

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra prostorových věd



Bakalářská práce

**Validace open source modelů hlukového
znečištění**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Prošek, Ph.D.

Bakalant: Aneta Tučková

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Aneta Tučková

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Validace opensource modelů hlukového znečištění

Název anglicky

Validation of opensource noise pollution models

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je srovnání modelovaného hlukového znečištění založeného na: 1) certifikovaném měření a 2) modelování provedeného pomocí open source aplikací. Výsledkem práce bude zhodnocení potenciálu, a naopak limitů open source modelování pro další využití.

Metodika

1. Rešeršní část práce se zaměří především na stručný popis problematiky hluku, jeho vlivem na lidský organismus a životní prostředí. Stejně jako bude popis současných metod měření a modelování hlukového znečištění ve vztahu k prostředí GIS.
2. Praktická část práce bude založena na modelování hlukového znečištění z dopravy pomocí „open source“ prostředků a na základě volně dostupných datových podkladů, výsledkem bude srovnání certifikovaných hlukových modelů a vytvořených open source modelů.

Doporučený rozsah práce

30 až 50 stran

Klíčová slova

GIS, otevřená data, hlukové znečištění

Doporučené zdroje informací

Bocher E., Guillaume G., Picaut J., Petit G., Fortin N., 2019: Noise Modelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environment Noise Maps. ISPRS Int. J. Geo-Inf. Volume 8, Issue 3. Article 130.

Zamora W., Calafate C., Cano J.C., Manzonei P., 2017: Accurate Ambient Noise Assessment Using Smartphones. Sensors Volume 17, Issue 4. Article 917.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Jiří Prošek

Garantující pracoviště

Katedra prostorových věd

Elektronicky schváleno dne 20. 3. 2021

doc. Ing. Petra Šimová, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 24. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

Validace opensource modelů hlukového znečištění vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů. Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 24. března 2021

Poděkování

Mé poděkování patří Ing. Jiřímu Proškovi, Ph.D. za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnoval.

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce byla validace hlukových modelů vytvořených pomocí opensource programu QGIS a jeho zásuvného modulu OpeNoise za využití opensource dat pro modelování hluku. Pro účely validace byla využita strategická hluková mapa. Modelování bylo realizováno pro oblast města Praha z důvodu dobré dostupnosti a zpracování opensource vstupních dat. Pro účely validace bylo vytvořeno devět oblastí o rozloze 1km² s různou strukturou rozmístění budov a komunikací. Modelování bylo realizováno za použití dvou variant získání zdrojových hodnot hluku. Validace byla realizována na základě posouzení prostorové podobnosti modelů a rozdílů hodnot hluku. Tyto rozdíly se pohybovaly v průměru mezi 8-12 dB pro první variantu a 11-22 dB pro druhou variantu. Z důvodů velikých rozdílů bylo dospěno k závěru, že použití OpeNoise není vhodné pro modelování rozsáhlých oblastí, ale jenom pro území v blízkosti zdrojových komunikací. Zároveň práce řešila vliv změny parametru dosahu hlukového paprsku na výsledný model.

Klíčová slova

OpeNoise, strategická hluková mapa, silniční a železniční doprava, Research Ray

Abstract

The aim of this bachelor's thesis was to validate noise models created by using the open source program QGIS and its plug-in OpeNoise and by using open source data for noise modeling. A strategic noise map was used for validation purposes. The modeling was performed for the area of the city of Prague due to good availability and processing of open source input data. For the purposes of validation, nine areas with an area of 1 km² were created with different structures of the layout of buildings, roads and railways. The modeling was performed using two variants of obtaining noise source values. The validation was carried out on the basis of an assessment of the spatial similarity of the models and by the differences in noise values. These differences ranged on average between 8-12 dB for the first variant and 11-22 dB for the second variant. Due to the large differences, it was concluded that the use of OpeNoise is not suitable for large areas modeling, but it is suitable only for areas close to source roads. At the same time, the thesis investigated the effect of the Research Ray parameter changing and its impact in the final model.

