

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Lukáš Hunal

NÁVRH PROTIHLUKOVÝCH OPATŘENÍ V OBCI
SLAVNÍČ

Bakalářská práce

2014



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K612..... Ústav dopravních systémů

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Lukáš Hunal

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – DOS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Návrh protihlukových opatření v obci Slavnič**

Název tématu (anglicky): Designing a Noise Abatement Measures in the Village
Slavnič

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Popis lokality
- Charakteristika širších územních a dopravních vztahů
- Výběr vhodných lokalit pro měření hluku z dopravy
- Měření hluku v terénu
- Vyhodnocení získaných dat
- Srovnání naměřených dat s hodnotami získanými výpočtem podle platné metodiky
- Vyhodnocení dat v kontextu platné legislativy
- Návrh vhodných protihlukových opatření

- Rozsah grafických prací: stanoví vedoucí bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Nařízení vlády 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
Ládyš, L., Liberko, M.: Výpočet hluku z automobilové dopravy, manuál RSD ČR, 2011
TP 104 Protihlukové clony pozemních komunikací. Praha. Ministerstvo dopravy.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Kristýna Nebergová, Ph.D.**
Ing. Libor Ládyš

Datum zadání bakalářské práce: **28. června 2013**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2014**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Lukáš Hunal
jméno a podpis studenta

V Praze dne 28. června 2013

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Kristýně Neubergové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení, ochotu a čas, kterými přispěla k vypracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Liboru Ládyšovi za poskytnuté rady z oblasti hluku ze silniční dopravy. Velké dík patří i mým rodičům, kteří mě podporovali během celého studia.

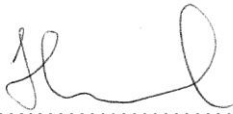
ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

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

V Praze dne 17. srpna 2014



.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

NÁVRH PROTIHLUKOVÝCH OPATŘENÍ V OBCI SLAVNÍČ

bakalářská práce

srpen 2014

Lukáš Hunal

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh vhodných protihlukových opatření v obci Slavníč, která se nachází jihozápadně od Havlíčkova Brodu u dálnice D1. V úvodní části této práce je seznámení se základními pojmy a legislativou v oblasti dopravního hluku. Jsou zde shrnuty důležité paragrafy ze zákona a nařízení vlády. Následuje popis lokality. Dále práce obsahuje vlastní měření hluku, vyhodnocení naměřených dat, srovnání těchto dat s výpočtem dle platné metodiky. Na samotném závěru bakalářské práce je uvedeno vyhodnocení dat dle platných zákonů a nařízení vlády a návrh protihlukových opatření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Protihluková opatření

Slavníč

Hluk

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of Transportation Sciences

DESIGNING A NOISE ABATEMENT MEASURES IN THE VILLAGE SLAVNÍČ

bachelor thesis

august 2014

Lukáš Hunal

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis is designing a convenient noise abatement measures in the village Slavníč, which is located south-west of Havlíčkův Brod by the motorway D1. In the introductory part of this thesis is explanation of the basic terms and the legislation in the area of the traffic noise. There are summed up important paragraphs from the law and a government order. Furthermore, this thesis describes the locality. Farther, this thesis contains the own measurement of noise, the evaluation of recorded figures, the comparison of these figures with the calculation according to a hold method. At the very end of this bachelor thesis is the evaluation of figures according to hold laws and a government order and designing a noise abatement measures.

KEY WORDS

Noise abatement measures

Slavníč

Noise

OBSAH

1.	Úvod	- 8 -
2.	Hluk ze silniční dopravy	- 9 -
2.1.	Základní pojmy	- 9 -
3.	Platná legislativa v ČR	- 11 -
3.1.	Zákon č. 258/2000 Sb.....	- 11 -
3.2.	Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. – limity hluku.....	- 13 -
4.	Popis lokality	- 14 -
5.	Charakteristika širších územních a dopravních vztahů	- 15 -
5.1.	Mapa širších vztahů.....	- 15 -
5.2.	Mapa dopravních vztahů	- 16 -
5.3.	Významné dopravní proudy	- 17 -
6.	Výběr vhodných lokalit pro měření hluku z dopravy	- 20 -
7.	Měření hluku v terénu	- 21 -
7.1.	Odpolední měření hluku.....	- 22 -
7.1.1.	Naměřené hodnoty.....	- 23 -
7.1.1.1.	Naměřené hodnoty z hlukoměru	- 23 -
7.1.1.2.	Intenzita a skladba dopravního proudu	- 23 -
7.1.1.3.	Naměřené rychlosti	- 24 -
7.2.	Noční měření hluku	- 25 -
7.2.1	Naměřené hodnoty	- 25 -
7.2.1.1.	Naměřené hodnoty z hlukoměru.....	- 25 -
7.2.1.2.	Intenzita a skladba dopravního proudu.....	- 25 -
7.2.1.3.	Naměřené rychlosti.....	- 26 -
8.	Vyhodnocení získaných dat	- 27 -
8.1.	Odpolední měření	- 27 -

8.2. Noční měření	- 28 -
9. Srovnání naměřených dat s hodnotami získanými výpočtem podle platné metodiky	- 28 -
9.1. Algoritmus výpočtu L_{Aeq} v imisním bodě	- 28 -
9.2. Vlastní výpočet L_{Aeg} v imisním bodě	- 36 -
9.2.1. Odpolední měření	- 38 -
9.2.2. Noční měření	- 39 -
9.3. Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot podle platné metodiky	- 40 -
10. Vyhodnocení dat v kontextu platné legislativy	- 41 -
10.1. Odpolední měření	- 41 -
10.2. Noční měření	- 42 -
11. Boj samotné obce proti nadměrnému hluku	- 43 -
12. Návrh vhodných protihlukových opatření	- 44 -
12.1. Možné oblasti redukce hluku	- 44 -
12.2. Protihlukové clony	- 45 -
12.3. Vlastní návrh opatření	- 46 -
13. Závěr	- 48 -
14. Použité zdroje	- 50 -
15. Seznam obrázků	- 52 -
16. Seznam tabulek	- 53 -

1. Úvod

Jakýkoliv hluk, tedy i hluk ze silniční dopravy je zvuk, který člověka obtěžuje a ruší. Dlouhodobé působení hlukové zátěže může způsobit poruchy sluchu a řadu dalších onemocnění, kterými jsou stresy, změny krevního tlaku. Hluk škodí nejen člověku, ale má nepříznivý dopad i na samotné životní prostředí. Jedná se zejména o nadměrný hluk, který překračuje zákonem stanovené limity jak ve dne, tak i v noci. S rozvojem dopravy je nyní často řešeným problémem. Největší podíl hluku je vytvářen lidskou činností. Silniční doprava generuje až 90% hluku. Nejvýznamněji přispívá doprava nákladní. Mnoho lidí, bydlících blízko dopravou velmi zatížených komunikací, si stěžuje na nepříznivé podmínky pro jejich životy dané právě nesnesitelným hlukem ze silniční dopravy. Z tohoto důvodu se budují různá opatření, jejichž úkolem je snížit hladinu akustického tlaku na hodnoty, které splňují zmíněné limity. Problematiku působení nadměrného hluku na prostředí a člověka je nutné analyzovat a účinně řešit. Považuji za velmi důležité chránit lidský sluch každého člověka a zmírnit dopad nepříznivých účinků hluku na životní prostředí. Proto jsem si jako téma své bakalářské práce zvolil Návrh protihlukových opatření v obci Slavnič. Zde je situace podle místních zcela nepříznivá.

Cílem bakalářské práce je zjištění akustické situace v obci Slavnič nedaleko Havlíčkova Brodu, vyhodnocení naměřených dat, srovnání naměřených hodnot s přípustnými limity hluku. Následně porovnání hodnot s výpočtem dle platné metodiky a vlastní návrh vhodného protihlukového opatření.

2. Hluk ze silniční dopravy

2.1. Základní pojmy

Zvuk

Zvuk je fyzikální veličina. Je to mechanické vlnění, které se šíří od svého zdroje ve vlnoplochách. Zvuk se šíří všemi směry a libovolným prostředím. Přiřazujeme mu fázovou rychlost, která je závislá na vlastnostech prostředí. Rozpohybování molekul vzduchu je spojeno s přenosem energie.

Hluk

Hluk je jakýkoliv zvuk, který subjektu působí nepříjemný vjem. Jedná se pouze o pojem. Nadměrný hluk je potom hluk, který překračuje povolené limity. Hodnoty hluku se vyjadřují takzvanou ekvivalentní hladinou akustického tlaku A .

Imise

Jedná se o dopad akustické energie do místa příjmu (do imisního bodu).

Emise

Emisí se rozumí vyzáření akustické energie ze zdroje hluku.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A [dB]- $L_{Aeq,T}$

Ekvivalentní hladina akustického tlaku je střední hodnota akustického tlaku v daném časovém období T . Lze jí vyčíslit jako hladinu časového integrálu intenzity zvuku děleného délkou časového intervalu.[1]

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]$$

t_1 počáteční čas [s]

t_2 koncový čas [s]

$t_2 - t_1$ časový interval T [s]

P_A hladina okamžitého akustického tlaku v daném bodě [Pa]

P_0 referenční akustický tlak [Pa]= $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Hodnoty L_{Aeq} lze zjistit jak měřením, tak i výpočtem. U komunikací, které jsou již v provozu, se L_{Aeq} zjišťuje měřením i výpočtem. Pro výhledové studie se hodnoty L_{Aeq} zajistí výpočtovým modelem. Pro porovnání naměřených a vypočítaných hodnot se musí zohlednit korekce útlumů při výpočtech L_{Aeq} v době měření. Ve výpočtu hodnot L_{Aeq} se pracuje s údaji z celostátního sčítání dopravy a s dopravními průzkumy, stvořenými pro danou problematiku. Pokud se pro získání podkladů o dopravě použijí speciálně provedené průzkumy, postupuje se podle Technických podmínek TP 189. Jestliže se použijí dokumenty z celostátního sčítání dopravy, postupuje se dle TP 219.

Hluk ze silniční dopravy závisí na:

- skladbě dopravního proudu
- rychlosti dopravního proudu
- intenzitě dopravy
- plynulosti dopravy
- charakteru vozovky a jeho podélném sklonu
- meteorologických podmínkách
- odrazech a stíněních
- charakteru okolní zástavby a terénu

3. Platná legislativa v ČR

Hluk z dopravy se řídí zákonem č. 258/2000 Sb. a nařízením vlády č. 272/2011 Sb.

3.1. Zákon č. 258/2000 Sb.

Jedná se o zákon o ochraně veřejného zdraví. O hluku z dopravy pojednávají čtyři paragrafy v šestém dílu zákona.

Díl 6 – Ochrana před hlukem, vibracemi a neionizujícím zářením

§ 30

(1) Osoba, která používá, popřípadě provozuje stroje a zařízení, které jsou zdrojem hluku nebo vibrací, provozovatel letiště, vlastník, popřípadě správce pozemní komunikace, vlastník dráhy a provozovatel dalších objektů, jejichž provozem vzniká hluk, jsou povinni technickými, organizačními a dalšími opatřeními v rozsahu stanoveném tímto zákonem a prováděcím právním předpisem zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb a aby bylo zabráněno nadlimitnímu přenosu vibrací na fyzické osoby.

(2) Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.

(3) Chráněným venkovním prostorem se rozumí nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou lesních a zemědělských pozemků a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do 2 m okolo bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb.

