



Obr. 12 Kalibrátor HD 2020

- Digitální anemometr

Typ	LCA30 VT
Měřicí rozsah	0,25 – 30 m/s
Provozní teplota	-10°C – 50°C
Výrobní číslo	116261
Výrobce	AIRFLOW, UK

- Digitální Thermo-Hygro-Barometr

Typ	C4130
Rozsah měření	Teplota -10°C – 60°C
	Relativní vlhkost 5 – 95% RV
	Atmosférický tlak 800 – 1100hPa
Výrobní číslo	07900291
Výrobce	Comet systém, spol s.r.o.



- Digitální kamera

Typ	SDR-SW20
Výrobce	Panasonic, Osaka - Japan

- NoiseStudio

Druh zařízení	Software
Účel	Software pro zpracování dat ze zvukoměru
Výrobce	Delta Ohm srl, Italy

- Hluk+

Druh zařízení	Software
Účel	Software pro zpracování hlukové mapy
Výrobce	JpSoft s.r.o., Praha 5

- Další pomůcky

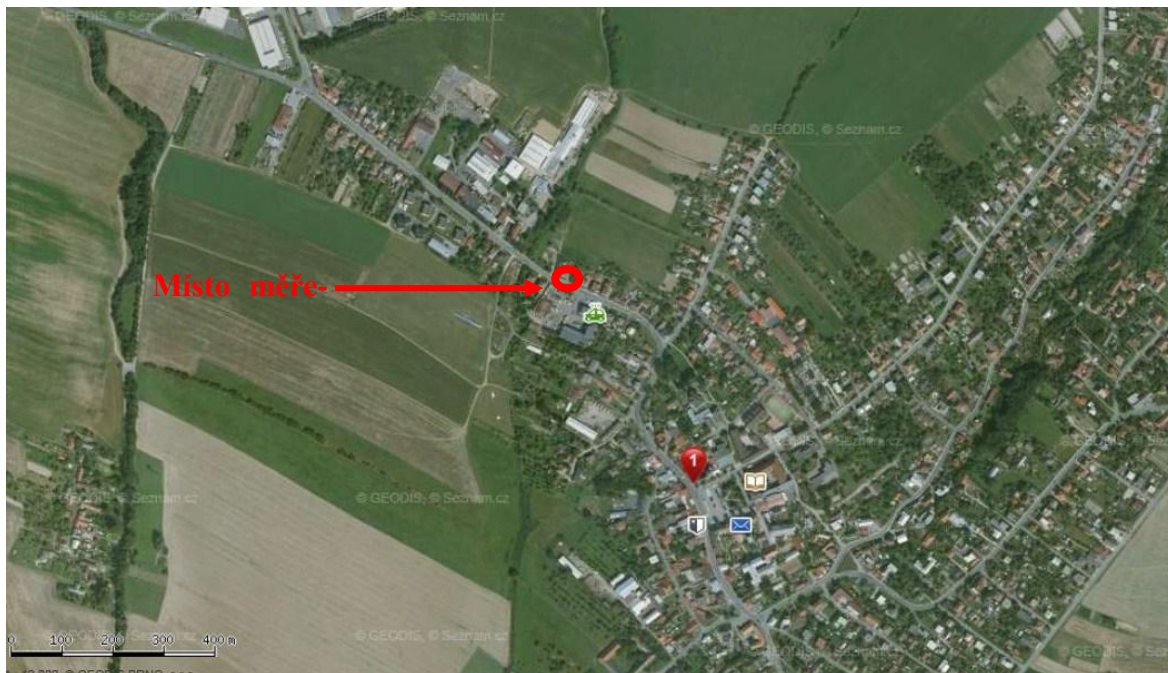
Stativ na upevnění mikrofону, digitální fotoaparát, poznámkový blok, metr.

## 7.2 Umístění měřícího místa

Měření hluku z dopravy bylo prováděno v severozápadní části obce Fryšták v nadmořské výšce cca 270 m nad m.. Pro chránění venkovní prostor byl zvolen rodinný dům s číslem popisným 287, který stojí v blízkosti pozemní komunikace č. 490 II. třídy. Umístění měřícího místa je na obr. č. 13.

Adresa rodinného domu s č.p.287:                    Holešovská 287  
Fryšták, 763 16  
k. ú. : Fryšták 635 539

Měřící místo bylo umístěno podle metodiky měření. Stativ s mikrofónem byl umístěn ve vzdálenosti 2 m od fasády a mikrofon byl nastaven ve 3 m výšce. Vzdálenost od středu bližšího jízdního pruhu komunikace 7,4 m, šířka komunikace 6,8 m a povrch vozovky je z živičné směsi.



*Obr. 13 Mapa umístění měření [33]*



*Obr. 14 Detail místa měření*



*Obr. 15 Detail umístění mikrofonu*

## 8 PRACOVNÍ POSTUPY

### 8.1 Pracovní postup při měření hluku z dopravy

- Sestavení měřicí aparatury pro měření hluku
- Provedení kalibrace zařízení (kalibrace nesmí přesáhnout  $\pm 0,5$  dB než je hodnota nastavení kalibrátoru 94 dB)
- Po provedené kalibraci se mikrofon, který je upevněn na stativu umístí na požadované místo. To znamená 2 m před fasádu a v 3 m výšce.
- Prováděné měření začíná vždy v celou hodinu a probíhá po dobu 24 hodin ve stejnou chvíli se zapne digitální kamera pro zjištění intenzity dopravy.
- Během měření se zapisují meteorologické podmínky, teplota, atmosférický tlak, vlhkost, rychlost větru, míra oblačnosti a výskyt srážek.
- Po skončení měření se provede opětovná kalibrace. (kalibrace nesmí přesáhnout  $\pm 0,5$  dB než je hodnota nastavení kalibrátoru 94 dB). V případě že rozdíl je větší než  $\pm 0,5$  dB musí se měření opakovat.
- Naměřené hodnoty se ze zvukoměru pomocí softwarového programu NoiseStudio uloží do počítače pro další zpracování naměřených výsledků.
- Měření bylo prováděno:
  - pondělí od 6:00 do úterý 6:00
  - úterý od 18:00 do středy 18:00
  - sobota od 15:00 do neděle 15:00

### 8.2 Pracovní postup pro hlukovou studii

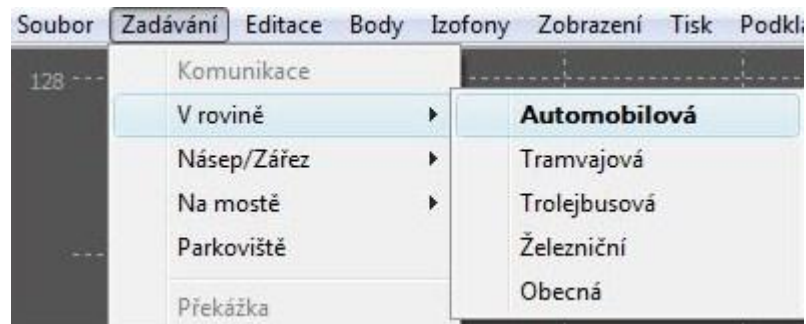
- prohlídka okolí posuzovaného místa
- zjištění dalších zdrojů hluku kromě pozemní komunikace.
- pořízení kompletní fotodokumentace chráněných venkovní staveb a budov.
- zjištění šířky komunikace, počet pruhů, zda se jedná o pohltivý, nebo odrazivý terén
- zjistit skladbu dopravy popřípadě intenzitu dopravy.

- prostudovat si příručku pro práci s programem Hluk+
- jako podkladovou mapu se použije ortomapa s vrstevnicemi.
- na stavovém řádku se klikne na **podklad** a **nastavení podkladu**, zde se doladí pomocí měřítka správný rozměr mapy.

Soubor Zadávání Editace Body Izofony Zobrazení Tisk Podklad Clona Dxf 3D Help

Obr. 16 Stavový řádek

- pro vytvoření komunikace se klikne levou myší na **zadávání, komunikace, komunikace v rovině automobilová**



Obr. 17 Vytvoření komunikace

- na vytvořenou komunikaci se klikne pravou myší, klikne se **editovat** a v tabulce se doplní intenzita dopravy a třída komunikace s rychlostí dopravy

K1 - Auto v rovině

Název komunikace	:	<input type="text"/>	
Třída komunikace	:	2.třída	▼
Extravilán/Intravilán	:	extravilán	▼
Rozdělení do pruhů	:	Ne	▼ Enter>>>
DEN - osobní vozidla	:	10036,00	/16hod.
- nákladní celkem	:	653,00	/16hod.
- nákladní soupravy	:	0,00	/16hod.
NOC - osobní vozidla	:	624,00	/ 8hod.
- nákladní celkem	:	58,00	/ 8hod.
- nákladní soupravy	:	0,00	/ 8hod.
Výběr subkomunikace (1-10):	:	sub5	▼ Enter>>>

OK Storno

F3/~F3 Intenzita=16h/8h  
 F5 RozlišováníSouprav= Ne F6 VýpočetProObdobí=den

Obr. 18 Vkládání intenzity, třída komunikace a rychlost dopravy

- pro vytvoření budov se klikne levou myší na **zadávání, dům** po vytvoření budovy se zadá i výška.
- vytvoření referenčních bodů se klikne levou myší na **body, výpočet u fasády**. Po vytvořených bodů se klikne levou myší na **body, tabulka bodů** a vznikne přehledová tabulka bodů s naměřenými ekvivalentními hladinami tlaku, které se dají přenést do excelu.
- Pro výpočet izofon se klikne levým tlačítkem myší na **izofony a výpočet**. Po provedeném výpočtu se vykreslí izofony se stejnou hladinou hluku v požadované výšce.

## 9 NAMĚŘENÉ A VÝPOČÍтанÉ VÝSLEDKY

### 9.1 Meteorologické podmínky

Za období od června do dubna, bylo provedeno celkem 49 měření. Pro pondělí bylo provedeno 16, pro středu 21 a v sobotu 12 měření. Všechny měření probíhaly celých 24 hodin. Při probíhajícím měření se zaznamenávaly aktuální meteorologické podmínky, které jsou zaznamenány v tab. 4.