Keywords

OpeNoise, strategic noise map, road and railways traffic, Research Ray

Obsah

1.Úvod	1
2.Cíle práce	2
3.Literární rešerše	2
3.1 Zvuk	2
3.2 Hluk	5
3.2.1 Hlavní zdroje hluku.....	6
3.2.2 Vliv hluku na lidské zdraví	7
3.2.3 Dopady hluku na životní prostředí	10
3.3 Legislativa	11
3.4 Měření hluku	12
3.5 Strategická hluková mapa	14
3.6 Software použitý v této práci	16
3.6.1 ArcGIS/QGIS.....	16
3.6.2 OpeNoise.....	16
3.7 Další opensource programy vhodné pro modelování hluku	18
4.Metodika	19
4.1 Výběr lokality	19
4.2 Použitá data a jejich příprava	20
4.3 Tvorba hlukových modelů	22
4.4 Modelace hlukových modelů	27
4.5 Validace hlukových modelů	29
5.Charakteristika studijního území	30
6.Výsledky práce	31
6.1 Oblasti modelace hluku	32
6.2 Srovnání hlukových modelů	32
6.3 Porovnání změny parametru Reseach Ray	34
7.Diskuse	35
8.Závěr a přínos práce	37
9.Přehled literatury a použitých zdrojů	38
10.Přílohy	47

1. Úvod

Hluk z pozemní dopravy v urbanizovaném území je fenoménem posledních let a bude mu věnována i nadále velká pozornost (Dudová, 2013). Měření hluku ve zkoumaných oblastech je zdlouhavý proces a proměření velkých území je časově i finančně nákladné. Z tohoto důvodu se v mnoha případech upřednostňuje metoda odhadu hluku pomocí výpočtových modelů. Existuje mnoho společností, které se modelováním hluku zabývají a mnohé z nich vyvíjejí i vlastní modelovací programy. Nejčastěji se jedná o komerční programy, ale začínají být dostupné i opensource programy. Aby bylo možné co nejvíce výsledné modely standardizovat, bylo nutné standardizovat i metodiku výpočtu. Aktuálně se pro hluk ze silniční dopravy využívá metodika NMPB-Routes-96 (EUR-LEX, ©2021), ale stále častěji je využívána i nová metodika CNOSSOS-EU, která má eliminovat použití odlišných metodik pro jednotlivé druhy dopravy, zejména v případě strategických hlukových map (Vyhláška 315/2018 Sb.). Do vývoje komerčních programů je investováno veliké množství financí. To ovšem neplatí v případě opensource programů, kde nejčastěji programy vyvíjejí nadšení programátoři zcela zdarma, nebo za odměnu, pro kterou je mnohem složitější zabezpečit finanční zdroje, než v komerční sféře (Mioweb ©2021). Stejně tvrzení platí i v případě vstupních dat, které jsou pro tyto modely nevyhnutné. I přes stejnou použitou metodiku výpočtů u komerčních a opensource programů, proto zůstává otázkou, jestli i výsledné modely těchto opensource programů za využití opensource vstupních dat jsou shodné s těmi komerčními. Právě nedostupnost plně vyvinutého opensource framework pro vytváření strategických hlukových map pro větší oblasti je nedostatkem, který je vhodné co nejdříve odstranit (Bocher et al. 2018). Tato bakalářská práce se věnuje vytvoření a validaci hlukových modelů právě jedním z opensource zásuvných modulů. Konkrétně se jedná o zásuvný modul OpeNoise určený pro program QGIS a pro modelování byly využita opensource vstupní data z portálu Openstreetmaps. Vytvořené modely jsou v této práci validovány s akreditovaným modelem strategické hlukové mapy vytvořené komerčním programem LimA. V obou případech byla využita metodika výpočtu NMPB-Routes-96.