§ 31

(1) Pokud při používání, popřípadě provozu zdroje hluku nebo vibrací, s výjimkou letišť, nelze z vážných důvodů hygienické limity dodržet, může osoba zdroj hluku nebo vibrací provozovat jen na základě povolení vydaného na návrh této osoby příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví. Orgán ochrany veřejného zdraví časově omezené povolení vydá, jestliže osoba prokáže, že hluk nebo vibrace budou omezeny na rozumně dosažitelnou míru.

Rozumně dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi náklady na protihluková nebo antivibrační opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové nebo vibrační zátěže fyzických osob stanovený i s ohledem na počet fyzických osob exponovaných nadlimitnímu hluku nebo vibracím. Toto povolení se nevydává, pokud je jeho vydání nahrazeno postupem v řízení o vydání integrovaného povolení podle zákona o integrované prevenci a omezení znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci).

§ 32a

Měření hluku v životním prostředí člověka podle tohoto zákona může provádět pouze držitel osvědčení o akreditaci nebo držitel autorizace podle § 83c.

§ 33

V chráněných vnitřních prostorech nesmějí být instalovány stroje a zařízení o základním kmitočtu od 4 do 8 Hz. Osoba může instalovat takový stroj nebo zařízení v okolí bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, jakož i funkčně obdobných staveb, jen pokud na základě studie o přenosu vibrací příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví prokáže, že nedojde k nadlimitnímu přenosu vibrací na fyzické osoby v těchto stavbách.

§ 34

- (1) Prováděcí právní předpis upraví hygienické limity hluku a vibrací pro denní a noční dobu, způsob jejich měření a hodnocení.
- (2) Noční dobou se pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem a vibracemi rozumí doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou.[2]

3.2. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. – limity hluku

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. pojednává o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

§ 12 – Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru.

(1) Hodnoty hluku se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$). Pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích se ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ stanoví pro celou denní ($L_{Aeq,16h}$) a celou noční dobu ($L_{Aeq,8h}$).[3]

(3) Základní limitní hladina je 50 dB ± korekce, v noci 40 dB.

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

Tabulka 1: Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v chráněném venkovním prostoru a v chráněných venkovních prostorech staveb [3]

Použití korekcí:

- 1) Pro hluk z provozu stacionárních zdrojů, hluk na účelových komunikacích, hluk z vlakotvorných prací.
- 2) Pro hluk z dopravy na silnicích III. třídy a místních komunikacích III. třídy.

3) Pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních komunikacích, pro hluk na drahách v ochranném pásmu dráhy.

4) Tato korekce se použije v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích. Pokud dojde k rekonstrukci komunikace, tak se může zachovat stejná hodnota hluku jako u původní komunikace. Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, rekonstrukci železničních drah.

Starou hlukovou zátěží se rozumí zdroj hluku, který vznikl před 1. lednem 2001 z dopravy.

4. Popis lokality

Vesnice Slavníč se nachází v kraji Vysočina patnáct kilometrů jihozápadně od Havlíčkova Brodu. Obcí s rozšířenou působností je Havlíčkův Brod. Katastrální výměra činí 2,13 km². Orná půda zabírá z této výměry pouhých 36 %. Jednu třetinu katastru tvoří lesy a louky. V obci žije okolo 60 obyvatel a je zde evidováno 113 adres. Vývoj počtu obyvatel klesal až do roku 2001. Slavníč se nachází v nadmořské výšce 544 metrů nad mořem. První dochovaná písemná zmínka o Slavníči pochází z listiny papeže Honorio z roku 1226. Za starších dob se Slavníči říkalo Slawani.



Obrázek 1: Mapa obce Slavníč [15]

5. Charakteristika širších územních a dopravních vztahů

5.1. Mapa širších vztahů



Obrázek 2: Mapa širších vztahů [8] (zdroj: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Slavn%C3%AD%C4%8D>)











Obrázek 3: Mapa širších územních vztahů [9] (zdroj: <http://mapy.cz/#!x=15.452617&y=49.513283&z=13>)

5.2. Mapa dopravních vztahů



LEGENDA

-  hranice okresu
-  hranice řešeného území
-  Dálnice D1
-  silnice I. třídy
-  silnice II. třídy
-  železnice
-  ochranné pásmo nadregionálního koridoru
-  VTL a VVTL plynovod

Obrázek 4: Mapa širších dopravních vztahů [16]

5.3. Významné dopravní proudy

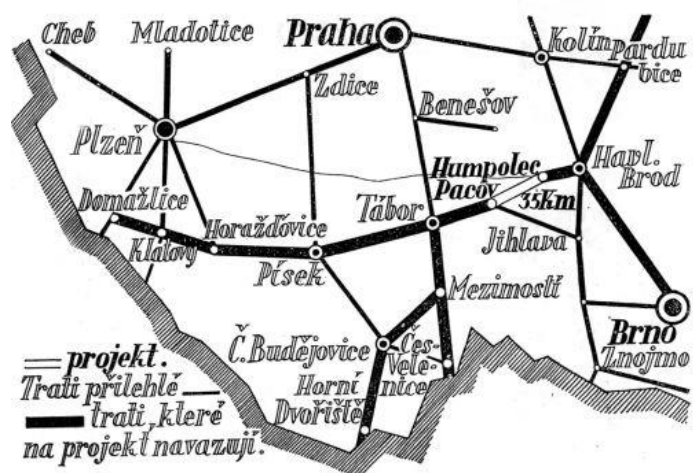
Slavníč obklopují významné dopravní tahy. Je to nejvýznamnější dálnice České republiky D1, dále železniční tah Humpolec- Havlíčkův Brod a silnice I. a II. třídy.

Dálnice D1 je nejstarší a zároveň nejdelší dálnicí v České republice. Její historie se datuje do 30. let 20. století. Spojuje tři významná velkoměsta. Jsou jimi Praha, Brno a Ostrava. Úsek z Prahy do Brna je nejvytíženějším úsekem České republiky. Dálnice je dlouhá 376, 49775 km.



Obrázek 5: Schematické znázornění dálnice D1 [8] (zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C3%A1lnice_D1)

Železniční trať Havlíčkův Brod- Humpolec se započala stavět 17. července 1893 a stavba byla dokončena a zprovozněna roku 1894. Veřejná doprava zde byla zahájena 1. září 1894. Trať spojila město Humpolec, které bylo v té době jedno z nejprůmyslovějších center západní Vysočiny, na již existující trať Rakouské severozápadní dráhy. Několik generací se později snažilo prodloužit železniční trať až na Pacov. Železniční trať nese číslo 237. Jedná se o jednokolejnou trať regionálního rozsahu s normálním rozchodem 1435 mm. Délka trati činí 25,2 km a maximální rychlosti, které lze na trati dosáhnout je 50 km·hod⁻¹.



Obrázek 6: Schematické znázornění železniční trati Humpolec- Havl. Brod [10]

Železniční zastávka v obci Slavníč je poněkud zastaralá a nmoderní. Nicméně je pro tak malou vesničku postačující.



Obrázek 7: Železniční zastávka Slavníč [10]

Slavníč obklopuje několik silnic I. a II. třídy. Mezi silnice I. třídy patří komunikace I/34, která leží severozápadně od Slavníče a spojuje Humpolec a Havlíčkův Brod. Dále je to silnice I/38,

kteřá vede východně od Slavniče a je důležitým spojením Havlíčkova Brodu a Jihlavy. Mezi komunikace II. třídy patří silnice II/348, která kopíruje ze severu dálnici D1 od Humpolce po Polnou a v Měříně se napojuje na již zmíněnou dálnici D1. Komunikace II/523 ležící jižně od Slavniče propojuje Humpolec s Jihlavou a silnice II/131 vedoucí od Opatova přes Větrný Jeníkov a napojující se u Petrovic na silnici II/348.

Tyto významné a lidmi používané dopravní tahy mají za důsledek nadměrný hluk v obci Slavnič. Nejvýznamnějším zdrojem nežádoucího zvuku je dálnice D1. Hluk samozřejmě brání rozvoji obce a obtěžuje obyvatele obce. Na pozemcích, určených pro výstavbu parcel rodinných domků, se nemůže stavět. Dále emise z automobilové a železniční dopravy znečišťují jak samotnou obec, tak její okolí a přilehlé lesy. Slavnič je rájem chatařů, kterých je tu bezmála 200. Jelikož jsou první obytné domy vzdálené od dálnice 90 metrů, bylo by vhodné, provést zde patřičná opatření za účelem snížení hladiny akustického tlaku.



Obrázek 8: Vzdálenost prvního obytného domu od dálnice D1 [9] (zdroj: <http://mapy.cz/#!x=15.453658&y=49.516796&z=16&l=15>)

6. Výběr vhodných lokalit pro měření hluku z dopravy

Pro měření byl vybrán jeden měřicí bod. Tento bod byl zvolen u nejbližšího obytného domu ve vzdálenosti 90 metrů od dálnice D1 a 7,5 metru od osy nejbližšího jízdního pruhu přílehlé komunikace č. 3483. Mikrofon pro měření hluku byl umístěn 2 metry od fasády prvního obytného domu a ve výšce 3 metry (pomocí prodlužovacího kabelu), kde se přibližně vyskytují okna domu. Zvukoměr byl nasměrován vůči dálnici D1. Zvolen byl pouze jeden bod měření, protože u tohoto bodu se nejvíce projeví nadměrný hluk. Akustickou situaci nejvíce ovlivní dálnice D1.



Obrázek 9: Schéma umístění měřicího bodu [9] (zdroj: <http://mapy.cz/#!x=15.453658&y=49.516796&z=16&l=15>)

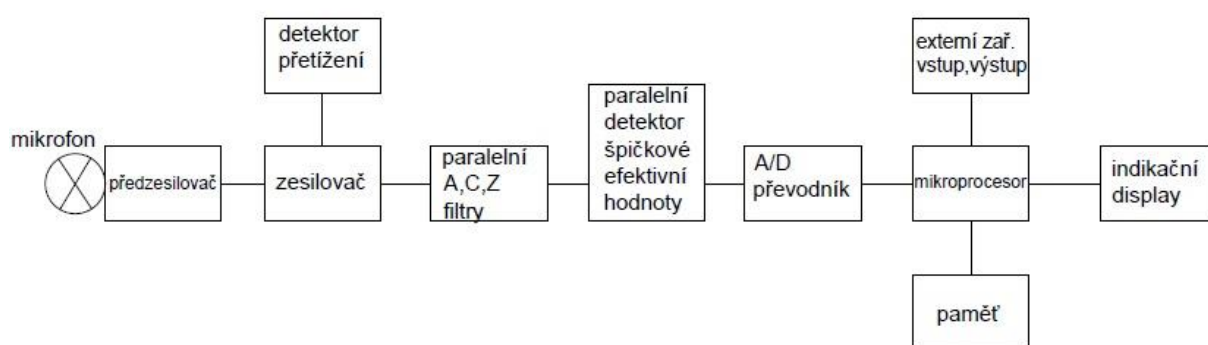
7. Měření hluku v terénu

Bylo zvoleno dvojí měření a to měření odpolední (16:00-18:00) a měření v nočních hodinách (22:00-04:00). Jednalo se o měření liniového zdroje hluku (proudu vozidel) proměnného charakteru.

Pro zaznamenání hluku byl použit hlukoměr značky Norsonic 140.