Tab. 4 Přehled meteorologických podmínek v místě měření

Měsíc	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	Tlak [hPa]	Rychlost větru [m/s]	počasí
Červen 2100	St. 15-16.6	25,5	48	989	1,11	polojasno
	So. 26-27.6	24,5	43	979	1,62	jasno
	Po. 28-29.6	25,9	41	987	1,25	jasno
	St. 29-30.6	26,9	38	988	0,63	jasno
Červenec 2010	So. 10-11.7	26,5	43	990	0,85	jasno
	Po. 19-20.7	25,3	54	991	0,57	polojasno
	St. 20-21.7	27,2	57	988	0,69	polojasno
	Po. 26-27.7	19,4	65	989	0,45	oblačno
	St. 27-28.7	21,4	56	989	0,64	polojasno
Srpen 2010	Po. 9.8	27,8	54	988	0,13	polojasno
	St. 10.8	28,7	54	988	0,52	polojasno
	Po. 16.8	18,3	86	980	0,76	oblačno
	St. 18.8	19,4	65	990	1,76	oblačno
	So. 20.8	26,0	50	990	0,32	jasno
Září 2010	St. 8.9	21,6	57	981	0,47	zataženo
	St. 22.9	20,5	54	998	0	jasno
Říjen 2010	St. 13.10	7,5	86	988	0,75	polojasno
	So. 16.10	7,8	84	989	0,49	oblačno
	St. 20.10	8,6	80	989	0,63	zataženo
	So. 23.10	11,5	65	990	0,39	polojasno
	Po. 25.10	6,7	93	1001	1,76	oblačno
Listopad 2010	Po. 15.11	12,3	83	995	1,37	polojasno
	St. 17.11	8,7	95	998	0,89	polojasno
	St. 23.11	1,2	83	992	1,56	zataženo
	So. 27.11	0,4	87	996	0,56	zataženo
	Po. 29.11	1	90	992	2,11	zataženo
Prosinec 2010	So. 4.12	-7,6	76	990	0	polojasno
	Po. 6.12	0,1	96	975	0,37	oblačno
	St. 8.12	2,1	96	974	0,35	oblačno
	So. 11.12	0,1	85	976	1,56	oblačno
	Po. 10.1	2,8	91	985	0,49	oblačno

Měsíc	Datum	Teplota [°C]	Vlhkost [%]	Tlak [hPa]	Rychlost větru [m/s]	počasí
Leden 2011	St. 12.1	5,4	86	987	0,67	zataženo
	Po. 17.1	0,3	99	990	0	oblačno
	St. 19.1	2,3	92	993	0,72	oblačno
	So. 29.1	-7	76	992	1	jasno
Únor 2011	Po. 14.2	0,2	60	984	0,52	oblačno
	St. 16.2	2	67	974	0,4	oblačno
	So. 19.2	2,1	68	984	1,35	oblačno
	Po. 21.2	-9,1	54	989	0,28	jasno
	St. 23.2	-5,6	63	984	0,86	jasno
	So. 26.2	5,5	37	990	0,38	jasno
Březen 2011	Po. 7.3	3,6	50	1001	2,54	polojasno
	St. 9.3	6,4	36	989	0	jasno
	St. 29.3	14,3	31	984	0,12	jasno
Duben 2011	Po. 11.4	9,5	49	990	1,2	zataženo
	Po. 18.4	13,9	58	993	0,76	polojasno
	St. 20.4	17,4	41	986	1,32	jasno
	St. 27.4	12,1	78	986	1,95	oblačno
	So. 30.4	10,6	76	989	1,89	zataženo

## 9.2 Naměřená $L_{Aeq,16h}$ a $L_{Aeq,8h}$ s intenzitou dopravy

Tab. 5 Ukázka intenzity dopravy s naměřenou  $L_{Aeq,T}$  ze dne 15-16. 6. 2010

hodina	TNA	LNA	O	M	celkem	$L_{Aeq,T}$ [dB]
06:00-07:00	20	33	670	7	730	70,0
07:00-08:00	29	31	787	4	851	71,0
08:00-09:00	31	32	705	1	769	70,2
09:00-10:00	39	24	667	7	737	70,8
10:00-11:00	24	44	615	3	686	70,1
11:00-12:00	33	44	609	6	692	70,4
12:00-13:00	29	43	670	5	747	73,6
13:00-14:00	30	25	698	8	761	69,9
14:00-15:00	24	33	780	10	847	70,4
15:00-16:00	33	20	849	13	915	69,5
16:00-17:00	20	20	810	8	858	70,5
17:00-18:00	10	13	740	13	776	69,1
18:00-19:00	14	8	525	2	549	69,7
19:00-20:00	4	9	406	0	419	67,5
20:00-21:00	7	2	287	1	297	65,9
21:00-22:00	2	4	176	2	184	64,0
<b>celkem</b>	<b>349</b>	<b>385</b>	<b>9994</b>	<b>90</b>	<b>10818</b>	<b>69,6</b>
22:00-23:00	5	4	117	1	127	62,9
23:00-24:00	2	3	32	0	37	58,7
24:00-01:00	2	1	29	0	32	58,7



hodina	TNA	LNA	O	M	celkem	$L_{Aeq,T}$ [dB]
01:00-02:00	1	5	10	0	16	56,1
02:00-03:00	0	2	13	0	15	55,5
03:00-04:00	0	7	29	0	36	58,1
04:00-05:00	6	9	72	2	89	62,7
05:00-06:00	14	15	323	4	356	67,3
<b>celkem</b>	<b>30</b>	<b>46</b>	<b>625</b>	<b>7</b>	<b>708</b>	<b>61,8</b>

Tab. 6 Přehled intenzity dopravy s výslednou hodnotou pro den  $L_{Aeq,16h}$  a pro noc  $L_{Aeq,8h}$ 

měsíc	datum		TNA	LNA	O	M	$L_{Aeq,16h}/L_{Aeq,8h} \pm$ nejistota měření v [dB]	
Červen 2010	St. 15-16.6	DEN	349	385	9994	90	$69,6 \pm 1,2$	
		NOC	30	46	625	7	$61,8 \pm 2,8$	
	So. 26-27.6	DEN	57	25	6535	236	$66,7 \pm 1,2$	
		NOC	9	4	588	4	$60,5 \pm 1,4$	
	Po. 28-29.6	DEN	394	323	9823	139	$69,3 \pm 1,2$	
		NOC	30	31	580	11	$61,2 \pm 4,9$	
St. 29-30.6	DEN	277	276	9879	170	$69,0 \pm 1,1$		
	NOC	30	31	580	11	$62,0 \pm 2,5$		
Červenec 2010	So. 10-11.7	DEN	67	18	5564	225	$65,7 \pm 0,8$	
		NOC	11	6	458	6	$59,6 \pm 1,6$	
	Po. 19-20.7	DEN	323	299	10171	92	$69,6 \pm 1,4$	
		NOC	30	45	619	9	$62,2 \pm 4,7$	
	St. 20-21.7	DEN	394	273	9764	153	$70,0 \pm 1,4$	
		NOC	33	35	635	8	$61,6 \pm 1,9$	
	Poznámka		Od 20:00 déšť do 22:00 mokrá cesta					
	Po. 26-27.7	DEN	227	224	9453	71	$69,2 \pm 1,5$	
		NOC	30	25	619	11	$61,4 \pm 3,5$	
	Poznámka		Od 7:00 déšť do 9:00 mokrá cesta					
St. 27-28.7	DEN	257	237	10176	129	$68,8 \pm 1,2$		
	NOC	23	37	631	16	$61,4 \pm 2,5$		
Srpen 2010	Po. 9-10.8	DEN	344	208	9650	122	$69,4 \pm 1,3$	
		NOC	26	26	589	7	$60,8 \pm 3,7$	
	St. 10-11.8	DEN	270	203	10414	142	$69,0 \pm 1,1$	
		NOC	31	22	640	10	$62,0 \pm 3,2$	
	Po. 16-17.8	DEN	166	10103	93	273	$70,0 \pm 1,5$	
		NOC	29	616	4	19	$61,3 \pm 3,2$	
Poznámka		Od 13:00 déšť do 17:00 mokrá cesta						
St. 17-18.8	DEN	277	171	10346	90	$69,5 \pm 1,3$		
	NOC	20	17	598	8	$60,8 \pm 2,1$		
So. 20-21.8	DEN	69	13	7641	273	$66,7 \pm 1,2$		
	NOC	6	5	464	6	$59,1 \pm 1,8$		
Září 2010	St. 7-8.9	DEN	279	196	9992	61	$69,4 \pm 1,2$	
		NOC	29	28	610	7	$61,4 \pm 2,4$	
	Poznámka		Od 19:00 déšť do 5:00 mokrá cesta					

měsíc	datum		TNA	LNA	O	M	$L_{Aeq,16h}/L_{Aeq,8h} \pm$ nejistota měření v [dB]	
Září 2010	St. 21-22.9	DEN	360	212	10238	130	$69,8 \pm 1,2$	
		NOC	26	18	653	6	$62,1 \pm 2,8$	
Říjen 2010	St. 12-13.10	DEN	375	328	9647	36	$69,4 \pm 1,2$	
		NOC	26	18	591	1	$62,3 \pm 2,6$	
	So. 16-17.10	DEN	24	23	5810	28	$66,9 \pm 1,2$	
		NOC	3	13	535	8	$59,9 \pm 2,2$	
	St. 19-20.10	DEN	459	349	10024	26	$69,5 \pm 1,5$	
		NOC	44	18	592	4	$61,2 \pm 2,6$	
	So. 23-24.10	DEN	38	19	5602	27	$66,7 \pm 1,5$	
		NOC	5	13	420	0	$59,1 \pm 1,7$	
	Po. 25-26.10	DEN	354	279	9734	8	$72,4 \pm 1,6$	
		NOC	33	39	610	1	$62,9 \pm 3,1$	
Poznámka		Celý den dešť						
Listopad 2010	Po. 15-16.11	DEN	293	201	9949	30	$69,2 \pm 1,4$	
		NOC	29	24	575	4	$61,0 \pm 4,1$	
	St. 16-17.11	DEN	103	39	6172	37	$67,6 \pm 0,9$	
		NOC	8	9	458	1	$59,6 \pm 1,5$	
	St. 22-23.11	DEN	285	162	9973	10	$71,2 \pm 2,0$	
		NOC	29	24	626	3	$61,6 \pm 2,4$	
	Poznámka		Od 12:00 do 18:00 sněžení mokrá cesta					
	So. 27-28.11	DEN	40	12	4816	2	$66,2 \pm 1,2$	
		NOC	8	3	534	1	$60,7 \pm 2,3$	
	Po. 29-30.11	DEN	192	155	8657	2	$70,3 \pm 2,5$	
NOC		27	18	559	0	$61,4 \pm 4,1$		
Poznámka		Od 6:00 do 17:30 sněžení mokrá cesta						
Prosinec 2010	So. 4-5.12	DEN	46	11	3539	0	$64,3 \pm 1,4$	
		NOC	4	2	327	0	$57,3 \pm 1,9$	
	Po. 6-7.12	DEN	181	105	7941	0	$69,5 \pm 1,6$	
		NOC	22	12	487	0	$61,7 \pm 4,7$	
	Poznámka		Sněhová pokrývka, mokrá silnice					
	St. 7-8.12	DEN	216	178	8677	0	$69,8 \pm 1,6$	
		NOC	30	24	493	0	$61,3 \pm 3,1$	
	poznámka		Celý den mlha					
	So. 11-12.12	DEN	51	6	3903	0	$67,8 \pm 1,4$	
		NOC	6	1	432	0	$61,2 \pm 2,8$	
poznámka		V průběhu celého dne sněžení, mokrá silnice						
Leden 2011	Po. 10-11.1	DEN	224	170	7599	0	$69,4 \pm 1,9$	
		NOC	26	30	548	0	$61,7 \pm 3,9$	
	Poznámka		Od 20:22 do 5:00 dešť, celý den mokrá silnice, mlha.					
	St. 11-12.1	DEN	218	174	8068	0	$69,2 \pm 1,8$	
		NOC	18	24	512	1	$61,7 \pm 3,0$	
	Poznámka		Od 3:00 – 7:00 dešť a do 12:00 mokrá cesta					
Po. 17-18.1	DEN	239	171	8146	0	$69,7 \pm 1,6$		
	NOC	31	18	435	0	$62,1 \pm 4,6$		