2.Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je vytvoření hlukových modelů pomocí opensource aplikace QGIS za použití zásuvného modulu OpeNoise a opensource datových sad a jejich následná validace s modelem strategické hlukové mapy vytvořené akreditovanou společností. Dílčím cílem této práce bylo pojednat o změnách výsledného modelu při změně nastavení parametru vzdálenosti dosahu zdroje hluku v zásuvném modulu OpeNoise.

Formou literární rešerše bude shrnuta problematika:

- hlukového znečištění ve vztahu k silniční a železniční dopravě
- dopadu hluku z pozemní dopravy na lidské zdraví
- nejdůležitější legislativa České republiky věnované hluku
- měření hluku
- modelování hluku zásuvným modulem OpeNoise

3.Literární rešerše

V literární rešerši jsou shrnuty základní informace týkající se hluku, jeho dopadu na životní prostředí a lidské zdraví. Hlukové znečištění je řešeno s důrazem na legislativní aspekt problematiky. Zároveň je zde také popsáno měření hluku v dopravě a software používaný pro vyhodnocení a modelaci dat.

3.1 Zvuk

Zvukem nazýváme každé mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem. Zdrojem zvuku je chvění pružných těles. To se přenáší do okolního prostředí a vzbuzuje v něm zvukové vlnění. Zvuk má tři důležité vlastnosti. Jsou jimi frekvence, hladina a čas (Lepil, 2012).

Frekvencí nazýváme parametr kmitání či vlnění, který charakterizuje jeho časovou periodicitu. Číselně je roven počtu period, které proběhnou za jednotku času. Jednotka frekvence je Hertz (Hz), fyzikální rozměr je s^{-1} . Frekvence zvuků, které můžeme vnímat uchem, leží v intervalu přibližně 16 Hz až 16 000 Hz. Zvířata obvykle

vnímají i zvuky vyšších frekvencí, např. kočka až 65 kHz, pes 50 kHz (Lepil 2012; Havránek 1990).

Při postupu akustické vlny dochází ke shluku většího množství kmitajících bodů v jednom místě a zároveň ke zředění hustoty v místě jiném. Z tohoto důvodu jsou v plynech místa, ve kterých je přetlak a místa, ve kterých je naopak podtlak, s čehož vyplývá celková změna statického tlaku vzduchu. Jeho hodnota se potom skládá ze součtu barometrického a akustického tlaku. Mezi hodnotami těchto tlaků je ovšem řádový rozdíl. Barometrický tlak dosahuje přibližně 100 000 Pa (Pascal), kdežto akustický tlak slyšitelný lidským uchem se pohybuje přibližně v rozmezí 20 μ Pa až 100 Pa, kdy hodnota 60 Pa je označována jako práh bolesti. Nejslabší zvuk, který může zaznamenat lidský sluch, je charakterizován akustickým tlakem $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, tato hodnota je označována jako práh slyšení. Protože je lidský sluch schopen zachytit akustické tlaky více než milionkrát větší, byl zaveden logaritmus těchto hodnot, který se označuje jako **hladina akustického tlaku** L_p v jednotce Decibel [dB], který rozsah akustického tlaku 20 - 100 000 000 μ Pa převádí do rozsahu 0 - 140 dB. (Nový, 1990)

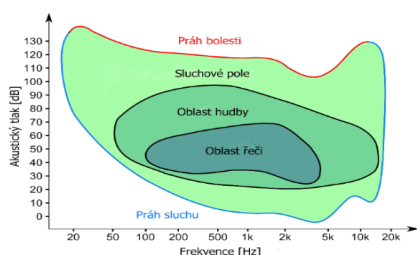
Hladina akustického tlaku L_p [dB] je definována následujícím vztahem (Havránek 1990):

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Kde: p_0 – akustický tlak na prahu slyšení, ($2 \cdot 10^{-5}$ Pa); p – efektivní hodnota akustického tlaku [Pa]

Vztah na sluchové pole mezi frekvencí a hladinou akustického tlaku nám zobrazuje obrázek 1.