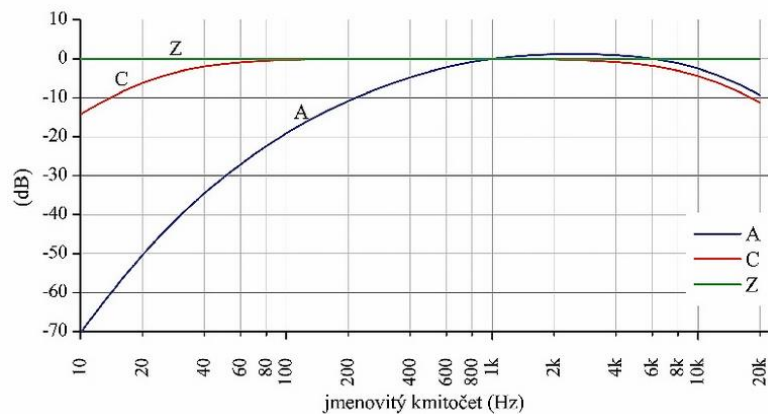
Obrázek 10: Obrázek hlukoměru značky Norsonic 140 [11]



Obrázek 11: Blokové schéma zvukoměru [12]

Mikrofon je akusticko- mechanicko- elektrický převodník. Akustický signál rozechvěje mechanický systém (membránu), jejíž pohyb zaznamenává elektrostatický měnič.

Paralelní A, C, Z filtry jsou takzvané váhové funkce. Filtr A odpovídá frekvenční závislosti lidského ucha a odpovídá převrácené křivce stejné hlasitosti v oblasti nízkých hladin akustického tlaku. Filtr C odpovídá převrácené křivce stejné hlasitosti v oblasti vysokých hladin akustického tlaku. Filtr Z je filtr bez korekcí (dříve označován jako lineární).



Obrázek 12: Grafické znázornění filtrů A, C, Z [13]

7.1. Odpolední měření hluku

Ve čtvrtek 12.12.2013 proběhlo odpolední měření hluku, které začalo v 16:12 a skončilo v 18:22. Jednalo se o tzv. běžný pracovní den (úterý, středa, čtvrtek). Povrch komunikací byl suchý.

Po zapnutí přístroje proběhla jeho kalibrace a byl nasazen ochranný kryt proti větru. Byl použit kalibrátor o kmitočtu 1000 Hz.



Obrázek 13: Kalibrátor k hlukoměru značky Norsonic 140 [14] (zdroj: <http://www.bksv.com/Products/transducers/acoustic/calibrators/4231?src=fnt>)

Odpolední měření probíhalo po dobu dvou hodin a deseti minut. Doba měření byla stanovena na 2 hodiny, ale pro pořádek bylo na hlukoměru navoleno o deset minut navíc v důsledku

rezerv pro náhlé vypnutí přístroje a počáteční a koncovou manipulaci s přístrojem. Na přístroji byl nastaven sekundový záznam, datum a čas. Teplota vzduchu naměřená venkovním teploměrem dosahovala 1°C, bylo zataženo a rychlost větru dosahovala po celé měření do $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. V 16:30 se setmělo. Po celou dobu měření byl kontrolován dostatečný odstup mezi mikrofonem zvukoměru a předměty, které by mohly odrážet zvukové vlny. Také byla kontrolována volnost šíření zvukových vln od zdroje k mikrofonu. Tým měřičů byl vzdálen přibližně 3 metry za měřícím mikrofonem. Celé měření proběhlo v pořádku, přístroj se v průběhu měření nevypnul. Po měření bylo na přístroji překontrolováno nastavení a hlukoměr byl znovu kalibrován a vypnut.

7.1.1. Naměřené hodnoty

7.1.1.1. Naměřené hodnoty z hlukoměru

Hlukoměrem byly naměřeny následující hodnoty:

L_{Aeq}	ekvivalentní hladina akustického tlaku	$63,6 \pm 2$ dB
L_{max}	max. hodnota akust. tlaku v čase	$86,0 \pm 2$ dB
L_{min}	min. hodnota akust. tlaku v čase	$50,8 \pm 2$ dB

Tabulka 2: Hodnoty naměřené hlukoměrem [12]

7.1.1.2. Intenzita a skladba dopravního proudu

Při odpoledním měření byl zaznamenáván průjezd vozidel na dálnici D1 a přilehlé komunikaci č. 3483 po dobu jedné hodiny (od 16:15 – 17:15), aby bylo možné zjistit intenzitu a skladbu dopravního proudu. Průjezd vozidel byl zaznamenáván v obou směrech.

Odpolední intenzita dopravního proudu na dálnici D1 (16:15-17:15): **3800 vozidel/ hodinu**

Odpolední intenzita dopravního proudu na kom. č. 3483 (16:15-17:15): **21 vozidel/ hodinu**

Skladba dopravního proudu zjištěná z ručního sčítání vozidel (16:15-17:15):

KATEGORIE VOZIDLA	D1 (směr Jihlava)		D1 (směr Humpolec)		kom. č. 3483
	levý pruh	pravý pruh	levý pruh	pravý pruh	oba směry
	[voz/hod]				
Osobní automobily (+dodávky)	453	993	566	958	20
Nákladní automobily	9	348	11	430	1
Autobusy	1	14	2	15	0

Tabulka 3: Skladba dopravního proudu [12]

Procentuelní vyjádření skladby dopravního proudu dálnice D1 z ručního sčítání vozidel (16:15-17:15):

KATEGORIE VOZIDLA	PROC. VYJÁDŘENÍ SKLADBY DOPR. PROUDU [%]
Osobní automobily (+dodávky)	78,16%
Nákladní automobily	21,00%
Autobusy	0,84%

Tabulka 4: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu dálnice D1 [12]

Procentuelní vyjádření skladby dopravního proudu komunikace č. 3483 z ručního sčítání vozidel (16:15-17:15):

KATEGORIE VOZIDLA	PROC. VYJÁDŘENÍ SKLADBY DOPR. PROUDU [%]
Osobní automobily (+dodávky)	95,24%
Nákladní automobily	4,76%
Autobusy	0,00%

Tabulka 5: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu komunikace č. 3483 [12]

7.1.1.3. Naměřené rychlosti

Pomocí pistolového radaru RIEGL (=laser tradic speed meter, RIEGL FG21-P) byla změřena rychlost několika projíždějících vozidel na dálnici D1 v obou směrech a na přilehlé komunikaci č. 3483. Z těchto naměřených hodnot byly stanoveny průměrné rychlosti.

Průměrná rychlost vozidel:

KATEGORIE VOZIDLA	D1 (směr Jihlava)	D1 (směr Humpolec)	kom. č. 3483
	[km·h ⁻¹]		
Osobní automobily (+dodávky)	115,17	117,25	45,00
Nákladní automobily	87,10	89,20	40,00

Tabulka 6: Průměrná rychlost vozidel při odpoledním měření [12]

7.2. Noční měření hluku

Ve středu 23.4.2014 proběhlo noční měření hluku. Toto měření bylo započato ve 22:00 a skončilo v 04:00. Opět se jednalo o běžný pracovní den. Povrch komunikací byl suchý. Pro zaznamenání hluku byl použit stejný hlukoměr značky Norsonic 140 jako při měření 12.12.2013.

Po zapnutí přístroje byla provedena kalibrace a nastavení parametrů stejně jako při odpoledním měření. Noční měření se odehrávalo celkových 6 hodin. Na přístroji byl navolen sekundový záznam, datum a čas. Teplota vzduchu se pohybovala okolo 14-15 °C, bylo jasno a rychlost větru nepřesáhla 5m·s⁻¹. Noční měření proběhlo v pořádku a nevyskytly se žádné komplikace. Po měření byl přístroj zkalibrován a vypnut.

7.2.1 Naměřené hodnoty

7.2.1.1. Naměřené hodnoty z hlukoměru

Hlukoměrem byly zaznamenány následující hodnoty:

L_{Aeq}	59,4 ± 2 dB
L_{max}	74,8 ± 2 dB
L_{min}	40,4 ± 2 dB

Tabulka 7: Naměřené hodnoty hlukoměrem [12]

7.2.1.2. Intenzita a skladba dopravního proudu

I v průběhu nočního měření byl zaznamenáván na dálnici D1 a komunikaci č. 3483 průjezd vozidel z důvodu zjištění skladby a intenzity dopravního proudu. Tento průzkum intenzity a skladby byl proveden v čase od 22:00 do 23:00 pro oba směry na dálnici a na přilehlé komunikaci č. 3483 najednou.

Noční intenzita dopravního proudu (22:00-23:00): **843 vozidel/ hodinu**

Noční intenzita dopravního proudu na kom. č. 3483 (22:00-23:00): **1 vozidlo/ hodinu**

Skladba dopravního proudu zjištěná z ručního sčítání vozidel (22:00-23:00):

KATEGORIE VOZIDLA	D1 (směr Jihlava)		D1 (směr Humpolec)		kom. č. 3483
	levý pruh	pravý pruh	levý pruh	pravý pruh	oba směry
	[voz/hod]				
Osobní automobily (+dodávky)	134	85	123	178	1
Nákladní automobily	10	110	9	190	0
Autobusy	1	1	0	2	0

Tabulka 8: Skladba dopravního proudu [12]

Procentuelní vyjádření skladby dopravního proudu dálnice D1 z ručního sčítání vozidel (22:00-23:00):

KATEGORIE VOZIDLA	PROC. VYJÁDŘENÍ SKLADBY DOPR. PROUDU [%]
Osobní automobily (+dodávky)	61,68%
Nákladní automobily	37,37%
Autobusy	0,95%

Tabulka 9: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu [12]

Procentuelní vyjádření skladby dopravního proudu komunikace č. 3483 z ručního sčítání vozidel (22:00-23:00)

KATEGORIE VOZIDLA	PROC. VYJÁDŘENÍ SKLADBY DOPR. PROUDU [%]
Osobní automobily (+dodávky)	100,00%
Nákladní automobily	0,00%
Autobusy	0,00%

Tabulka 10: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu [12]

7.2.1.3. Naměřené rychlosti

Pomocí pistolového radaru RIEGL (=laser tradic speed meter, RIEGL FG21-P) byla i v průběhu nočního měření změřena rychlost několika vozidel na dálnici D1 v obou směrech a na přilehlé komunikaci č. 3483.