měsíc	datum		TNA	LNA	O	M	$L_{Aeq,16h} / L_{Aeq,8h} \pm$ nejistota měření v [dB]	
Leden 2011	St. 18-19.1	DEN	162	147	8005	0	$70,2 \pm 2,0$	
		NOC	23	13	431	0	$60,6 \pm 2,6$	
	Poznámka		Od 6:33 dešť do 8:00, mokrá silnice do 10:00					
	So. 29-30.1	DEN	19	8	3653	0	$64,7 \pm 1,1$	
NOC		5	3	405	0	$59,0 \pm 0,9$		
Únor 2011	Po. 14-15.2	DEN	255	150	7317	3	$69,3 \pm 1,5$	
		NOC	22	17	518	1	$60,5 \pm 4,0$	
	St. 15-16.2	DEN	230	160	7739	2	$68,7 \pm 1,7$	
		NOC	25	22	284	2	$60,5 \pm 2,5$	
	So. 19-20.2	DEN	38	10	4109	0	$65,6 \pm 1,4$	
		NOC	8	3	275	0	$58,8 \pm 1,2$	
	Po. 21-22.2	DEN	207	180	7874	2	$69,9 \pm 1,6$	
		NOC	22	15	417	0	$60,9 \pm 4,0$	
	St. 22-23.2	DEN	214	178	8128	0	$69,7 \pm 1,3$	
		NOC	38	17	472	0	$62,0 \pm 2,2$	
So. 26-27.2	DEN	27	15	4147	21	$65,4 \pm 1,2$		
	NOC	4	3	410	0	$58,6 \pm 1,7$		
Březen 2011	Po. 7-8.3	DEN	216	174	8501	11	$69,1 \pm 1,4$	
		NOC	25	22	524	2	$61,6 \pm 4,6$	
	St. 8-9.3	DEN	212	165	8211	12	$69,1 \pm 1,3$	
		NOC	22	23	522	0	$61,9 \pm 2,4$	
	St. 29-30.3	DEN	239	199	8989	26	$69,2 \pm 1,6$	
NOC		28	20	638	0	$61,4 \pm 3,1$		
Duben 2011	Po. 11-12.4	DEN	219	171	9097	33	$69,4 \pm 1,6$	
		NOC	27	23	565	3	$61,1 \pm 3,5$	
	Po. 18-19.4	DEN	285	203	9911	37	$69,5 \pm 1,4$	
		NOC	34	14	567	3	$62,2 \pm 4,9$	
	St. 19-20.4	DEN	330	215	9892	91	$69,4 \pm 1,4$	
		NOC	28	22	628	3	$61,8 \pm 3,0$	
	St. 26-27.4	DEN	226	182	9467	18	$69,7 \pm 1,2$	
		NOC	27	18	736	6	$63,6 \pm 3,4$	
Poznámka		Od 20:33 začalo pršet do 6:00 mokrá cesta						
So. 30-1.5	DEN	48	12	4852	61	$66,4 \pm 1,3$		
	NOC	11	2	450	3	$59,4 \pm 2,2$		

Poznámka: TNA Těžká nákladní auta  
LNA Lehká nákladní auta  
O Osobní automobily  
M Motocykly

### 9.2.1 Výpočet celkové nejistoty měření

Postup podle České technické normy ČSN ISO 9612[32].

Metoda vzorkování:

Odhad konfidenčních mezí je dán vztahem (9.1)

$$CL = \pm \sqrt{\frac{s^2}{n} + \frac{0,026 \cdot s^4}{n-1}} \cdot t_{n-1} \quad (9.1)$$

Kde  $CL$  jsou konfidenční meze přidružené odhadu  $L_{Aeq,T}$  v [dB],  $t_{n-1}$  je Studentův koeficient pro  $(n-1)$  stupňů volnosti a zvolenou pravděpodobnost  $\alpha = 0,05$  a  $s$  je výběrová směrodatná odchylka v [dB].

Celková nejistota  $\varepsilon$  je dána vztahem (9.2)

$$\varepsilon = \sqrt{u_i^2 + u_s^2} \quad (9.2)$$

Kde  $\varepsilon$  je celková nejistota v [dB]  $u_i$  je nejistota udána měřicími přístroji 0,5 [dB] a  $u_s$  pro  $\alpha = 0,05$

## 9.3 Hluková studie v programu Hluk+ 9 profi.

Provedl se výpočet předpokládaných hladin akustického tlaku v obytné zástavbě v blízkosti pozemní komunikace II/490 třídy. Pro vizuální zobrazení byly použity izofony a 3D zobrazení. Délka posuzované místa je 370 m.

### 9.3.1 Vstupní údaje

Popis místa: šířka komunikace 6,8 m, povrch vozovky je z živičné směsi, druh terénu odrazivý, druh fasády staveb odrazivý.

Pro intenzitu dopravy, byla vložena data s aritmetického průměru z měření prováděného ve středu v období kdy je doporučeno měřit. Do průměru nebyly vloženy data, kdy byla nepřízeň počasí.

Vložená data pro den (16 hodin)

Těžká nákladní auta

653

Osobní automobily 10036

Vložena data pro noc (8 hodin)

Těžká nákladní auta 58

Osobní automobily 624

Referenční body výpočtu jsou zvoleny na nejbližších chráněných stavbách. Z katastru nemovitostí se zjistí, jaké budovy jsou určeny k bydlení [34].

Referenční bod č.1



*Obr. 19 Rodinný dům s č.p. 287*

Referenční bod č.2



*Obr. 20 Rodinný dům s č.p. 271*

Referenční bod č.3



*Obr. 21 Rodinný dům s č.p. 273*

Referenční bod č.4



*Obr. 22 Rodinný dům s č.p. 218*

Referenční bod č.5

Referenční bod č.6



*Obr. 23 Rodinný dům s č.p. 316*

Referenční bod č.7



*Obr. 24 Rodinný dům s č.p. 253*

Referenční bod č.8



*Obr. 25 Objekt k bydlení s č.p. 243*

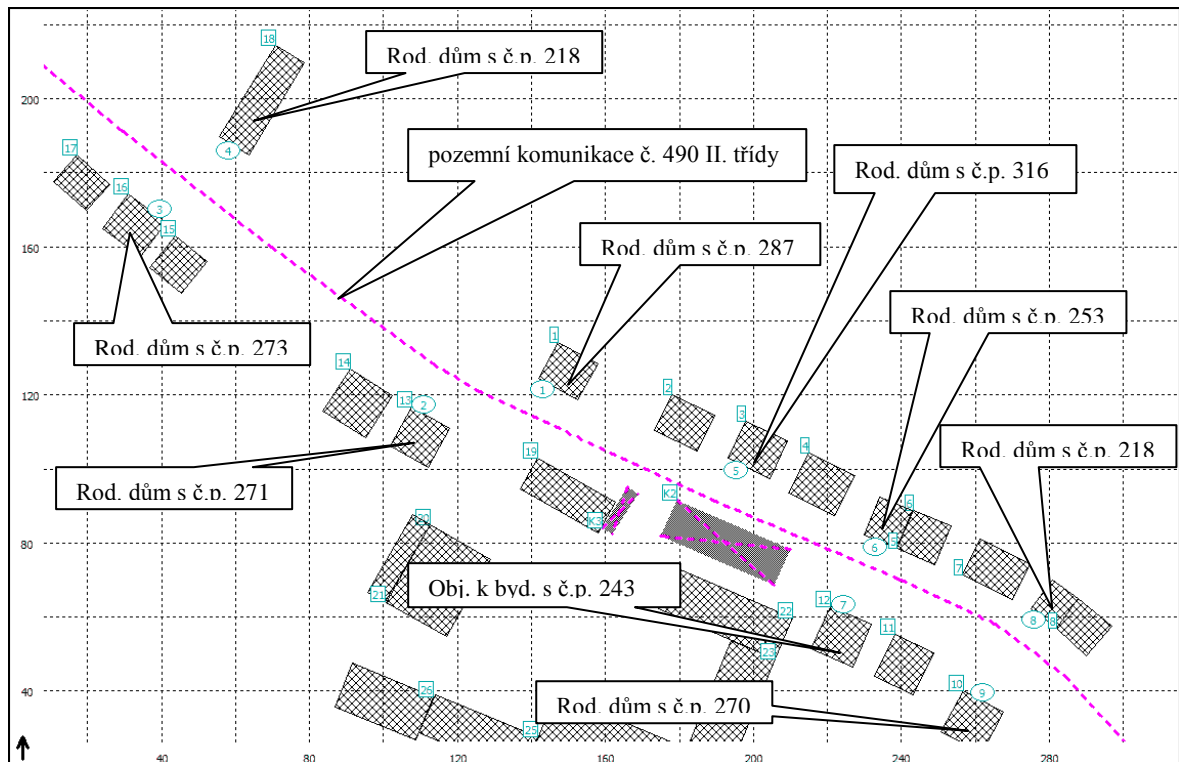
Referenční bod č.9



*Obr. 26 Rodinný dům s č.p. 204*



*Obr. 27 Rodinný dům s č.p. 270*



Obr. 28 Celková situace umístění referenčních bodů

Vysvětlivky :

- komunikace
- číslo objektu
- číslo referenčního bodu

### 9.3.2 Výstupní údaje

Maximální dosahované hladiny akustického tlaku pro jednotlivé referenční body jsou uvedeny v následujících tabulkách č. 7 a č. 8 s komentářem.

Dále byly pro vizuální prezentaci vypočteny izofony v okolí místa záměru (viz obrázek č. 26 a 28) a zobrazení v 3D modelu (viz obrázek č.27 a 29).

#### Nejistoty výpočtu

Výpočetní model programu HLUK+ 9 profi. je založen na metodice výpočtu hluku ze silniční dopravy, která byla novelizována v roce 2004. Mezi nejistoty výpočtu patří vstupní údaje, neurčitosti výpočtu, zaokrouhlení průběžných výpočtů, stupeň projektové dokumen-

tace, apod. Dle autorů výpočtové metodiky programu HLUK+ jsou vypočtené hodnoty hladiny akustického tlaku A uváděny s nejistotou výpočtu  $\pm 2$  dB.