Obrázek 1: Sluchové pole (URL 1). Obrázek popisuje vztah frekvence a akustického tlaku na oblast řeči, oblast hudby a oblast celkového sluchového pole.



Frekvence pro účely této práce není přímo parametrem vyhodnocovaným, ale určujícím, jelikož je to jeden z faktorů ovlivňujícím dopady zvuku (hluku) na lidské zdraví. Právě z důvodu dopadu na lidské zdraví se standardně měření provádí a vyhodnocuje.

Z časového hlediska není důležitá jenom doba trvání zvuku, ale i změna akustického tlaku v čase. Dle tohoto hlediska byl hluk dělen následovně (Havránek, 1990):

A, zvuk ustálený – je takový zvuk, jehož hladina zvuku se nemění v čase nebo kolísá v rozsahu menším než 5 dB.

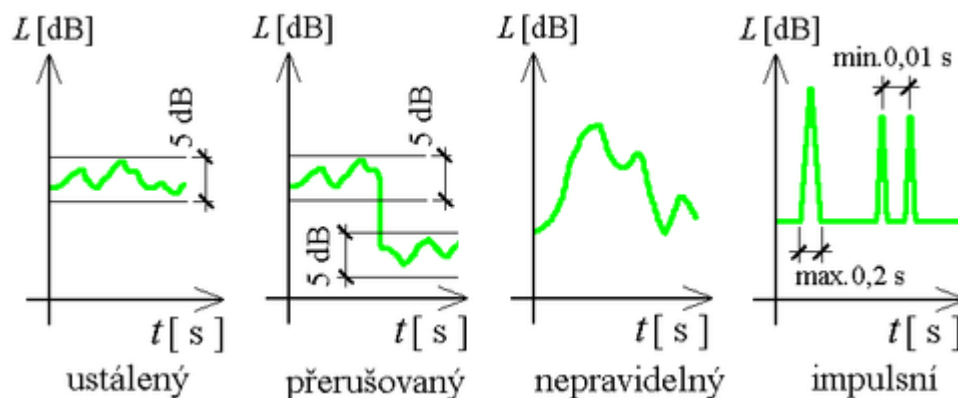
B, zvuk proměnný přerušovaný – je zvuk, jehož hladina se mění skokem z hlučného na tichý interval a naopak

C, zvuk proměnný, nepravidelný – se vyznačuje měnící se hladinou zvuku v čase, kdy změny přesahují 5 dB a jsou náhodné nebo se opakují ve složitých cyklech.

D, zvuk impulsní – je charakterizován hladinou zvuku, která rychle stoupá k maximu a opět rychle klesá tak, že doba trvání jednoho pulsu je menší než 200 ms a interval mezi jednotlivými pulsy je větší než 10 ms.

Grafické znázornění zvuku v závislosti na čase je zobrazeno na obrázku 2.

Obrázek 2: Zvuk v závislosti na čase (URL 2).



Pro možnost posuzování zvuku v čase, byl zaveden parametr ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq} [dB], který se vztahuje k určitému časovému intervalu (např. 8 hodin). Jedná se o zjednodušenou charakteristiku průběhu a trvání zvuku v čase. Proto se pro případy, kdy se posuzuje rušivý účinek zvuku hodnotí i maximální hladina akustického tlaku A, která se označuje L_{Amax} [dB] (Freitas et al. 2012).

3.2 Hluk

Každá lidská bytost je jinak citlivá na vnější vněmy. To platí i v případě citlivosti na zvuk, a zvláště na hluk, který je nedílnou součástí našeho života, ať chtěný či nikoliv. V mnoha případech má škodlivé účinky na lidské zdraví a psychiku.