Průměrná rychlost vozidel:

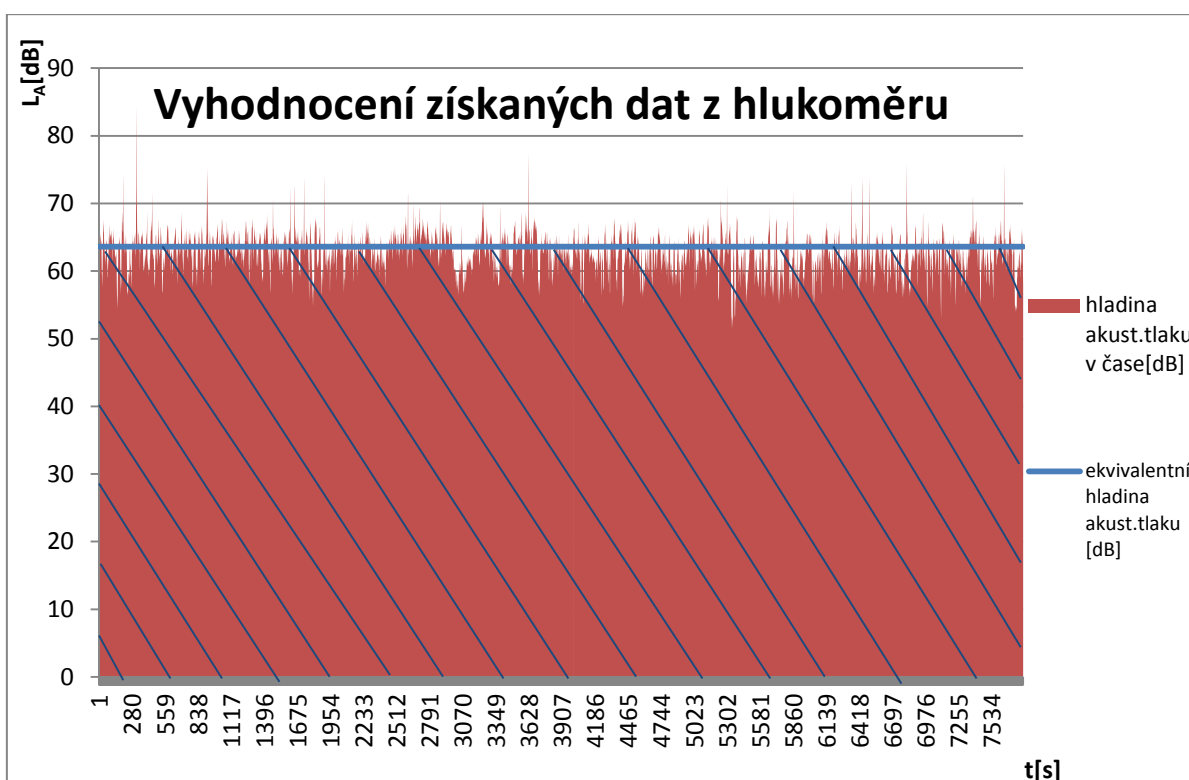
KATEGORIE VOZIDLA	dálnice D1 (směr Jihlava)	dálnice D1 (směr Humpolec)	kom. č. 3483
	[km·h ⁻¹]		
Osobní automobily (+dodávky)	119,35	118,25	50
Nákladní automobily	89,23	89,10	-

Tabulka 11: Průměrná rychlost vozidel při odpoledním měření [12]

8. Vyhodnocení získaných dat

8.1. Odpolední měření

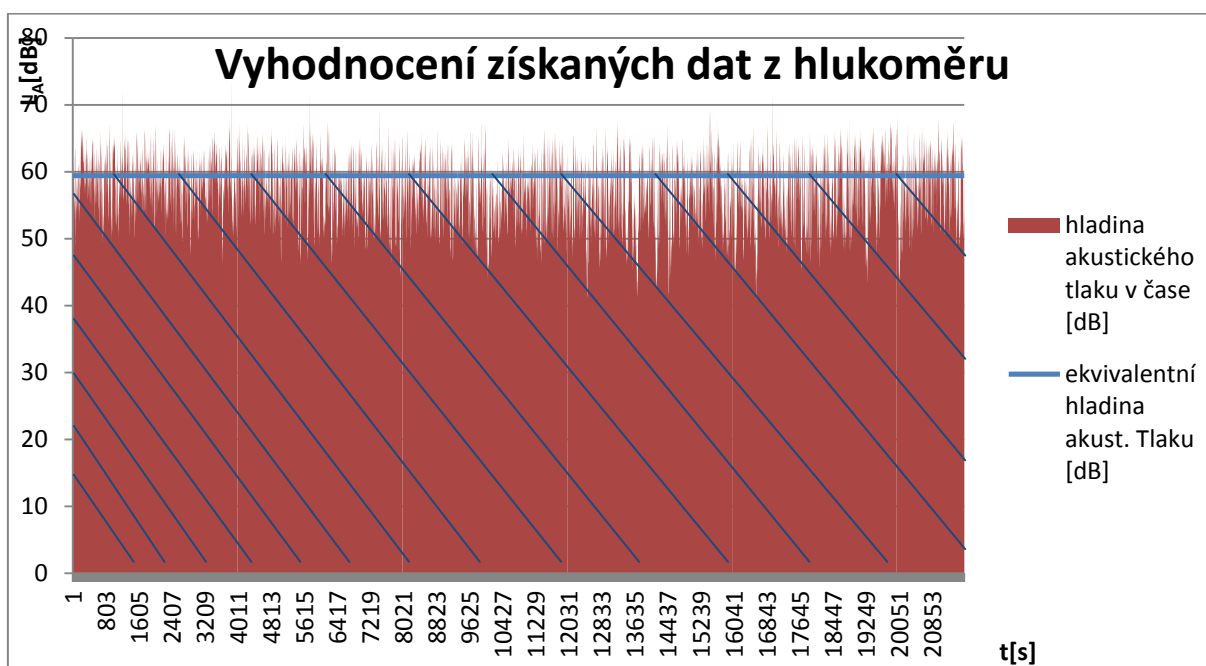
Hodnoty hladin akustického tlaku naměřené hlukoměrem značky Norsonic 140 byly přeneseny do počítače, zpracovány v programu Microsoft Excel a následně byl z hodnot pro přehlednost vytvořen graf. V grafu je vyznačena ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq} = 63,6$ dB a dále hodnoty akustického tlaku ze sekundového záznamu.



Obrázek 14: Grafické znázornění získaných dat [12]

8.2. Noční měření

Naměřené hodnoty z nočního měření hlukoměrem Norsonic 140 byly zpracovány stejně jako při odpoledním měření. V grafu je vyznačena ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq} = 59,4$ dB a hodnoty hladin akustického tlaku ve vteřinovém záznamu.



Obrázek 15: Grafické znázornění získaných dat [12]

9. Srovnání naměřených dat s hodnotami získanými výpočtem podle platné metodiky

Výpočet hluku z automobilové dopravy (Manuál 2011) vychází z algoritmu Novely metodiky výpočtu hluku silniční dopravy (2004).

9.1. Algoritmus výpočtu L_{Aeq} v imisním bodě

1. Nejprve se provede rozdělení posuzovaných komunikací do několika homogenních úseků. Dělení se provede ve změnách směrového a výškového vedení posuzované komunikace, ve stíněních, v různé pohltivosti terénu, v místech změny charakteru vozovky nebo dopravní zátěže.

2. Poté se stanoví základní a pomocná výpočtová veličina úseku:

Základní výpočtová veličina X

$$X = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \quad [1]$$

Určí se faktory F_1, F_2, F_3 .

Faktor F_1 vyjadřuje vliv rychlosti dopravního proudu a zastoupení osobních vozidel, nákladních vozidel a nákladních souprav s různými hlukovými limity v dopravním proudu na hodnoty L_{Aeq} . Faktor F_1 se vypočítá dle následujícího vzorce:

$$F_1 = n_{OAd} \cdot F_{OA}(v_{OA}) \cdot 10^{\frac{L_{OA}}{10}} + [n_{NAAd} \cdot F_{NA}(v_{NA}) + n_{NSds} \cdot F_{NA}(v_{NS})] \cdot 10^{\frac{L_{NA}}{10}} \quad [1]$$

n_{OAd} denní průměrná hodinová intenzita dopravy osobních vozidel

n_{NAAd} denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních vozidel

n_{NSds} denní průměrná hodinová intenzita dopravy nákladních souprav

$F_{OA}(v)$ funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu osobních vozidel na rychlosti dopravního proudu

$F_{OA}(v) = 3,59 \cdot 10^{-5} \cdot v^{0,8}$ pro rychlost jízdy $v \leq 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$F_{OA}(v) = 2,70 \cdot 10^{-7} \cdot v^2$ pro rychlost jízdy $v > 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$F_{NA}(v)$ funkce závislosti ekvivalentní hladiny akustického tlaku dopravního proudu nákladních vozidel na rychlosti dopravního proudu

$F_{NA}(v) = 1,50 \cdot 10^{-2} \cdot v^{-0,5}$ pro rychlost jízdy $v \leq 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

$F_{NA}(v) = 2,45 \cdot 10^{-4} \cdot v^{0,5}$ pro rychlost jízdy $v > 60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

L_{OA}/L_{NA} hladina akustického tlaku A osobních/ nákladních vozidel pro zadaný výpočtový rok, zjistí se z následující tabulky:

Praha, dálnice a rychlostní komunikace		
Výpočtový rok	Osobní vozidla	Nákladní vozidla
2012	74,2	80,3
2013	74,2	80,3
2014	74,1	80,2
2015	74,1	80,2
2016	74,1	80,2
2017	74,1	80,2
2018	74,1	80,2
2019	74,1	80,2
2020	74,1	80,2
Venkovské úseky- silnice III. třídy		
2012	74,9	81,2
2013	74,8	81,1
2014	74,8	81,0
2015	74,7	80,9
2016	74,7	80,7
2017	74,6	80,5
2018	74,6	80,3
2019	74,5	80,2
2020	74,4	80,2

Tabulka 12: Hladina akustického tlaku v dB pro osobní a nákladní vozidla [1]

Faktor F_2 je faktor, který zohledňuje podélný sklon nivelety komunikace na ekvivalentní hodnoty akustického tlaku. Tento faktor se určuje GPS měřením, ručním měřením nebo odhadem. Pro určený sklon se stanoví hodnota faktoru F_2 z následující tabulky:

Jednosměrná komunikace				Obousměrná komunikace	
Stoupající		klesající			
%	F ₂	%	F ₂	%	F ₂
s < 1	1,00	s ≤ 6	1,0	s < 1	1,00
1 ≤ s < 2	1,06	s > 6	1,0	1 ≤ s < 2	1,03
2 ≤ s < 3	1,12			2 ≤ s < 3	1,07
3 ≤ s < 4	1,19			3 ≤ s < 4	1,11
4 ≤ s < 5	1,26			4 ≤ s < 5	1,15
5 ≤ s < 6	1,33			5 ≤ s < 6	1,18
6 ≤ s < 7	1,41			6 ≤ s < 7	1,23
7 ≤ s < 8	1,50			7 ≤ s < 8	1,27
8 ≤ s < 9	1,58			8 ≤ s < 9	1,31
9 ≤ s < 10	1,68			9 ≤ s < 10	1,36
s > 10	1,78			s > 10	1,41

Tabulka 13: Hodnoty faktoru F₂ platné pro dálnice, rychlostní komunikace a silnice I. a II. třídy pro období 2010- 2015 a pro silnice III. třídy pro období 2010- 2020 [1]

Faktor F₃ zohledňuje kvalitu povrchu příslušné komunikace. Faktor F₃ se stanoví z tabulky:

Kategorie	Druh krytu	F ₃	
A	Kryt z asfaltového betonu ACO 8 (dříve ABJ)	1,0	
	Kryt z asfaltového betonu ACO 11 (dříve ABS)		
	Kryt z asfaltového betonu pro velmi tenké vrstvy BBTM 5 (dříve AKTVJ), 8 (dříve AKTJ), 11 (dříve AKTS)		
	Kryt z asfaltového koberce mastixového SMA 4, 5 (dříve AKMVJ), 8 (dříve AKMJ), 11 (dříve AKMS)		
	Litý asfalt MA 8 (dříve LAJ)		
	Kryt z asfaltového koberce drenážního PA 8, PA 11, PA16		
	b	Kryt z asfaltového koberce mastixového SMA 16 (dříve AKMH) nebo jiné koberce se zrnitostí do 11mm	1,1
		Litý asfalt MA 11 (dříve LAS)	
		Kryt z asfaltového betonu ACO 16 (dříve ABH)	
	c	Mikrokoberec prováděný za studena se zrnitostí do 8mm	1,2
d	Litý asfalt MA16 (dříve LAD nebo LAH)	1,3	
B	a	Cementobetonový kryt s úpravou povrchu pomocí tažené tkaniny CB	1,0
	b	Cementobetonový kryt s příčným zdrsňením jemným koštětem	1,1
	c	Cementobetonový kryt s příčným zdrsňením hrubým koštětem (ocelovým)	1,5
C	a	Kryt z dlažby z přírodního kamene z drobných kostek DL 80 až 120	2,0
	b	Kryt z dlažby z přírodního kamene z velkých kostek DL 140 až 160	4,0

Tabulka 14: Hodnoty koeficientu F₃ v závislosti na krytu povrchu vozovek [1]

Pomocná výpočtová veličina

$$Y = 10\lg X - 10,1 \quad [1]$$

3. Následuje stanovení základní ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v bodě L_i , který posuzujeme.

$$L_x = Y - U(+D_N) \quad [dB] \quad [1]$$

Y ... pomocná výpočtová veličina

U ... útlum šíření hluku terénem [dB]

D_N ... další útlumy, které se podílejí na výpočtu [dB]

Útlum šíření hluku terénem U [dB]

Při určování útlumu šíření hluku terénem záleží na vzdálenosti posuzovaného bodu od zdroje hluku d [m], na charakteru terénu a výšce posuzovaného bodu H [m].