Tab. 7 hlukové zatížení chráněných objektů, denní doba

Číslo referen. bodu	výška [m]	Vypočtená ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,16h}$ [dB]
		doprava
1	3	68,5
1	5	68,5
2	3	66,9
2	5	66,9
3	3	66,7
3	5	66,7
4	3	66,2
4	5	66,2
4	7	65,7
5	2	68,2
5	5	67,8
6	3	71,0
6	5	70,8
7	3	67,7
7	5	67,7
8	2	69,0
9	3	65,7
9	5	65,7

Poznámka: Referenční bod č. 1 označený modrou barvou, ukazuje vypočítanou hodnotu, kde se provádělo měření. Referenční bod č. 6 označený červenou barvou ukazuje překročení hygienického limitu

Z výsledků uvedených v tabulce je patrné, že hygienický limit pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích je splněn skoro ve všech referenčních bodech. Hygienický limit pro hluk z dopravy není splněn v RB č. 6

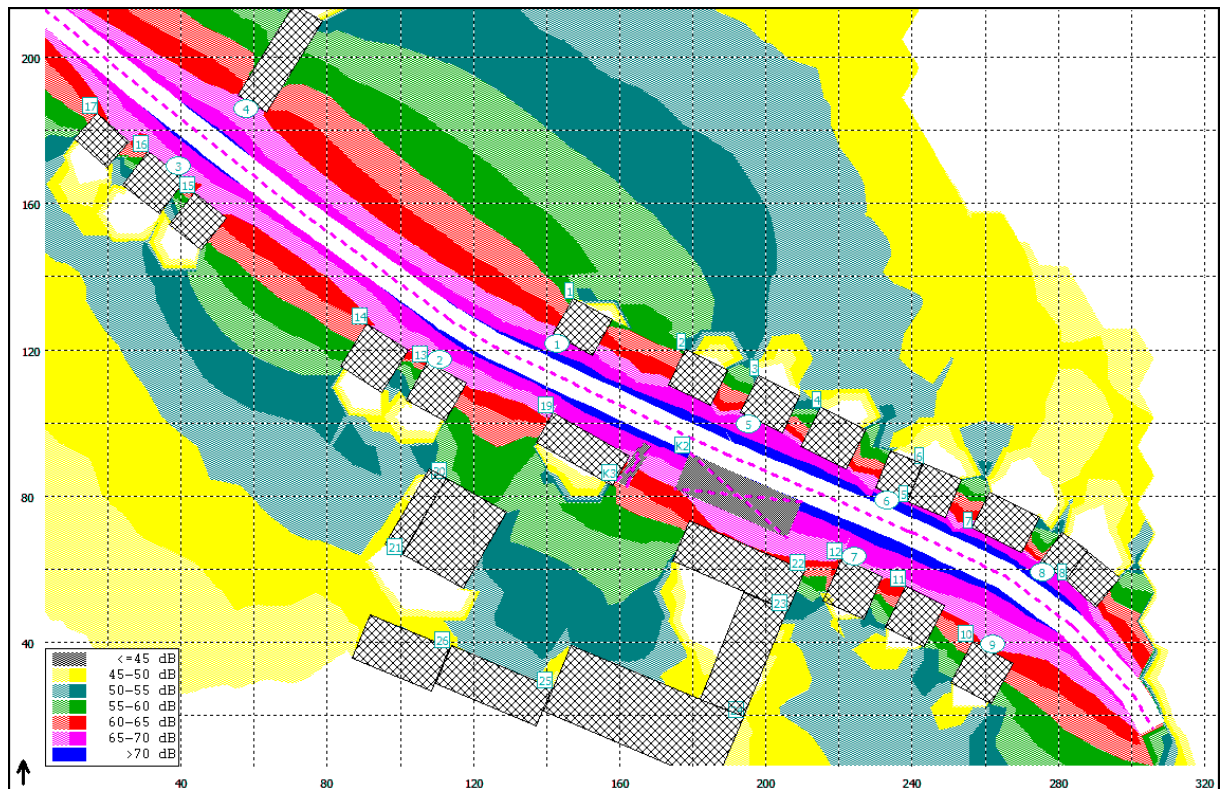


Tab. 8 hlukové zatížení chráněných objektů, noční doba

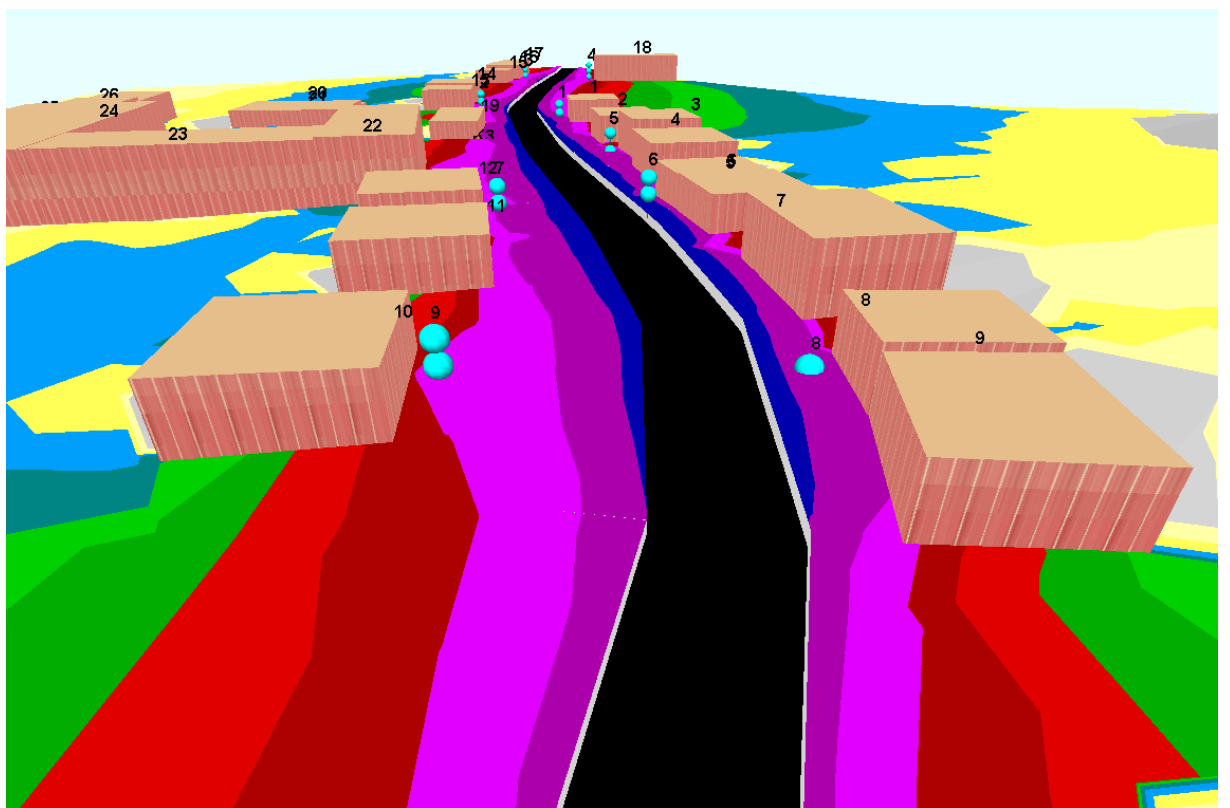
Číslo referen. bodu	výška [m]	Vypočtená ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,8h}$ [dB]
		doprava
1	3	60,2
1	5	60,2
2	3	58,6
2	5	58,6
3	3	58,4
3	5	58,4
4	3	57,8
4	5	57,8
4	7	57,4
5	2	59,9
5	5	59,5
6	3	62,7
6	5	62,4
7	3	59,4
7	5	59,4
8	2	60,7
9	3	57,3
9	5	57,3

Poznámka: Referenční bod č. 1 označený modrou barvou, ukazuje vypočítanou hodnotu, kde se provádělo měření. Referenční bod č. 1, 6 a č. 8 označení červenou barvou ukazuje překročení hygienického limitu

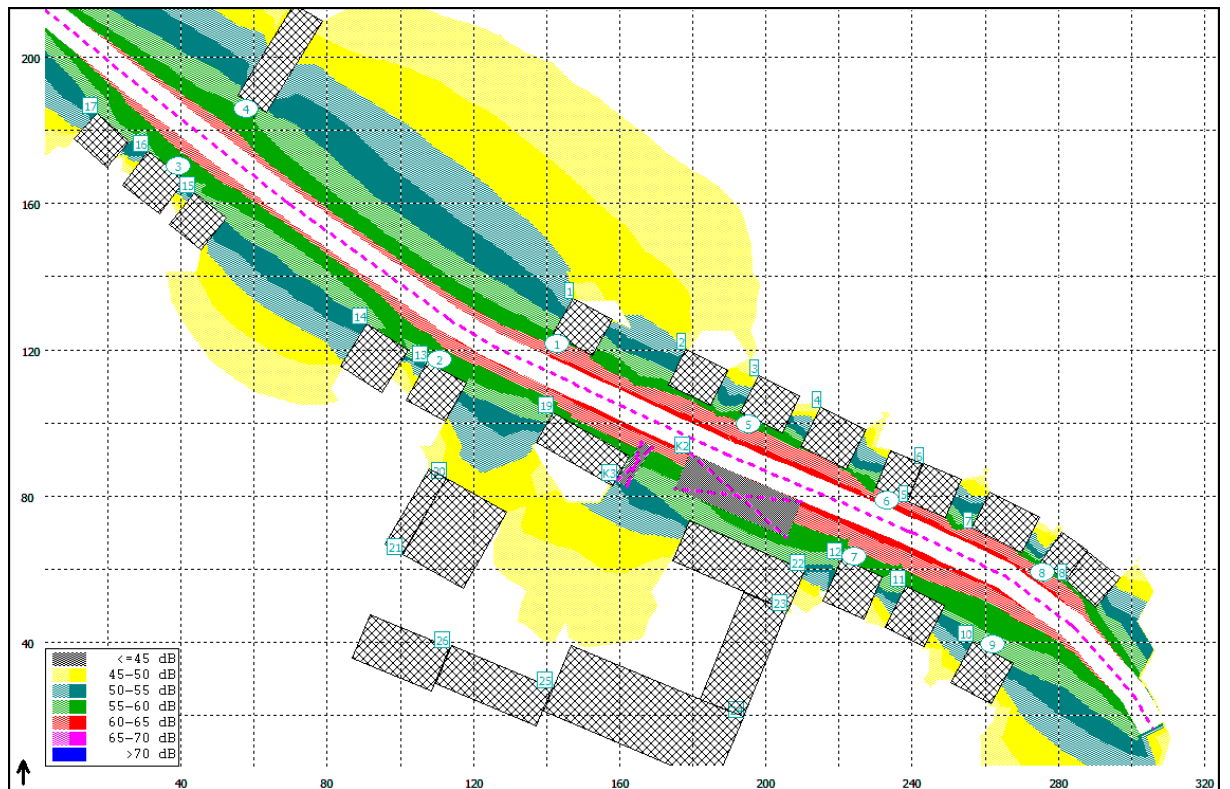
Z výsledků uvedených v tabulce je patrné, že hygienický limit pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích je splněn skoro ve všech referenčních bodech. Hygienický limit pro hluk z dopravy není splněn v RB č.1,6 a č.8.