Z lékařského hlediska, jak uvádí Havránek (1990) ve své definici hluku, jako hluk označujeme zvuky příliš časté nebo příliš silné či v nevhodnou dobu se vyskytující, tj. zvuky, které jsou nežádoucí, obtěžující nebo dokonce škodlivé. Škodlivým účinkem se rozumí zejména nejenom poškození zdraví (např. akustické trauma nebo poškození sluchu), ale i o nepříjemné nebo závažné příznaky jako jsou ušní šelesty a vzestupy krevního tlaku, trvalé změny funkce, změny výkonnosti a míra únavy, průběh únavy a v neposlední řadě hloubky spánku.

Z definice plyne, že neexistuje přímé odlišení, co konkrétní je ještě zvuk a co už zařazovat mezi hluk. Obrovskou roli hraje individuální posouzení jednotlivce. Tedy co je pro jednoho člověka příjemný zvuk, může být pro jiného nepříjemné a touto osobou považované za hluk.

Mnohem složitější definici uvádí česká legislativa. Dle zákona 205/2020 Sb. se hlukem rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož imisní hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis. Za hluk se nepovažuje zvuk působený hlasovým projevem fyzické osoby, nejde-li o součást veřejné produkce hudby v budově, hlasovým projevem zvířete, zvuk z produkce hudby provozované ve venkovním prostoru, zvuk z akustického výstražného nebo varovného signálu souvisejícího s bezpečnostním opatřením, zvuk působený přelivem povrchové vody přes vodní dílo sloužící k nakládání s vodami, zvuk působený v přímé souvislosti s činností související se záchranou lidského života, zdraví nebo majetku, řešením mimořádné události, přípravou jejího řešení nebo prováděním bezpečnostní akce nebo mimořádné vojenské akce (dle § 30 zákona č. 205/2020 Sb).

Obě definice se zaměřují na dopad hluku na člověka, ten je tedy v tomto případě příjemcem hluku. V takovém případě sledujeme imisi hluku. Když budeme zkoumat hluk z hlediska zdroje hluku (vysílače) mluvíme o emisích (EPS, © 2010).

3.2.1 Hlavní zdroje hluku

Zdroj hluku může vznikat samovolně v přírodě nebo může být uměle vyvolán činností člověka, která je vykonávána ve vnějším prostředí nebo v uzavřeném pracovním prostředí (Liberko, 2004).

Dle Světové zdravotnické organizace byl hluk vznikající ve vnějším prostředí dále vydefinován do těchto kategorií (WHO, 2018):

- 1, hluk ze silniční dopravy
- 2, hluk ze železniční dopravy
- 3, hluk letecké dopravy
- 4, hluk větrných turbín
- 5, hluk vznikající při volnočasových aktivitách

Nejvýznamnějším zdrojem hluku v urbanizovaném prostředí je doprava, a to v převážné většině silniční. Působí nepřetržitě a je jím zasažená většina lidské populace, jak v metropolích, tak i ostatních územích. Dalším významným zdrojem hluku je i železniční a letecká doprava, ale ta zasahuje menší počet obyvatel (Hluk&Emise 2007; Adamec 2008).

Hluk ze silniční a železniční dopravy nezpůsobuje přímé poškození sluchu, ale negativně ovlivňuje lidské zdraví prostřednictvím nespecifických účinků s dopadem především na psychický stav člověka (Adamec, 2008). Detailnějším účinkům hluku na lidské zdraví se věnuje kapitola 3.2.2.

V případě dopravy se jedná o hluk proměnný přerušovaný a proměnný nepravidelný, z důvodu, že intenzita dopravy není stálá čímž dochází ke střídání tichého a hlučného intervalu.

Hluk v silniční a železniční dopravě

Identifikace zdroje hluku ze silniční a železniční dopravy je složitým procesem se vstupem mnoha proměnných faktorů.