Charakter terénu:

a) **odrazivý terén** (např.: asfalt, beton, vodní hladina)

- pro vzdálenost $d = (3,75; 8)$ m zdroje od pos. bodu

$$U_o = -10 \cdot \log \frac{8}{d} \quad [1]$$

- pro vzdálenost $d = \langle 8; 1000 \rangle$ m zdroje od pos. bodu

$$U_o = 50,2 - \sqrt{3357,23 - 911,8 \cdot \lg(d)} \quad [1]$$

b) **pohltivý terén** (např.: tráva, obilí, nízké zemědělské kultury)

- pro vzdálenost $d = (3,75; 8)$ m zdroje od pos. bodu a současně $H = <1,5; 10)$

$$U_p = 8,78 \cdot \log\left(\frac{H^2 + 6 \cdot H + 73}{17 \cdot H + 51}\right) - 10 \log\left(\frac{8}{d}\right) \quad [1]$$

- pro vzdálenost $d = <8; 1000>$ m zdroje od pos. bodu a současně $H = <1,5; 10)$

$$U_p = 8,78 \cdot \log\left(\frac{d^2 + H^2 + 6 \cdot H + 9}{17 \cdot H + 51}\right) \quad [1]$$

c) **smíšený terén** (pokud převládá pohltivý terén 40-60%)

- pro $H < 5$ m $\Rightarrow U_p$

Další útlumy D_N

Korekce D_U v dB

Tato korekce oproti korekci útlumu šíření hluku nad terénem zohledňuje navíc délku úseku a je dána úhlem α , pod kterým je viděna sledovaná komunikace z posuzovaného místa. Stanoví se podle následujícího vzorce:

$$D_u = -10 \lg \frac{180^\circ}{\alpha} \quad [1]$$

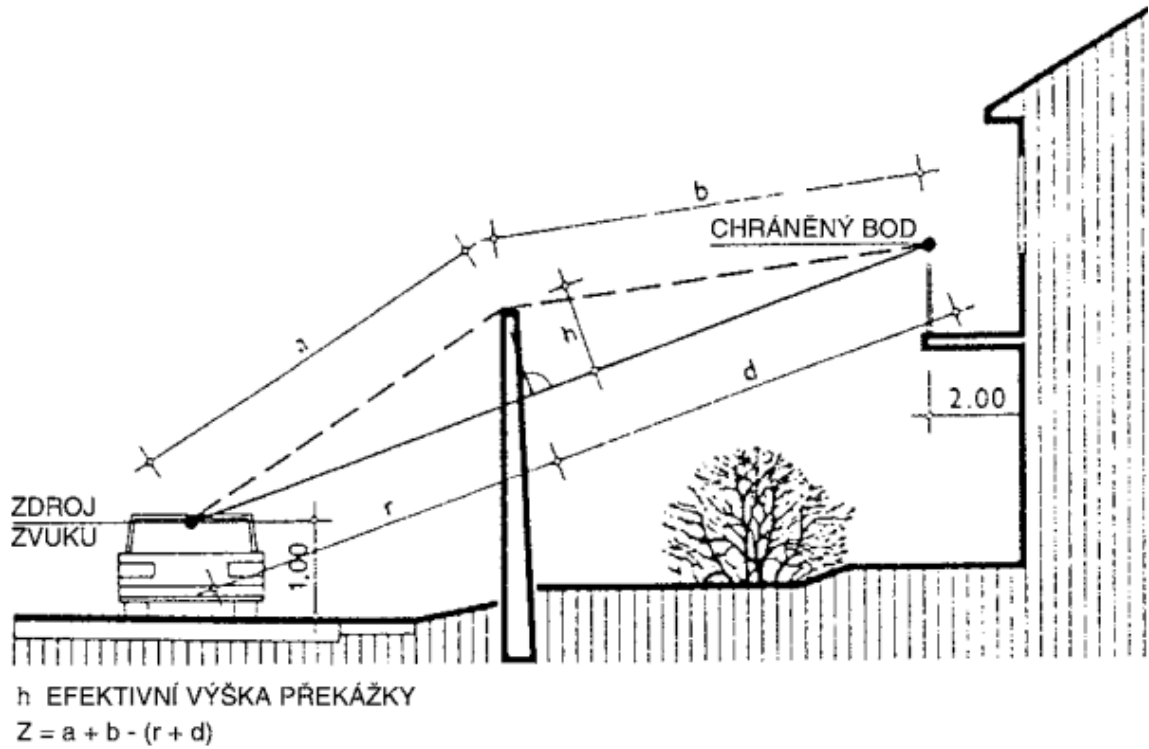
pro $\alpha > 0$

Korekce D_B v dB

Korekce D_B se počítá pro útlum hluku umělou či přirozenou překážkou. D_B závisí na vzdálenosti zdroje hluku od překážky, efektivní výšce překážky a na vzdálenosti měřeného místa od překážky. Pro výpočet korekce je nutné, vypočítat parametr Z . Platí následující vztah:

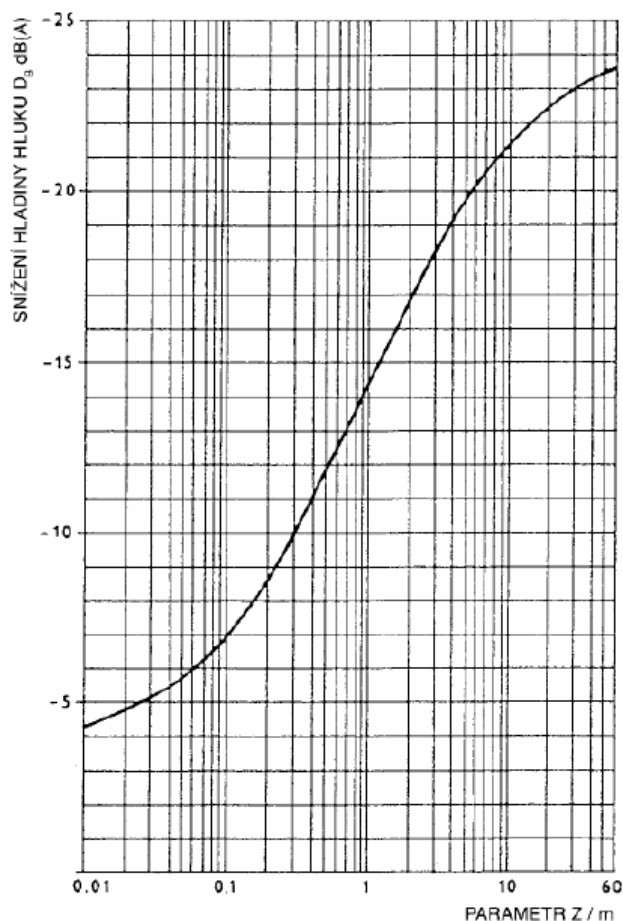
$$Z = a + b - (r + d) \quad [1]$$

Hodnoty a, b, r, d jsou uvedeny na následujícím obrázku:



Obrázek 16: Vztahy pro výpočet korekce DB [1]

Korekce D_B se určí pomocí grafu, který vyjadřuje závislost útlumu v dB na parametru Z:



Obrázek 17: Závislost DB na parametru Z [1]

Korekce D_Z v dB

Korekce D_Z vyjadřuje vliv zástavby, která je přilehlá posuzovanému bodu. Uvažuje se přilehlá (kdy se zástavba nachází za místem měření v pohledu od posuzované komunikace) a protilehlá zástavba (zástavba se nachází za posuzovanou komunikací v pohledu od místa měření).

Vzdálenost d_{z1} určuje vzdálenost fasáda - bod měření u přilehlé zástavby.

Vzdálenost d_{z2} určuje vzdálenost fasáda - osa komunikace u protilehlé zástavby.

Korekce D_Z se určí z následující tabulky:

Přilehlá zástavba		Protilehlá zástavba	
Vzdálenost d_{z1} v m	Korekce D_z v dB	Vzdálenost d_{z2} v m	Korekce D_z v dB
Do 15	+3,0	Do 20	+2,7
15 - 20	+2,3	20 - 30	+1,2
20 - 40	+1,0	30 - 40	0,7
40 - 75	+0,3	40 - 75	+0,3

Tabulka 15: Stanovení korekce D_z v dB [1]

Korekce D_L v dB- vliv zeleně

Korekce pro vliv zeleně se projevují významněji, pokud je šířka zeleného pásu minimálně 10 metrů. Pro jehličnatý les platí vztah:

$$D_L = 5,0921 \ln b - 11,676 \quad [1]$$

b.... délka dráhy zvukového paprsku, který se šíří zelení

4. Hodnoty L_x [dB] ze všech určených homogenních úseků komunikací se sečtou dle vzorce:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\sum_{x=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad [1]$$

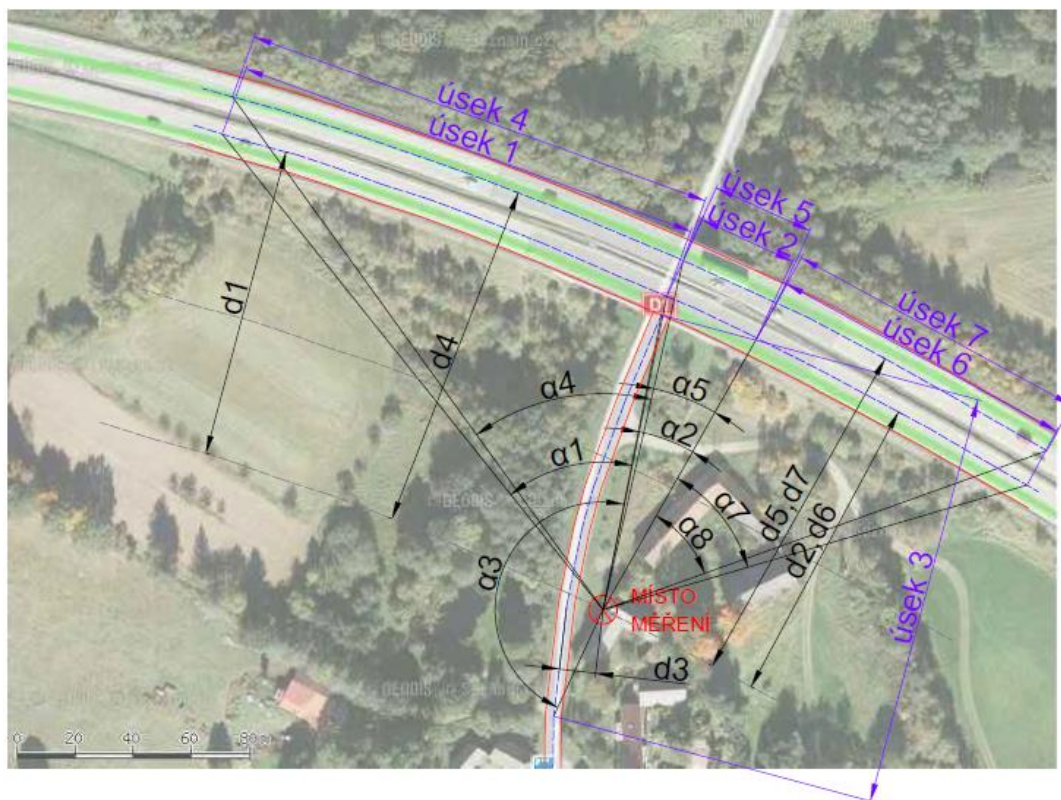
n ... počet homogenních úseků

9.2. Vlastní výpočet L_{Aeg} v imisním bodě

Z důvodu zjednodušení výpočtu byl zvolen na dálnici D1 střed každého směru, pro který byla počítána hladina akustického tlaku. Hladina akustického tlaku nebyla počítána pro každý jízdní pruh zvlášť. Tato skutečnost má za následek odchylku mezi vypočtenou a naměřenou hodnotou.