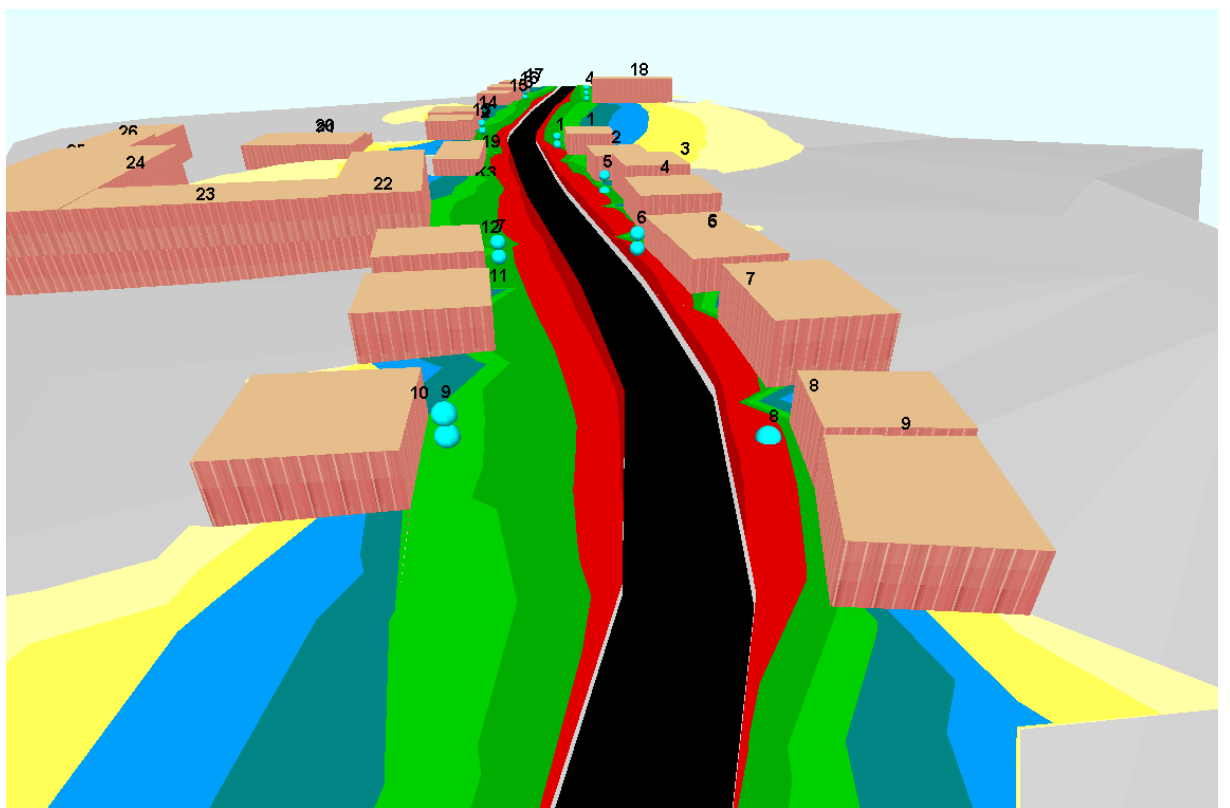
Obr. 29 Zobrazení izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy denní doba



Obr. 30 Zobrazení v 3D izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy denní doba



Obr. 31 Zobrazení izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy noční doba



Obr. 32 Zobrazení v 3D izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy noční doba

## 10 VÝSLEDKY A DISKUZE

### 10.1 Porovnání naměřených hodnot s imisními limity

#### Imisní limity pro DEN a NOC:

Hygienický limit se stanoví podle §11 odst. (4) nařízení vlády č. 148/2006 Sb., jako součet základní hladiny  $L_{Aeq,T}$  50 dB a korekcí, přihlížejících k místním podmínkám, denní a noční době.

denní doba 6:00 - 22:00hod.

**denní doba** korekce +20 dB, pro starou hlukovou zátěž z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. (ve výpočtových bodech má rozhodující vliv komunikace II/490)

**limit,  $L_{Aeq, 16h} = 70$  dB**, hodnotí se celých 16 hodin

noční doba 22:00 - 06:00hod.

**noční doba** korekce - 10 dB, pro noční dobu a korekce + 20 dB, pro starou hlukovou zátěž z dopravy na pozemních komunikacích a drahách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. (ve výpočtových bodech má rozhodující vliv komunikace II/490)

**limit,  $L_{Aeq, 8h} = 60$  dB**, hodnotí se celých 8 hodin

Tab. 9 Souhrn naměřených  $L_{Aeq,16hod.}$  za dobu měření pro DEN

sobota			pondělí			středa			Poznámky
den	$L_{Aeq,16hod.}$	doprava/16hod.	den	$L_{Aeq,16hod.}$	doprava/16hod.	den	$L_{Aeq,16hod.}$	doprava/16hod.	
26.6.	<b>66,7</b>	6853	28.6.	<b>69,3</b>	10679	16.6.	<b>69,6</b>	10818	
10.7.	<b>65,7</b>	5874	19.7.	<b>69,6</b>	10885	30.6.	<b>69,0</b>	10602	
20.8.	<b>66,7</b>	7996	26.7.	<b>69,2</b>	9975	21.7.	<b>70,0</b>	10584	
16.10.	<b>67,0</b>	5885	9.8.	<b>69,4</b>	10324	28.7.	<b>68,8</b>	10799	
23.10.	<b>66,7</b>	5686	16.8. <sup>2)</sup>	<b>70,0</b>	10635	11.8.	<b>69,0</b>	11029	<sup>2)</sup> 13:00 - 17:00 déšť
27.11.	<b>66,2</b>	4870	25.10. <sup>2)</sup>	<b>72,4</b>	10375	18.8.	<b>69,5</b>	10884	<sup>2)</sup> celý den déšť
4.12.	<b>64,3</b>	3596	15.11.	<b>69,2</b>	10473	8.9. <sup>3)</sup>	<b>69,4</b>	10528	<sup>3)</sup> 19:00 - 22:00 déšť
11.12. <sup>1)</sup>	<b>67,8</b>	3960	29.11. <sup>2)</sup>	<b>70,3</b>	9006	22.9.	<b>69,8</b>	10940	<sup>1)</sup> sněžení mokrá silnice, <sup>2)</sup> 6:00 - 17:30 sněžení
29.1.	<b>64,7</b>	3680	6.12. <sup>2)</sup>	<b>69,5</b>	8227	13.10.	<b>69,4</b>	10386	<sup>2)</sup> sněhová pokrývka
19.2.	<b>65,6</b>	4157	10.1. <sup>2)</sup>	<b>69,4</b>	7993	20.10.	<b>69,5</b>	10858	<sup>2)</sup> 20:33 - 22:00 déšť celý den mokrá silnice
26.2.	<b>65,4</b>	4210	17.1.	<b>69,7</b>	8556	17.11. <sup>3)</sup>	<b>67,6</b>	6351	<sup>3)</sup> státní svátek
30.4.	<b>66,4</b>	4973	14.2.	<b>69,3</b>	7725	23.11. <sup>3)</sup>	<b>71,2</b>	10430	<sup>3)</sup> 12:00 - 18:00 sněžení
			21.2.	<b>69,9</b>	8263	8.12.	<b>69,8</b>	9071	
			7.3.	<b>69,1</b>	8902	12.1. <sup>3)</sup>	<b>69,2</b>	8460	<sup>3)</sup> 6:00-7:00 déšť do - 12:00 mokrá cesta
			11.4.	<b>69,4</b>	9520	19.1. <sup>3)</sup>	<b>70,2</b>	8314	<sup>3)</sup> 6:33-8:00 déšť do 10:00 mokrá cesta
			18.4.	<b>69,5</b>	10436	16.2.	<b>68,2</b>	8131	
						23.2.	<b>69,7</b>	8520	
						9.3.	<b>69,1</b>	8600	
						30.3.	<b>69,2</b>	9453	
						20.4.	<b>69,4</b>	10528	
						27.4. <sup>3)</sup>	<b>69,7</b>	9893	<sup>3)</sup> 20:33 - 22:00 déšť
průměr	<b>66,2 ± 1</b>	<b>5145 ± 1359</b>	průměr	<b>69,8 ± 0,8</b>	<b>9498 ± 1100</b>	průměr	<b>69,5 ± 0,6</b>	<b>9941 ± 1034</b>	

Tab. 10 Souhrn naměřených  $L_{Aeq,8hod}$  za dobu měření pro NOC

sobota			pondělí			středa			Poznámky
noc	$L_{Aeq,8hod}$	doprava/8hod.	noc	$L_{Aeq,8hod}$	doprava/8hod.	noc	$L_{Aeq,8hod}$	doprava/8hod.	
26.6.	<b>60,5</b>	605	28.6.	<b>61,2</b>	652	16.6.	<b>61,8</b>	708	
10.7.	<b>59,6</b>	481	19.7.	<b>62,2</b>	703	30.6.	<b>62,0</b>	701	
20.8.	<b>59,1</b>	481	26.7.	<b>61,4</b>	685	21.7.	<b>61,6</b>	711	
16.10.	<b>59,7</b>	559	9.8.	<b>60,8</b>	648	28.7.	<b>61,4</b>	707	
23.10.	<b>59,1</b>	438	16.8.	<b>61,3</b>	668	11.8.	<b>62,0</b>	703	
27.11.	<b>60,7</b>	546	25.10. <sup>2)</sup>	<b>62,9</b>	683	18.8.	<b>60,8</b>	643	<sup>2)</sup> celou noc déšť
4.12.	<b>57,3</b>	333	15.11.	<b>61,0</b>	632	8.9. <sup>2)</sup>	<b>61,4</b>	674	<sup>3)</sup> 22:00 - 05:00 déšť
11.12. <sup>1)</sup>	<b>61,2</b>	439	29.11.	<b>61,4</b>	604	22.9.	<b>62,1</b>	703	<sup>1)</sup> sněžení mokrá silnice
29.1.	<b>59</b>	413	6.12.	<b>61,7</b>	521	13.10.	<b>62,3</b>	636	
19.2.	<b>58,8</b>	286	10.1. <sup>2)</sup>	<b>61,7</b>	604	20.10.	<b>61,2</b>	658	<sup>2)</sup> 22:00 - 5:00 déšť mokrá silnice
26.2.	<b>58,6</b>	417	17.1.	<b>62,1</b>	484	17.11. <sup>3)</sup>	<b>59,6</b>	476	<sup>3)</sup> státní svátek
30.4.	<b>59,4</b>	466	14.2.	<b>60,5</b>	558	23.11.	<b>61,6</b>	682	
			21.2.	<b>60,9</b>	454	8.12.	<b>61,3</b>	547	
			7.3.	<b>61,6</b>	573	12.1. <sup>3)</sup>	<b>61,7</b>	555	<sup>3)</sup> 3:00 - 06:00 déšť
			11.4.	<b>61,1</b>	618	19.1.	<b>60,6</b>	467	
			17.1.	<b>62,1</b>	484	16.2.	<b>60,5</b>	333	
						23.2.	<b>62,0</b>	527	
						9.3.	<b>61,9</b>	567	
						30.3.	<b>61,4</b>	686	
						20.4.	<b>61,8</b>	681	
						27.4. <sup>3)</sup>	<b>63,6</b>	787	<sup>3)</sup> 22:00 - 06:00 mokrá cesta
průměr	<b>59,5 ± 1</b>	<b>455 ± 91</b>	průměr	<b>61,5 ± 0,6</b>	<b>607 ± 73</b>	průměr	<b>61,7 ± 0,7</b>	<b>634 ± 106</b>	Jedná se o logaritmický průměr ± směrodatná odchylka

Poznámka: Hodnoty ze 17.11. 2010 kdy byl státní svátek se nezapočítávali do logaritmického průměru.