Rozdělení komunikací do homogenních úseků

Řešené komunikace byly rozděleny na pět homogenních úseků podle následujícího obrázku:



Obrázek 18: Rozdělení komunikací na homogenní úseky [12], [9] (zdroj: <http://mapy.cz/#lx=15.455437&y=49.517140&z=16&l=15&rp=m>)

Na obrázku je vyznačené místo měření a veličiny d_i a α_i . Veličina d_i představuje kolmou vzdálenost výpočtového bodu (místa měření) od komunikace v metrech. Hodnoty α_i znázorňují úhly ve stupních, pod kterými jsou dané úseky komunikací vidět z místa měření.

9.2.1. Odpolední měření

Základní výpočtová veličina X [dB]

$$X = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
n_{OAd} [voz/h]	1446	1446	20	1524	1524	1446	1524
n_{NAAd} [voz/h]	372	372	1	458	458	372	458
n_{NSd} [voz/h]	0	0	0	0	0	0	0
v_{OAd} [km/h]	115.17	115.17	45	117.25	117.25	115.17	117.25
v_{NAAd} [km/h]	87.1	87.1	40	89.2	89.2	87.1	89.2
v_{NSd} [km/h]	0	0	0	0	0	0	0
$F_{OA(v)}$ [km·hod ⁻¹]	0.0036	0.0036	0.0008	0.0037	0.0037	0.0036	0.0037
$F_{NA(v)}$ [km·hod ⁻¹]	0.0023	0.0023	0.0024	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
L_{OA} [dB]	74.1	74.1	74.8	74.1	74.1	74.1	74.1
L_{NA} [dB]	80.2	80.2	81	80.2	80.2	80.2	80.2
F_1 [-]	$2.2217 \cdot 10^8$	$2.2217 \cdot 10^8$	755134.9	$2.5636 \cdot 10^8$	$2.5636 \cdot 10^8$	$2.2217 \cdot 10^8$	$2.5636 \cdot 10^8$
F_2 [-]	1.19	1.19	1.07	1.19	1.19	1.19	1.19
F_3 [-]	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
X [-]	$3.9657 \cdot 10^8$	$3.9657 \cdot 10^8$	$1.0504 \cdot 10^6$	$4.5761 \cdot 10^8$	$4.5761 \cdot 10^8$	$3.9657 \cdot 10^8$	$4.5761 \cdot 10^8$

Tabulka 16: Výpočet základní výpočtové veličiny X [12]

Pomocná výpočtová veličina Y [dB]

$$Y = 10 \lg X - 10,1 \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
Y [-]	75.88	75.88	50.11	76.5	76.5	75.88	76.5

Tabulka 17: Výpočet pomocné výpočtové veličiny Y [12]

Základní ekvivalentní hladina akustického tlaku A v bodě L_i [dB]

$$L_i = Y - U(+D_N) \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
U [dB]	17.99	17.99	2.41	18.87	18.87	17.99	18.87
Du [dB]	-5.56	-10.00	-0.35	-5.65	-10.25	-6.42	-6.12
Dz [dB]	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Db [dB]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.00	-4.80
di [m]	106.80	106.80	12.48	119.77	119.70	106.80	119.77
αi [°]	50.00	18.00	166.00	49.00	17.00	41.00	44.00
Li [dB]	55.32	50.88	50.35	54.98	50.39	46.46	46.72

Tabulka 18: Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v bodě Li [12]

Výsledná hodnota L_{Aeq} ze všech homogenních úseků [dB]

$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\sum_{x=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad [1]$$

$$L_{Aeq} = 60,4 \text{ dB}$$

9.2.2. Noční měření

Základní výpočtová veličina X [dB]

$$X = F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
n_{OAd} [voz/h]	219	219	1	301	301	219	301
n_{NAd} [voz/h]	122	122	0	201	201	122	201
n_{NSd} [voz/h]	0	0	0	0	0	0	0
v_{OAd} [km/h]	119.35	119.35	50	118.25	118.25	119.35	118.25
v_{NAd} [km/h]	89.23	89.23	0	89.1	89.1	89.23	89.1
v_{NSd} [km/h]	0	0	0	0	0	0	0
F_{OA(v)} [km·hod ⁻¹]	0.0038	0.0038	0.0008	0.0038	0.0038	0.0038	0.0038
F_{NA(v)} [km·hod ⁻¹]	0.0023	0.0023	0	0.0023	0.0023	0.0023	0.0023
L_{OA} [dB]	74.1	74.1	74.8	74.1	74.1	74.1	74.1
L_{NA} [dB]	80.2	80.2	81	80.2	80.2	80.2	80.2
F₁ [-]	5.1214·10 ⁷	5.1214·10 ⁷	24793	7.7889·10 ⁷	7.7889·10 ⁷	5.1214·10 ⁷	7.7889·10 ⁷
F₂ [-]	1.19	1.19	1.07	1.19	1.19	1.19	1.19
F₃ [-]	1.5	1.5	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5
X [-]	9.1416·10 ⁷	9.1416·10 ⁷	34488	1.3903·10 ⁸	1.3903·10 ⁸	9.1416·10 ⁷	1.3903·10 ⁸

Tabulka 19: Výpočet základní výpočtové veličiny X [12]

Pomocná výpočtová veličina Y [dB]

$$Y = 10\lg X - 10,1 \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
Y [-]	69.51	69.51	35.28	71.33	71.33	69.51	71.33

Tabulka 20: Výpočet pomocné výpočtové veličiny Y [12]

Základní ekvivalentní hladina akustického tlaku A v bodě L_i [dB]

$$L_i = Y - U(+D_N) \quad [1]$$

VELIČINA	ÚSEK 1	ÚSEK 2	ÚSEK 3	ÚSEK 4	ÚSEK 5	ÚSEK 6	ÚSEK 7
U [dB]	17.99	17.99	2.41	18.87	18.87	17.99	18.87
Du [dB]	-5.56	-10.00	-0.35	-5.65	-10.25	-6.42	-6.12
Dz [dB]	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Db [dB]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-5.00	-4.80
di [m]	106.80	106.80	12.48	119.77	119.77	106.80	119.77
α_i [°]	50.00	18.00	166.00	49.00	17.00	41.00	44.00
L_i [dB]	48.95	44.51	35.52	49.81	45.21	43.09	44.54

Tabulka 21: Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v bodě L_i [12]

Výsledná hodnota L_{Aeq} ze všech homogenních úseků [dB]

$$L_{Aeq} = 10\log\left(\sum_{x=1}^n 10^{L_i/10}\right) \quad [1]$$

$$L_{Aeq} = 54,6 \text{ dB}$$

U naměřených a vypočtených hodnot se nejistota měření neuvádí, protože je vhodné brát za vztažné hodnoty naměřené a hodnoty spočítané.

9.3. Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot podle platné metodiky

Výpočet akustické situace byl zjednodušen pro odpolední a noční měření tím způsobem, že každý směr na dálnici D1 byl brán jako samostatný zdroj hluku, umístěný ve středu. Správně by se měla počítat akustická situace pro každý pruh dálnice. Tato skutečnost ovlivnila

vypočítaný výsledek, a proto vznikly po porovnání mezi naměřenými a spočítanými hodnotami jisté rozdíly. Pro lepší názornost je uvedena tabulka naměřených a spočítaných hodnot pro odpolední a noční měření:

	Naměřená hodnota L_{Aeq} [dB]	Vypočtená hodnota L_{Aeq} [dB]
Odpolední měření	63,6	60,4
Noční měření	59,4	54,6

Tabulka 22: Naměřené a vypočítané hodnoty L_{Aeq}

Pro porovnání naměřených a vypočítaných hodnot byly použity hodnoty naměřené bez nejistoty měření a odrazu od přilehlé zástavby. S těmito nejistotami se počítá při porovnávání s legislativou. U odpoledního měření je rozdíl naměřené a vypočtené hodnoty L_{Aeq} 3,2 dB. U nočního měření je pak rozdíl mezi naměřenou a vypočtenou hodnotou 4,8 dB. Tyto rozdíly jsou způsobeny nezahrnutím každého pruhu dálnice do výpočtu, malým vzorkem naměřených rychlostí a skladby dopravního proudu pro výpočet. Dále může být rozdíl způsoben odhadnutým sklonem všech 7 úseků komunikací pro zjištění faktoru F2 a nepřesným odhadem či výpočtem korekcí. U nočního měření se projevil také stálý hluk, který pocházel od tamějších zvířat, především žab u rybníku.

10. Vyhodnocení dat v kontextu platné legislativy

10.1. Odpolední měření

Při odpoledním měření byla hlukoměrem zaznamenána ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq} = 63,6 \pm 2$ [dB]. Uvedené 2 dB označují standardní nejistotu měření pro porovnání dat v kontextu platné legislativy, která se používá pro ekvivalentní hladinu akustického tlaku. Maximální hodnota akustického tlaku L_{max} v čase byla 86 dB a naopak minimální naměřená hodnota L_{min} v čase činila 50,8 dB. Pro přesnější výsledek by bylo vhodné provést měření po dobu 24 hodin.

Podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb., které řeší v §12 třetího odstavce limity hluku, je základní limitní hladina hluku stanovena na 50 dB ve dne a 40 dB v noci. K základním limitům se připočítávají korekce podle druhu chráněného prostoru a dle druhu komunikace. Pro chráněný venkovní prostor ostatních staveb (= stavby vyjma lůžkových zdravotnických

zařízení včetně lázní) jsou uváděny korekce 0 dB, +5 dB, +10 dB a +20 dB. Pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích převažuje nad hlukem z dopravy na ostatních komunikacích, se použije korekce + 10 dB.