#### Denní doba:

Pro měřicí den **sobota** bylo provedeno 12 měření. Ve všech měřeních byl imisní limit pro  $L_{Aeq,16}$  splněn s dostatečnou rezervou. Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 64,3 do 67,8 dB. Pro měřicí den v **pondělí** bylo provedeno 16 měření. Ve 13 měřeních byl imisní limit pro  $L_{Aeq,16}$  splněn. Ve 3 měřeních nebyl splněn imisní limit pro  $L_{Aeq,16}$  z důvodu deště a sněžení. Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 69,1 do 72,4 dB. Pro měřicí den ve **středu** bylo provedeno 21 měření. V 18 měřeních byl imisní limit pro  $L_{Aeq,16}$  splněn. Ve 3 měřeních nebyl splněn imisní limit pro  $L_{Aeq,16}$  z důvodu deště a sněžení. Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 67,6 do 71,2 dB.

#### Noční doba:

Pro měřicí den **sobota** bylo provedeno 12 měření. V 9 měřeních byl imisní limit pro  $L_{Aeq,8}$  splněn. Ve 3 měřeních nebyl splněn imisní limit, z důvodu počasí a zvýšené intenzity dopravy. Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 57,3 do 61,2 dB. Pro měřicí den v **pondělí** bylo provedeno 16 měření. Ve všech 16 měřeních nebyl splněn imisní limit pro  $L_{Aeq,8}$ . Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 60,5 do 62,9 dB. Pro měřicí den ve **středu** bylo provedeno 21 měření. V 1 případě (státní svátek) byl imisní limit pro  $L_{Aeq,8}$  splněn. Ve zbývajících 20 měřeních nebyl splněn imisní limit pro  $L_{Aeq,8}$  z důvodu zvýšení intenzity dopravy, deště a sněžení. Naměřené hodnoty byly v rozsahu od 59,6 do 63,6 dB.

Dle metodického návodu [17] při měření hluku z dopravy na veřejných komunikacích se přednostně volí pracovní dny úterý až čtvrtek. Z tab. č. 9 a 10 se prokázalo že měření provedená v sobotu vychází v průměru o 3,2 dB pro den a o 2,2 dB pro noc nižší než měření provedená ve středu. Správnost tohoto doporučení se prokázala. Měření provedená v pondělí vychází v průměru pro den o 0,3 dB vyšší a pro noc o 0,2 dB nižší. V pondělí byly naměřeny shodné výsledky jako ve středu a pro tento případ se doporučení nepotvrdilo.

## 10.2 Porovnání hodnot s doporučenou dobou měření a kdy se nedoporučuje měřit

Tab. 11 Naměřené hodnoty ve středu

DEN					NOC				
středa				Poznámky	středa				Poznámky
kdy je doporučeno měřit		kdy není dopor. měřit			kdy je doporučeno měřit		kdy není dopor. měřit		
den	$L_{Aeq,16hod.}$	den	$L_{Aeq,16hod.}$		noc	$L_{Aeq,8hod.}$	noc	$L_{Aeq,8hod.}$	
20.4.	<b>69,4</b>	21.7.	<b>70,0</b>		20.4.	<b>61,8</b>	21.7.	<b>61,6</b>	
27.4. <sup>3)</sup>	<b>69,7</b>	28.7.	<b>68,8</b>	<sup>3)</sup> 20:33 -22:00 déšť	27.4. <sup>3)</sup>	<b>63,6</b>	28.7.	<b>61,4</b>	<sup>3)</sup> 22:00 -06:00 mokrá cesta
16.6.	<b>69,6</b>	11.8.	<b>69,0</b>		16.6.	<b>61,8</b>	11.8.	<b>62,0</b>	
30.6.	<b>69,0</b>	18.8.	<b>69,5</b>		30.6.	<b>62,0</b>	18.8.	<b>60,8</b>	
8.9. <sup>3)</sup>	<b>69,4</b>	17.11. <sup>4)</sup>	<b>67,6</b>	<sup>3)</sup> 19:00 - 22:00 déšť, <sup>4)</sup> Státní svátek	8.9. <sup>3)</sup>	<b>61,4</b>	17.11. <sup>4)</sup>	<b>59,6</b>	<sup>3)</sup> 22:00 - 05:00 mokrá cesta <sup>4)</sup> Státní svátek
22.9.	<b>69,8</b>	23.11. <sup>4)</sup>	<b>71,2</b>	<sup>4)</sup> 12:00-18:00 sněžení	22.9.	<b>62,1</b>	23.11.	<b>61,6</b>	<sup>3)</sup> 22:00 - 05:00 mokrá cesta
13.10.	<b>69,4</b>	8.12.	<b>69,8</b>		13.10.	<b>62,3</b>	8.12.	<b>61,3</b>	
20.10.	<b>69,5</b>	12.1. <sup>3)</sup>	<b>69,2</b>	<sup>3)</sup> 6:00-7:00 déšť do - 12:00 mokrá cesta	20.10.	<b>61,2</b>	12.1. <sup>3)</sup>	<b>61,7</b>	<sup>3)</sup> 3:00 - 06:00 déšť
		19.1. <sup>3)</sup>	<b>70,2</b>	<sup>3)</sup> 6:33-8:00 déšť do 10:00 mokrá cesta			19.1.	<b>60,6</b>	
		16.2.	<b>68,2</b>				16.2.	<b>60,5</b>	
		23.2.	<b>69,7</b>				23.2.	<b>62,0</b>	
		9.3.	<b>69,1</b>				9.3.	<b>61,9</b>	
		30.3.	<b>69,2</b>				30.3.	<b>61,4</b>	
průměr	<b>69,5 ± 0,3</b>	průměr	<b>69,6 ± 0,6</b>	Jedná se logaritmičkový průměr ± směrodatná odchylka	průměr	<b>61,9 ± 0,4</b>	průměr	<b>61,4 ± 0,5</b>	Jedná se o logaritmičkový průměr ± směrodatná odchylka



Poznámka: Byly průměrovány pouze hodnoty za podmínek, kdy lze měření provádět.

Denní doba:

Pro měřicí den **středa** bylo v období (duben – červen a září až říjen) provedeno 8 měření s průměrnou hodnotou  $69,5 \pm 0,3$  dB a v období (červenec, srpen a listopad až březen) bylo provedeno 13 měření s průměrnou hodnotou  $69,6 \pm 0,6$  dB.

Noční doba:

Pro měřicí den středa bylo v období (duben – červen a září až říjen) provedeno 8 měření s průměrnou hodnotou  $61,9 \pm 0,4$  dB a v období (červenec, srpen a listopad až březen) bylo provedeno 13 měření s průměrnou hodnotou  $61,4 \pm 0,5$  dB.

Dle metodického návodu [17] při měření hluku z dopravy na veřejných komunikacích se přednostně volí období (duben až červen a září, říjen). Měření provedená ve středu v období (duben – červen a září až říjen) vychází v průměru o 0,1 dB nižší pro den a o 0,5 dB vyšší pro noc než měření provedená ve středu v období (červenec, srpen a listopad až březen). V období (duben – červen a září až říjen) byly naměřeny shodné výsledky jako v období (červenec, srpen a listopad až březen) pro tento případ se doporučení nepotvrdilo.

## 10.3 Porovnání hodnot v závislosti na počasí

Tab. 12 Naměřené hodnoty v  $L_{Aeq}$  pro pondělí a ve středu pro Den

DEN								Poznámky
pondělí		pondělí		středa		středa		
den	$L_{Aeq,16hod.}$	den	$L_{Aeq,16hod.}$	den	$L_{Aeq,16hod.}$	den	$L_{Aeq,16hod.}$	
28.6.	<b>69,3</b>	16.8. <sup>2)</sup>	<b>70,0</b>	16.6.	<b>69,6</b>	8.9. <sup>3)</sup>	<b>69,4</b>	<sup>2)</sup> 13:00 - 17:00 déšť, <sup>3)</sup> 19:00 - 22:00 déšť
19.7.	<b>69,6</b>	25.10. <sup>2)</sup>	<b>72,4</b>	30.6.	<b>69,0</b>	23.11. <sup>3)</sup>	<b>71,2</b>	<sup>2)</sup> celý den déšť, <sup>3)</sup> 12:00 - 18:00 sněžení
26.7.	<b>69,2</b>	29.11. <sup>2)</sup>	<b>70,3</b>	21.7.	<b>70,0</b>	12.1. <sup>3)</sup>	<b>69,2</b>	<sup>2)</sup> 6:00 - 17:30 sněžení, <sup>3)</sup> 6:00-7:00 déšť do - 12:00 mokrá cesta
9.8.	<b>69,4</b>	6.12. <sup>2)</sup>	<b>69,5</b>	28.7.	<b>68,8</b>	19.1. <sup>3)</sup>	<b>70,2</b>	<sup>2)</sup> sněhová pokrývka, <sup>3)</sup> 6:33-8:00 déšť do 10:00 mokrá cesta
15.11.	<b>69,2</b>	10.1. <sup>2)</sup>	<b>69,4</b>	11.8.	<b>69,0</b>	27.4. <sup>3)</sup>	<b>69,7</b>	<sup>2)</sup> 20:33 - 22:00 déšť celý den mokrá silnice, <sup>3)</sup> 20:33 - 22:00 déšť
17.1.	<b>69,7</b>			18.8.	<b>69,5</b>			
14.2.	<b>69,3</b>			22.9.	<b>69,8</b>			
21.2.	<b>69,9</b>			13.10.	<b>69,4</b>			
7.3.	<b>69,1</b>			20.10.	<b>69,5</b>			
11.4.	<b>69,4</b>			8.12.	<b>69,8</b>			
18.4.	<b>69,5</b>			16.2.	<b>68,2</b>			
				23.2.	<b>69,7</b>			
				9.3.	<b>69,1</b>			
				30.3.	<b>69,2</b>			
				20.4.	<b>69,4</b>			
průměr	<b>69,4 ± 0,2</b>	průměr	<b>70,5 ± 1,2</b>	průměr	<b>69,4 ± 0,5</b>	průměr	<b>70,0 ± 0,8</b>	Jedná se o logaritmický průměr ± směrodatná odchylka

Denní doba:

Pro měření při povětrnostních podmínkách kdy lze měřit byla naměřena průměrná hodnota  $69,4 \pm 0,2$  dB pro pondělí a  $69,4 \pm 0,5$  pro středu a při povětrnostních podmínkách kdy nelze měřit byla naměřena průměrná hodnota  $70,5 \pm 1,2$  dB pro pondělí a  $70,0 \pm 0,8$  pro středu. Z těchto měření vyplývá, že se projeví některé dny, kdy při dlouho trvajícím dešti byla naměřena  $L_{Aeq,T}$  o 2 dB vyšší než je průměrná hodnota.