V obci Slavníč by dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. neměla být překročena limitní hladina hluku podle nové hlukové zátěže ve dne 60 dB a v noci 50 dB. Podle zákona č. 258/2000 Sb. se noční dobou rozumí čas mezi 22:00 - 6:00. Hlukoměrem byla naměřena hladina hluku rovná 63,6 decibelům. Ke srovnání s platnou legislativou je nutné odečíst nejistotu měření 2 dB a dále 2 dB pro vliv odrazu od fasády (tuto hodnotu je nutno odečíst, protože měření probíhalo před fasádou). Po odečtení dostáváme konečných 59,6 dB. Tato hodnota je na hranici denního limitu. Odpolední měření probíhalo ve špičce a tudíž při maximálních intenzitách provozu. I přesto, že naměřená hodnota splňuje limit, bylo by vhodné provést protihluková opatření, protože při nepatrném zvětšení intenzit dopravy již tento denní limit 60 dB nebude splněn.

10.2. Noční měření

Z nočního měření byla zaznamenána hlukoměrem ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{eq} = 59,4 \pm 2$ [dB]. Uvedené 2 dB označují opět standardní nejistotu měření. Maximální hodnota akustického tlaku L_{max} v čase byla 74,8 dB a naopak minimální naměřená hodnota L_{min} v čase činila 40,4 dB.

Dle nařízení vlády č. 272/2011 Sb. je limitní hladina hluku nové hlukové zátěže v noční době 50 dB. Hlukoměrem byla změřena hodnota 59,4 decibel. Stejně jako při odpoledním měření je nutné odečíst celkem 4 dB. Jedná se znovu o nejistotu měření (-2 dB) a odraz od fasády (-2 dB). Výsledná hodnota je 55,4 dB. Při nočním měření, které trvalo 6 hodin, byl vlivem relativně velkých intenzit dopravy, které jsme mohli sledovat především v čase od 22:00 do 01:00, překročen hlukový limit o 5,4 dB. I pro toto období by bylo vhodné navrhnout některá opatření, která by snížila hladinu hluku ve Slavníči.

11. Boj samotné obce proti nadměrnému hluku

Obyvatelé Slavniče bojují již přes 30 let s nadměrným hlukem v jejich obci. Vedení obce posílá dopisy ŘSD, Krajské hygienické stanici a ministroví dopravy s prosbou vystavění protihlukových opatření ve Slavniči.

První žádosti o opatření proti hluku se datují od roku 1998. Dle dopisů starosty Slavniče Milana Povolného byla výstavba protihlukové stěny slíbena na rok 2005. Dopisy tehdejšího starosty jsou přiloženy v příloze 2 a 3. Roku 2009 došlo alespoň k projektové přípravě protihlukové stěny na km 98,00 – 99,150 a roku 2010 byl zvolen dodavatel stavby a bylo přislíbeno i její financování. Rozhodnutím nového ministra dopravy se stavba roku 2010 nezačala.

Tento boj se státními institucemi je však zatím marný a nepřináší žádné výsledky. Navíc hygienik udělil závodu Brno, který je územním správcem příslušného úseku dálnice D1, výjimku na provozování zdroje nadměrného hluku podle zákona 258/2000 Sb. (paragraf 31, odstavec 1). Tato výjimka však roku 2009 skončila a ŘSD stále stavbu protihlukové stěny odkládá. Nadměrný hluk brání rozvoji obce, kdy nejsou schvalovány plány další výstavby v obci.

Celou situací se zabývají také média. 13. července roku 2013 se Český rozhlas Radiožurnál vydal do vesničky, aby zjistil, jak je to s akustickou situací dle občanů Slavniče. Občan Slavniče Jiří Rédl Radiožurnálu sdělil: „Ten hluk je neskutečný, absolutně neudržitelný. Nedá se tu žít, spát, žít. Hučí to ve dne, v noci, od rána do večera.“ Další obyvatel obce Miroslav Šmíd poznamenal: „Trvá to 24 hodin denně. Nejhorší je, že když se setmí, tak se to nese mnohem víc než za dne. Je to nepříjemné, protože v Praze byla hluková pohoda mnohem lepší než tady. Chtěli jsme odjet na vesnici, abychom tady žili, abychom tu založili rodinu a vychovávali děti a mysleli si, že budeme v přírodě. Ten hluk je strašný.“ „Je to na úrovni dálnice, musíme zvyšovat hlas, abychom se vůbec slyšeli,“ dodala maminka Kamila, která chodí se svými známými na dětské hřiště. „Postavili jsme dětské hřiště za bezmála 600 tisíc korun s tím, že bude postavena protihluková stěna. Ale na hřiště se line hluk z dálnice, na kterou odsud vidíme. Když si maminky chtějí povídat, tak mají docela smůlu, musejí trochu pokřikovat. Je to označené jako hluk v těžkém průmyslu,“ poznamenal tehdejší starosta Slavniče Milan Povolný.[4]

V rámci modernizace dálnice D1 by se protihluková clona (dle ŘSD) měla začít stavět v letech 2015-2016. Protihluková stěna je součástí dokumentace pro modernizaci úseku č. 12 (EXIT 90 Humpolec – EXIT 104 Větrný Jeníkov).[5]

12. Návrh vhodných protihlukových opatření

12.1. Možné oblasti redukce hluku

1. oblast redukce: ZDROJ HLUKU- VOZIDLO

Jedná se o snížení hlukových emisí vozidel, a to především aerodynamického hluku, který se projevuje u rychlostí vyšších než $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. [6] Aerodynamický hluk lze zčásti eliminovat snížením rychlosti. Tato oblast redukce souvisí také s interakcí pneumatiky s vozovkou. Pneumatiky na nekvalitním povrchu komunikace vibrují a tím vyzářují hluk.

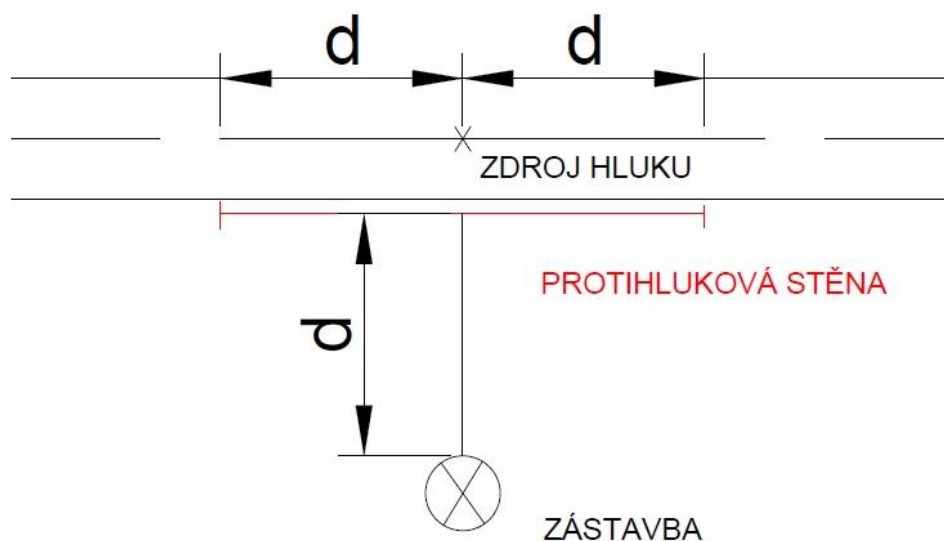
ZDROJ HLUKU- POVRCH

Zkvalitnění silničního povrchu přispívá ke snížení nadměrného hluku. Variantou řešení je návrh takzvané otevřené textury. Jedná se o 2- 4 centimetrovou obrusnou vrstvu, která propouští vzduch. Jelikož může vzduch proniknout do otevřené textury, nedochází k tak výraznému hluku ze styku kola automobilu s vozovkou.

2. oblast redukce: REDUKCE AKUSTICKÉ ENERGIE NA CESTĚ ŠÍŘENÍ

V této oblasti redukce se nabízejí 3 varianty. Může být navržen tunel, val nebo protihluková clona. [6] Jelikož je velká část dálnice vedoucí kolem obce Slavnič vedena po mostě, nejvýhodnějším řešením je vybudování protihlukové clony, která zamezuje průchodu

nadměrnému hluku. Clona by měla mít podle zákona minimální plošnou hmotnost 15 kgm^{-2} .



Obrázek 19: Protihluková stěna [12]

Ukončení clony nesmí vystavit vozidla náhlým účinkům větru. Vhodné je její pozvolné ukončení.

3. oblast redukce: REDUKCE V MÍSTĚ PŘÍJMU

Omezit nadměrný hluk v místě příjmu lze výstavbou skleněných clon neboli předfasád. U výstavby skleněných clon je potřeba dbát na odvětrání. Dalším a více užívanějším řešením je výměna oken.

12.2. Protihlukové clony

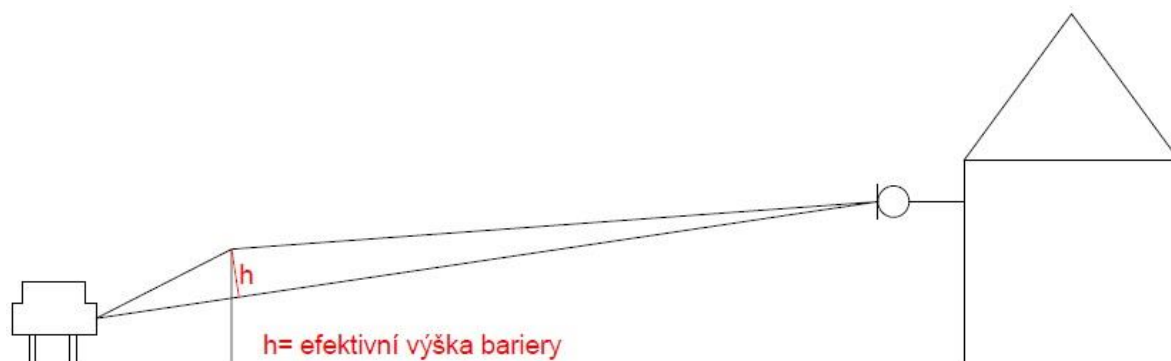
Požadavky pro návrh

Hlavním požadavkem na konstrukci protihlukové clony je snížení hladiny hluku nejméně o 15 dB. Otvory a mezery v protihlukové cloně snižují útlumové vlastnosti. Jednotkou pro určení izolace zvuku konstrukcí protihlukové clony je takzvaná vzduchová neprůzvučnost protihlukové clony (DL_R v dB) a dle této jednotky dělíme clony do několika kategorií:

Kategorie	DL _R [dB]
B0	neurčeno
B1	<15
B2	15 – 24
B3	>24

Tabulka 23: Kategorie vzduchové neprůzvučnosti [7]

Pro maximální ochranu před hlukem se protihlukové clony instalují co nejbližce ke zdroji hluku a v co nejvyšší efektivní výšce.



Obrázek 20: Efektivní výška clony [12]

Clony by měly být stabilní a odolné proti různým deformacím (proti nárazu kamenů, proti větru). Jejich konstrukční prvky musí být odolné proti korozi a stárnutí, odolné proti posypovým solím, otěru, vysychání, nasákavosti. Protihluková zařízení musí vykazovat odolnost proti světelným odrazům, lidskému vandalismu, živočišným škůdcům a požáru křovin a vegetace. Při požáru vzniklém při dopravní nehodě se požár nesmí přenést z komunikace do zastavěné oblasti. Životnost konstrukčních prvků musí být třicet let. Podle ČSN EN 14389-2 může být určena kratší nebo delší doba životnosti. Výměnné prvky clon (těsnění, tmely) musí mít životnost nejméně 15 let. Při výstavbě stěny musí být zajištěn odtok vody. Dále musí být u všech konstrukčních i akustických prvků dodržena jejich rozměrová a objemová stálost. Normy ČSN 73 0420-1 a ČSN 73 0420-2 uvádějí geometrickou přesnost a toleranci rozměrů.

12.3. Vlastní návrh opatření

K návrhu opatření se nabízí několik řešení. Nejvhodnějším z nich by byla výstavba protihlukové stěny na úseku dálnice D1 v části, kde dálnice vede po mostu.



Obrázek 21: Dálnice D1 vedoucí po mostu [15]

Vybudování a údržba clony by byla drahá, ale ochránila by občany Slavníče před nadměrným hlukem.

Dalším návrhem by bylo snížení rychlosti vozidel na $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ v úseku, který by začínal několik metrů před mostní konstrukcí a končil několik metrů za touto konstrukcí. Toto řešení by vedlo ke snížení aerodynamického hluku.

Pokud by předchozí opatření nevedla ke snížení nadměrného hluku pod maximální limit platné legislativy, bylo by vhodné zkvalitnit povrch vozovky například otevřenou texturou, která by i částečně eliminovala rázy od mostní konstrukce, novými nízkohlučnými mostními závěrami, provedením nové dilatace.

Organizační opatření, které by spočívalo v odklonu nákladní dopravy, se v tomto případě nevyplatí, protože odvedením nákladních vozidel po komunikacích I. a II. tříd by vzrostl hluk v obcích, přes které by objíždná trasa pro nákladní automobily vedla.



Obrázek 22: Vyznačení objíždných tras pro nákladní dopravu [9] (zdroj: <http://mapy.cz/#!x=15.447983&y=49.532226&z=11>)

13. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjištění celkové akustické situace v obci Slavnič a následný návrh protihlukových opatření, která by přispěla ke snížení nadměrného hluku v obci.

Vzhledem k topografické situaci a poloze obce Slavnič byl zvolen především kvůli dominantnímu zdroji hluku, dálnici D1, jediný zdroj měření hluku. Tento bod byl vymezen 90 metrů kolmo od zmíněné dálnice D1 u prvního obytného domu.

Následovalo samotné měření, které mělo ukázat, zda jsou v obci překročeny hygienické limity či nikoliv. Bylo zvoleno dvojí měření a to měření odpolední a noční. Odpolední měření bylo v kontextu platných hygienických limitů stanoveno jako dostačující. Ekvivalentní hladina akustického tlaku po odečtení korekcí vystoupila na 59,6 dB. Po porovnání s legislativou, která určuje limit ve dne na 60 dB, bylo zjištěno, že se naměřené hodnoty pohybují na hranici hygienických limitů. Zajímavější bylo měření noční, kde byla naměřena hodnota 59,4 dB, po odečtení korekcí 55,4 dB. Toto noční měření bylo po diskusi se starostou a obyvateli Slavniče, kteří si stěžovali na nesnesitelný hluk hlavně v noci, bráno jako měření hlavní, a proto byl zvolen delší, 6-ti hodinový interval měření. Ve srovnání s platnou metodikou překročila noční hodnota limit o 5,4 dB. Noční měření prokázalo, že limity jsou v noci opravdu překročeny. V obci dochází hlavně v nočních hodinách k nadměrnému hluku, který obtěžuje téměř všechny obyvatele Slavniče a působí negativně na jejich zdraví.

Po měření byl proveden výpočet odpolední i noční akustické situace dle platné metodiky přesně v bodě, kde probíhalo měření. Po dosazení do vzorců vyšel výsledek 60,4 dB pro odpolední měření a 54,6 dB pro noční měření.

Na závěr byly uvedeny možné redukce hluku v popisované obci a vlastní návrhy opatření ke snížení akustického tlaku. Za nejvhodnější řešení byla vybrána protihluková clona. Obec Slavnič má již připravenou projektovou dokumentaci protihlukové clony, ale bohužel doposud nebyly na výstavbu vyčleněny peníze. Snížením rychlosti na dálnici D1 by se také docílilo poklesu akustického tlaku v obci, ale se zvýšením intenzit silniční dopravy by se po čase problém s nadměrným hlukem mohl znovu objevit. Dalším opatřením by bylo případné zkvalitnění povrchu vozovky, doplněné novou dilatací a novými mostními závěrami. Odklon nákladních vozidel z dálnice D1 je v tomto případě nemyslitelný.

Hluková situace se ve Slavníči řeší již řadu let. První dopis ŘSD se stížnostmi kolem hlukové situace byl zaslán roku 1998. Dodnes v obci není vyřešeno jakékoliv opatření, které by alespoň z části redukovalo nesnesitelný hluk z dálnice. Podle ŘSD zatím nejsou na opatření peníze. Slavníči tak nezbývá nic jiného, než čekat na uvolnění prostředků na výstavbu již několik let plánované protihlukové stěny. Snad se s modernizací D1 dočká a lidé si tak budou moci užít vysněné ticho.

14. Použité zdroje

- [1] LÁDYŠ, L., LIBERKO, M.: Výpočet hluku z automobilové dopravy, manuál ŘSD ČR, 2011
- [2] Česká republika. Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: Sbírka zákonů. 14.7.2000
- [3] Česká republika. Nařízení vlády 272/2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: Sbírka zákonů. 24.8.2011
- [4] *Český rozhlas* [online]. [cit. 2014-07-05.]. Zpráva 605217. Dostupné z: http://www.rozhlas.cz/radiozurnal/podkuzi/_zprava/605217
- [5] *Havlíčkobrodský deník.cz* [online]. [cit. 2014-07-05]. Slavníč se ticha dočká snad za rok. Dostupné z: http://havlickobrodsky.denik.cz/zpravy_region/slavnic-se-ticha-docka-snad-za-rok-20140328.html
- [6] SMETANA, Ctirad et al. *Hluk a vibrace: Měření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998. ISBN 80-90 1936-2-5
- [7] TP 104: *Protihlukové clony pozemních komunikací*. PRAGOPROJEKT, a.s., 2008. ISBN neuvedeno.
- [8] www.wikipedia.org
- [9] www.mapy.cz
- [10] *Obecní úřad Slavníč* [online]. [cit. 2014-07-06]. Fotogalerie. Dostupné z: <http://slavnic.cz/index.php/fotogalerie/category/1-zeleznice>
- [11] *Norsonic* [online]. [cit. 2014-07-06]. Nor140 Sound Analyser. Dostupné z: http://www.norsonic.no/en/products/sound_level_meters/sound_analyser_nor140/Sound+Analyser+Nor140.9UFRjQYk.ips
- [12] Vlastní tvorba
- [13] *Silnice železnice* [online]. [cit. 2014-07-06]. Vliv konstrukčního řešení mostu na šíření hluku od dopravy. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/vliv-konstrukcniho-reseni-mostu-na-sireni-hluku-od-dopravy/>
- [14] *BRÜEL & KJÆR* [online]. [cit. 2014-07-06]. Sound Calibrator Type 4231. Dostupné z: <http://www.bksv.com/Products/transducers/acoustic/calibrators/4231?tab=accessories#8566BEB8BD0B4E5EA4061A65D28AE51A>

- [15] www.maps.google.cz
- [16] *Havlíčkův Brod* [online]. [cit. 2014-07-06]. Výkres širších vztahů. Dostupné z:
http://www.muhb.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=3782&id_dokumenty=828527

15. Seznam obrázků

Obrázek 1: Mapka obce Slavníč [15].....	- 14 -
Obrázek 2: Mapka širších vztahů [8]	- 15 -
Obrázek 3: Mapka širších územních vztahů [9].....	- 15 -
Obrázek 4: Mapa širších dopravních vztahů [16]	- 16 -
Obrázek 5: Schematické znázornění dálnice D1 [8].....	- 17 -
Obrázek 6: Schematické znázornění železniční trati Humpolec- Havl. Brod [10].....	- 18 -
Obrázek 7: Železniční zastávka Slavníč [10].....	- 18 -
Obrázek 8: Vzdálenost prvního obytného domu od dálnice D1 [9]	- 19 -
Obrázek 9: Schéma umístění měřícího bodu [9].....	- 20 -
Obrázek 10: Obrázek hlukoměru značky Norsonic 140 [11]	- 21 -
Obrázek 11: Blokové schéma zvukoměru [12].....	- 21 -
Obrázek 12: Grafické znázornění filtrů A, C, Z [13].....	- 22 -
Obrázek 13: Kalibrátor k hlukoměru značky Norsonic 140 [14].....	- 22 -
Obrázek 14: Grafické znázornění získaných dat [12].....	- 27 -
Obrázek 15: Grafické znázornění získaných dat [12].....	- 28 -
Obrázek 16: Vztahy pro výpočet korekce DB [1]	- 34 -
Obrázek 17: Závislost DB na parametru Z [1].....	- 35 -
Obrázek 18: Rozdělení komunikací na homogenní úseky [12], [9]	- 37 -
Obrázek 19: Protihluková stěna [12]	- 45 -
Obrázek 20: Efektivní výška clony [12]	- 46 -
Obrázek 21: Dálnice D1 vedoucí po mostu [15]	- 47 -
Obrázek 22: Vyznačení objízdnych tras pro nákladní dopravu [9]	- 47 -

16. Seznam tabulek

Tabulka 1: Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v chráněném venkovním prostoru a v chráněných venkovních prostorech staveb [3]	- 13 -
Tabulka 2: Hodnoty naměřené hlukoměrem [12]	- 23 -
Tabulka 3: Skladba dopravního proudu [12]	- 24 -
Tabulka 4: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu dálnice D1 [12]	- 24 -
Tabulka 5: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu komunikace č. 3483 [12]	- 24 -
Tabulka 6: Průměrná rychlost vozidel při odpoledním měření [12]	- 25 -
Tabulka 7: Naměřené hodnoty hlukoměrem [12]	- 25 -
Tabulka 8: Skladba dopravního proudu [12]	- 26 -
Tabulka 9: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu [12]	- 26 -
Tabulka 10: Procentuelní vyjádření skladby dopr. proudu [12]	- 26 -
Tabulka 11: Průměrná rychlost vozidel při odpoledním měření [12]	- 27 -
Tabulka 12: Hladina akustického tlaku v dB pro osobní a nákladní vozidla [1]	- 30 -
Tabulka 13: Hodnoty faktoru F_2 platné pro dálnice, rychlostní komunikace a silnice I. a II. třídy pro období 2010- 2015 a pro silnice III. třídy pro období 2010- 2020 [1]	- 31 -
Tabulka 14: Hodnoty koeficientu F_3 v závislosti na krytu povrchu vozovek [1]	- 31 -
Tabulka 15: Stanovení korekce D_z v dB [1]	- 36 -
Tabulka 16: Výpočet základní výpočtové veličiny X [12]	- 38 -
Tabulka 17: Výpočet pomocné výpočtové veličiny Y [12]	- 38 -
Tabulka 18: Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v bodě L_i [12]	- 39 -
Tabulka 20: Výpočet základní výpočtové veličiny X [12]	- 39 -
Tabulka 21: Výpočet pomocné výpočtové veličiny Y [12]	- 40 -
Tabulka 22: Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A v bodě L_i [12]	- 40 -
Tabulka 23: Naměřené a vypočítané hodnoty L_{Aeq}	- 41 -
Tabulka 24: Kategorie vzduchové neprůzvučnosti [7]	- 46 -