Dle metodického návodu [17] při měření hluku z dopravy na veřejných komunikacích nelze měření provádět za nepříznivých povětrnostních podmínek (déšť, sníh, rychlost větru nad 5 m/s). Prokázalo se zvýšení ekvivalentní hladiny akustického tlaku.

### 10.4 Porovnání s naměřenými hodnotami a vypočtenými pomocí programu HLUK+ 9 profi.

Tab. 13 Porovnání naměřených a vypočtených hodnot

DEN				NOC			
středa				středa			
kdy je doporučeno měřit		hodnota z Hluk+ 9 profi		kdy je doporučeno měřit		hodnota z Hluk+9 profi	
den	$L_{Aeq,16hod.}$	den	$L_{Aeq,16hod.}$	noc	$L_{Aeq,8hod.}$	noc	$L_{Aeq,8hod.}$
20.4.	<b>69,4</b>	68,5		20.4.	<b>61,8</b>	60,2	
16.6.	<b>69,6</b>			16.6.	<b>61,8</b>		
30.6.	<b>69,0</b>			30.6.	<b>62,0</b>		
22.9.	<b>69,8</b>			22.9.	<b>62,1</b>		
13.10.	<b>69,4</b>			13.10.	<b>62,3</b>		
20.10.	<b>69,5</b>			20.10.	<b>61,2</b>		
průměr	<b>69,5 ± 0,3</b>	průměr	<b>68,5</b>	průměr	<b>61,9 ± 0,4</b>	průměr	<b>60,2</b>

Potvrdilo se, že rozdíl mezi naměřenými hodnotami a vypočtenou hodnotou byl rozdíl pro den 1,0 dB a pro noc 1,7 dB, což je v souladu ve výpočtovém programu, kde se uvádí, že rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou < 2 dB.

## 10.5 Porovnání doby měření v závislosti na intenzitě dopravy za 24 hod. pro technickou třídu přesnosti.

Tab. 14 Data měření v noční době

NOC		den						
hodina		16.6.	30.6.	22.9.	13.10.	20.10.	20.4.	
		$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$	
22:00-23:00		62,9	61,7	61,6	62,3	61,4	61,6	
23:00-24:00		58,7	58,5	60,2	59,9	59,3	59,1	
24:00-01:00		58,7	58,9	60,6	58,6	55,9	56,9	
01:00-02:00		56,1	57,0	55,4	55,8	56,2	54,6	
02:00-03:00		55,5	56,7	55,2	59,9	56,5	56,9	
03:00-04:00		58,1	59,1	59,0	57,4	57,6	58,2	
04:00-05:00		62,7	63,5	62,6	63,5	61,8	61,8	
05:00-06:00		67,3	67,5	67,7	67,7	66,9	68,0	
Doba měření		Porovnání $L_{Aeq}$ s dobou měření						
<b>22:00-02:00</b>	průměr	$L_{Aeq,4h}$	<b>59,8±2,8</b>	<b>59,4±1,9</b>	<b>60,0±2,8</b>	<b>59,8±2,7</b>	<b>58,8±2,7</b>	<b>58,8±3,0</b>
<b>22:00-24:00, 4:00-6:00</b>	průměr	$L_{Aeq,4h}$	<b>63,9±3,5</b>	<b>64,0±3,8</b>	<b>64,1±3,3</b>	<b>64,3±3,3</b>	<b>63,3±3,2</b>	<b>64,0±3,8</b>
<b>22:00-06:00</b>	průměr	$L_{Aeq,8h}$	<b>61,8±4,0</b>	<b>62,0±3,7</b>	<b>62,1±4,0</b>	<b>62,3±3,8</b>	<b>61,2±3,8</b>	<b>61,8±4,2</b>

Porovnání bylo provedeno pro noční dobu ve dnech, které doporučuje metodický návod. Pro počet projíždějících vozidel 2401-12000 je doporučeno měřit 2 x 120 min. a to od 22:00-24:00 a od 00:00 – 06:00. Provedli jsme porovnání pro dva případy:

První případ 22:00 – 02:00.

Druhý případ 22:00 – 24:00 a 04:00 – 06:00.

Oba případy splňují požadavek pro technickou třídu přesnosti, ale ukazuje se, že rozdíl mezi těmito měřeními je až 5,2 dB. Z toho vyplývá, že výběr 4 hodin v průběhu noci není vhodný a přesnější je měření celých 8 hod. Vysvětlujeme si to tím, že zejména v době od 5 do 6 hodin je nárůst především nákladních automobilů, kdy naměřené ekvivalentní hladiny akustické tlaku byly v rozmezí 66,9 dB až 68,0 dB.

## ZÁVĚR

Z naměřených hodnot vyplynulo. Pro denní dobu není významný rozdíl, jestli se měřilo v pondělí a nebo ve středu. Nebyl výrazný rozdíl mezi jednotlivými měsíci v roce, pokud klimatické podmínky splňovaly požadavky metodického návodu.

Měřením se potvrdilo, že nelze měření provádět za deště a sněžení. V důsledku zvýšení hluku při odvalování pneumatik na mokré vozovce.

Měření bylo provedeno v oboustranné zástavbě kolem komunikace, za tohoto stavu neexistovala souvislá sněhová pokrývka.

Měření v sobotu prokázalo snížení ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Což bylo způsobeno výrazným snížením nákladních automobilů a částečně i osobních automobilů.

Pro noční dobu platí zcela obdobné závěry jako pro denní dobu.

Srovnání naměřených výsledku s hygienickým limitem pro denní a noční dobu.

Denní doba hygienický limit pro starou hlukovou zátěž  $L_{Aeq,16} = 70$  dB.

Sobota – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,16} = 66,2 \pm 1,0$  dB hygienický limit byl prokazatelně dodržen.

Pondělí – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,16} = 69,8 \pm 0,8$  dB hygienický limit byl v mezích nejistoty měření.

Středa – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,16} = 69,5 \pm 0,6$  dB hygienický limit byl v mezích nejistoty měření.

Noční doba hygienický limit pro starou hlukovou zátěž  $L_{Aeq,8} = 60$  dB.

Sobota – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,8} = 59,5 \pm 1,0$  dB hygienický limit byl v mezích nejistoty měření.

Pondělí – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,8} = 61,5 \pm 0,6$  dB hygienický limit byl prokazatelně překročen.

Středa – průměrná hodnota ze všech měření  $L_{Aeq,8} = 61,7 \pm 0,7$  dB hygienický limit byl prokazatelně překročen.

Při srovnání naměřených hodnot z měření, která byla provedena v souladu s metodikou měření a s výsledky provedenými výpočtem programem HLUK+ verze 9 profi.,( do pro-

gramu byly vloženy průměrné hodnoty vozidel ve stejných dnech jak bylo prováděno měření). Výsledkem byla velmi dobrá shoda mezi naměřenými a vypočtenými ekvivalentními hladinami akustického tlaku.

Dále jsme provedli srovnání měření podle výběru dob měření, podle technické třídy přesnosti. Došel jsem k závěru, že tato měření jsou zatížena větší chybou než prováděné celonoční měření. Z těchto měření vyplynulo, že měření v noční době je vhodnější provádět po celých 8 hod. než ve zkrácených intervalech.

Tento závěr nelze zcela zobecnit, protože bude záviset na hustotě provozu a třídy komunikace. Aby bylo možné provést toto zobecnění, bylo by vhodné provést další zkoumání na silnicích různých tříd.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SMETANA, C. *Měření hluku a chvění*. první. Praha : Nakladatelství technické literatury,n.p., Spálená, Praha 1, 1974. 211 s. ISBN 04-526-74.
- [2] NOVÝ, R.. *Hluk a otřesy*. 2. přepracované. České vysoké učení technické v Praze : Vydavatelství ČVUT, Praha 1 Husova 5, 1980. 190 s. ISBN 57-700-80.
- [3] NOVÝ, R.: *Hluk a chvění*. Skriptum ČVUT Praha, 1995, 389 s.
- [4] SOBOTOVÁ, L; JURKOVIČOVÁ, J; ŠEVČÍKOVÁ, L; ÁGHOVÁ, L. Specific Effects of Traffic Noise on Human Organism. *Život. Prostr.*, Vol. 42, No. 4, p. 185 – 188, 2008.
- [5] JAKOVLJEVIC, B; BELOJEVIC, G; PAUNOVIC, K; STOJANOV, V. Road Traffic Noise and Sleep Disturbances in an Urban Population: Cross-sectional Study. *Croatian Medical Journal* 47, 2006, 125-133.
- [6] FYHRI, A; AASVANG, GM. Noise, Sleep and Poor Health: Modeling the Relationship Between Road Traffic Noise and Cardiovascular Problems. *Science of the Total Environment* 408, 2010, 4935-4942.
- [7] VAVERKA, J; KOZEL, V; LÁDYŠ, L; IBERKO; M. CHYBÍK, J;: *Stavební fyzika 1: urbanistická, stavební a prostorová akustika*. Skriptum VUT Brno, 1998, 343 s.
- [8] MIŠUN, V. *Vibrace a hluk*. první. Fakulta strojní VUT v Brně, Technická 2 : PC-DIR Real, s.r.o., Brno, Technická 2, 1998. 177 s. ISBN 80-214-1262-3.
- [9] ROZMAN, J. *Životní prostředí*. druhé přepracované. Vysoké učení technické v Brně: Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1987. 150 s.
- [10] Základní pojmy a veličiny v akustice. In *Enviromentální fyzika* [online]. Ústav fyziky a materiálového inženýrství : [s.n.], 2009 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_02.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf)>.
- [11] Decibelové veličiny, v akustice kmitočtová pásma. In *Enviromentální fyzika* [online]. Ústav fyziky a materiálového inženýrství : [s.n.], 2009 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_03.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf)>.

- [12] Pohlcování zvuku, šíření zvuku ve volném a uzavřeném prostoru. In *Enviromentální fyzika* [online]. Ústav fyziky a materiálového inženýrství : [s.n.], 2009 [cit. 2011-01-26]. Dostupné z WWW: <[http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_04.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_04.pdf)>.
- [13] JIŘÍČEK, O. *Úvod do akustiky*. první. Zikova 4, 16636 Praha 6 : České vysoké učení technické v Praze, 2002. 146 s
- [14] ČSN EN 61672-1. *Elektroakustika - Zvukoměry - Část 1: Technické požadavky*. Praha: Český normalizační institut, listopad 2003. 36 s.
- [15] SMETANA, C. a kol.: *Hluk a vibrace, měření a hodnocení*. Sdělovací technika Praha, 1998, 188 s. ISBN 80-901936-2-5
- [16] ČSN EN 60942. *Elektroakustika - Akustické kalibrátory*. 3. vydání. Praha : Český normalizační institut, 2004. 84 s.
- [17] MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ – HLAVNÍ HYGIENIK ČESKÉ REPUBLIKY. *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí*. Praha, 11.12.2001. Č.j. HEM-300-11.12.01-34065.
- [18] ČSN ISO 1996-1. *Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku v prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 28 s.
- [19] ČSN ISO 1996-2. *Akustika – Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 40 s.
- [20] *Příloha zpravodaje ministerstva životního prostředí : Novela Metodiky pro výpočet hluku ze silniční dopravy*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, březen 1996. 14 s.
- [21] LÁDYŠ, L. *Hlukové mapy v ČR*. In *Doprava a hluk – zapojení občanů, Praha 19 – 20. května 2005*. Sborník [online]. 2005 [cit. 2011-01-26]. Dostupné na WWW:[www.sospraha.cz/doprava/seminar05/soubory/hlukove-mapy-Ladys.doc](http://www.sospraha.cz/doprava/seminar05/soubory/hlukove-mapy-Ladys.doc)
- [22] ŠLACHTOVÁ, H; MICHALÍK, J; VOLF, O. Zpráva o zpracování Strategické hlukové mapy ČR. In *Strategická hluková mapa ČR* [online]. Ostrava : Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě, 29.12.2007 [cit. 2011-03-11]. Dostupné z WWW:



- <<http://www.mzcr.cz/Soubor.ashx?souborID=7207&typ=application/pdf&nazev=Zpr%C3%A1va%20o%20zpracov%C3%A1n%C3%AD%20Strategick%C3%A9%20hlukov%C3%A9%20mapy%20C4%8CR.pdf>>.
- [23] EU. Directive 2002/49/EC of the European parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. In *Official Journal of the European Communities*. 2002, 189, s. 12-25. Dostupný také z WWW: <<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:EN:PDF>>.
- [24] *Ministerstvo zdravotnictví ČR* [online]. 2007 [cit. 2011-03-11]. Silniční hlukové mapy. Dostupné z WWW: <[http://hlukovemapy.mzcr.cz/image.aspx?obr=Mapy/Silnice/ZL\\_Ldvn/ZL8.png](http://hlukovemapy.mzcr.cz/image.aspx?obr=Mapy/Silnice/ZL_Ldvn/ZL8.png)>.
- [25] 523 vyhláška ze dne 21. listopadu 2006 Kterou se stanoví mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky a obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky účasti veřejnosti na jejich přípravě (vyhláška o hlukovém mapování). In *Sbírka zákonů České Republiky*. 30.11.2006, částka 168, s. 7114-7144.
- [26] RAPANT, P. *Úvod do geografických informačních systémů* [online]. Ostrava : VŠB - TU, 2002 [cit. 2011-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://gisak.vsb.cz/livecd/texty/UGIS.pdf>>.
- [27] LIBERKO, M; POLÁŠEK, J; VLASÁK, E. Výpočet hluku ve venkovním prostředí verze 9. In *Hluk+* [online]. prosinec 2010 [cit. 2011-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.hlukplus.cz/manual/hluk910.pdf>>.
- [28] ARANA, M; MARTN, SAN. R; MARTIN, SAN. ML; ARAMENDIA, E. Strategic Noise Map of a Major Road Carried out with Two Environmental Prediction Software Packages. *Environmental Monitoring and Assessment* 163, 2010, 503-513.
- [29] CHO, DS; KIM, JH; MANVELL,D. Noise Mapping Using Measured Noise and GPS Data. *Applied Acoustics* 68, 2007, 1054-1061.

- [30] NAŘÍZENÍ VLÁDY ze dne 15. března 2006 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In *Sbírka zákonů*. 21.dubna 2006, 2006, 51, 148/2006, s. 1842-1854
- [31] *Ministerstvo zdravotnictví ČR* [online]. 2010-15-11 [cit. 2011-03-08]. Novela nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Dostupné z WWW: <[http://www.mzcr.cz/dokumenty/novela-narizeni-vlady-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci\\_4391\\_1.html](http://www.mzcr.cz/dokumenty/novela-narizeni-vlady-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci_4391_1.html)>.
- [32] ČSN ISO 9612. *Akustika-Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí*. Praha : Český normalizační institut, 2000. 28 s.
- [33] *Mapy.cz* [online]. 2005 [cit. 2011-04-14]. *Mapy.cz*. Dostupné z WWW: <[http://www.mapy.cz/#q=fry%C5%A1t%C3%A1k&x=17.707861&y=49.282095&z=12&d=muni\\_3058\\_0\\_1](http://www.mapy.cz/#q=fry%C5%A1t%C3%A1k&x=17.707861&y=49.282095&z=12&d=muni_3058_0_1)>.
- [34] *Český úřad zeměměřický a katastrální* [online]. 01.04.2011 [cit. 2011-04-13]. Nahlížení do KN. Dostupné z WWW: <<http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČSN Česká technická norma

MZd Ministerstvo zdravotnictví

MŽp Ministerstvo životního prostředí

$L_{Aeq,T}$  Ekvivalentní hladina akustického tlaku A během časového intervalu T [dB]

$L_{Aeq,16h}$  Ekvivalentní hladina akustického tlaku A během časového intervalu 16 h [dB]

$L_{Aeq,8h}$  Ekvivalentní hladina akustického tlaku A během časového intervalu 8 h [dB]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Šíření zvuku od zdroje [10]</i> .....	17
<i>Obr. 2 Průběh akustického tlaku [10]</i> .....	18
<i>Obr. 3 oktávové pásmo[10]</i> .....	24
<i>Obr. 4 třetinooktávové pásmo [10]</i> .....	25
<i>Obr. 5 Příklad časového průběhu hladiny akustického tlaku A [11]</i> .....	27
<i>Obr. 6 Energetická bilance při dopadu zvukové vlny na stěnu [12]</i> .....	28
<i>Obr. 7 Blokové schéma zvukoměru[13]</i> .....	31
<i>Obr. 8 Kondenzátorový mikrofon[13]</i> .....	31
<i>Obr. 9 Strategická hluková mapa Zlína v měřítku 1:10 000 [24]</i> .....	38
<i>Obr. 10 Zvukoměr HD 2110</i> .....	46
<i>Obr. 11 Kondenzátorový mikrofon</i> .....	47
<i>Obr. 12 Kalibrátor HD 2020</i> .....	48
<i>Obr. 13 Mapa umístění měření</i> .....	50
<i>Obr. 14 Detail místa měření</i> .....	50
<i>Obr. 15 Detail umístění mikrofonu</i> .....	51
<i>Obr. 16 Stavový řádek</i> .....	53
<i>Obr. 17 Vytvoření komunikace</i> .....	53
<i>Obr. 18 Vkládání intenzity, třída komunikace a rychlost dopravy</i> .....	53
<i>Obr. 19 Rodinný dům s č.p. 287</i> <i>Obr. 20 Rodinný dům s č.p. 271</i> .....	61
<i>Obr. 21 Rodinný dům s č.p. 273</i> <i>Obr. 22 Rodinný dům s č.p. 218</i> .....	61
<i>Obr. 23 Rodinný dům s č.p. 316</i> <i>Obr. 24 Rodinný dům s č.p. 253</i> .....	62
<i>Obr. 25 Objekt k bydlení s č.p. 243</i> <i>Obr. 26 Rodinný dům s č.p. 204</i> .....	62
<i>Obr. 27 Rodinný dům s č.p. 270</i> .....	62
<i>Obr. 28 Celková situace umístění referenčních bodů</i> .....	63
<i>Obr. 29 Zobrazení izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy denní doba</i> .....	66
<i>Obr. 30 Zobrazení v 3D izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy denní doba</i> .....	66
<i>Obr. 31 Zobrazení izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy noční doba</i> .....	67
<i>Obr. 32 Zobrazení v 3D izofon ve výšce 2 m – hluk z dopravy noční doba</i> .....	67

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Běžná třída přesnosti (přehledové měření).....</i>	35
<i>Tab. 2 Technická třída přesnosti .....</i>	35
<i>Tab. 3 hlukové korekce v chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru .....</i>	42
<i>Tab. 4 Přehled meteorologických podmínek v místě měření .....</i>	55
<i>Tab. 5 Ukázka intenzity dopravy s naměřenou <math>L_{Aeq,T}</math> ze dne 15-16. 6. 2010.....</i>	56
<i>Tab. 6 Přehled intenzity dopravy s výslednou hodnotou pro den <math>L_{Aeq,16h}</math> a pro noc <math>L_{Aeq,8h}</math> .....</i>	57
<i>Tab. 7 hlukové zatížení chráněných objektů, denní doba .....</i>	64
<i>Tab. 8 hlukové zatížení chráněných objektů, noční doba .....</i>	65
<i>Tab. 9 Souhrn naměřených <math>L_{Aeq,16hod.}</math> za dobu měření pro DEN .....</i>	69
<i>Tab. 10 Souhrn naměřených <math>L_{Aeq,8hod}</math> za dobu měření pro NOC .....</i>	70
<i>Tab. 11 Naměřené hodnoty ve středu .....</i>	72
<i>Tab. 12 Naměřené hodnoty v <math>L_{Aeq}</math> pro pondělí a ve středu pro Den .....</i>	74
<i>Tab. 13 Porovnání naměřených a vypočtených hodnot .....</i>	75
<i>Tab. 14 Data měření v noční době.....</i>	76

## EVIDENČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Sigla</b> (místo uložení diplomové práce)	Ústřední knihovna UTB ve Zlíně
<b>Název diplomové práce</b>	Analýza hluku v silniční dopravě
<b>Autor diplomové práce</b>	Bc. Radek Šilhák
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Martin Vašina, Ph.D.
<b>Vysoká škola</b>	Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
<b>Adresa vysoké školy</b>	nám. T. G. Masaryka 5555, 760 01 Zlín
<b>Fakulta</b> (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Fakulta technologická, nám. T. G. Masaryka 275, 762 72 Zlín
<b>Katedra</b> (adresa, pokud je jiná než adresa VŠ)	Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
<b>Rok obhájení DP</b>	2011
<b>Počet stran</b>	85
<b>Počet svazků</b>	3
<b>Vybavení (obrázky, tabulky...)</b>	obrázků 32, tabulek 14
<b>Klíčová slova</b>	hluk, doprava, zvukoměr HD 2110, $L_{Aeq,T}$ , imisní limity, hluková studie, HLUK+ verze 9 profi.