Základními proměnnými faktory jsou intenzita dopravy, skladba dopravního proudu, rychlost vozidel, podélná niveleta komunikace, kvalita povrchu, akustické emise vozidel, použité pneumatiky. Akustické emise vozidel vznikají nejčastěji z těchto příčin: motor, převodová a rozvodová skříň, výfuk, přívod a odvádění vzduchu, chlazení vzduchem, aerodynamika, brzdy, karoserie vozidla, náklad vozidla (Cholava et al. 2008). Neméně důležitým aspektem je interakce pneumatiky a povrchu vozovky. Při té jsou nejdůležitější faktory vibrace bočnice pneumatiky, výtlač a sání vzduchu, přilnutí a skluz, přilnutí a odtržení, tuhost pneumatiky. Na kvalitu povrchu vozovky má vliv textura povrchu, pórovitost, tuhost (Novák 2011; Křivánek 2010).

Při nízkých rychlostech do 40 km/h u osobních vozidel a do 65 km/h u nákladních vozidel je dominantním hluk vozidla, zejména hnací jednotky (motor, chladič, převodová skříň a výfuk). Při vyšších rychlostech začíná převládat hluk pneumatik, způsobený jejich odvalováním po vozovce. Aerodynamický hluk, se stává dominantním při rychlostech nad 200 km/h (Ládyš, 2018).

Mezi zdroje hluku z železniční dopravy řadíme hluk sběrače, aerodynamický hluk, hluk hnacího stroje a hluk valivý, hluk brzd, zabezpečovacím zařízením a místním rozhlasem. Hlukové emise jsou ovlivňovány hlavně způsobem vedení trasy, druhem trakce, rychlostí vlaků, konstrukcí a technickým stavem železničního svršku a vozidel a intenzitou provozu. Při nízkých rychlostech pod 60 km/h je dominuje hluk hnacího vozidla. Při středních rychlostech do 200 km/h dominuje hluk valivý. U nejvyšších rychlostí začíná dominovat hluk aerodynamický (Neubergová, 2011).

V silniční a železniční dopravě jsou v reálném provozu společným prvkem vplývajícím na šíření emise hluku klimatické podmínky (VŠB-TU Ostrava ©2009).

3.2.2 Vliv hluku na lidské zdraví

Vliv hluku na člověka a jeho zdraví můžeme posuzovat z mnoha hledisek.

Tím nejzákladnějším je hledisko informační. Je známo, že indiferentní rozhovor ruší pozornost méně než rozhovor, který osobu zaujal. Proto je v některých případech efektivní maskovat zvuky například vhodnou hudbou nebo šumem.

Ze subjektivního hlediska jedince je možné působení hluku klasifikovat mezi tyto účinky (Havránek, 1990):

- 1, rušení – pro účinek, při němž hluk interferuje s nějakou činností (spánkem, řečovou komunikací aj.).
- 2, rozmrzelost – pro pocit nepohody, vznikající působením hluku a prožívaný negativně hlukem postiženým člověkem nebo skupinou.
- 3, hlučnost – pro subjektivní hodnocení pocitu nežádoucnosti z nepatříčnosti hluku v konkrétním prostředí.
- 4, obtěžování – pro nepřipustné ovlivňování životního prostředí, případně osobních či skupinových práv.

V případě dopravy mluvíme nejčastěji o rušení ze spánku a obtěžování z důvodu nadměrných hodnot hladiny akustického tlaku v budovách v blízkosti komunikací. Tyto dva faktory mají nejzávažnější aspekt na zdravotních rizicích souvisejících s hlukem z dopravy (Bodin et al. 2015).

Nejčastěji je hluk hodnocen parametrem intenzity hladiny akustického tlaku. Proto je důležité si uvědomit, že hluky nad 120 dB jsou nebezpečím pro buňky a tkáně, nad 90 dB pro sluchový orgán, nad 60-65 dB pro vegetativní systém a nad 30 dB pro nervový systém a psychiku. O působení hluku, nerozhoduje jenom intenzita, ale důležité je i trvání. Studium vztahů mezi délkou působení a intenzitou se zjistilo, že přibližně stejné účinky v oblasti rozmrzelosti má hluk trvajících dvojnásobně dlouho. To platí v případě, že je zhruba o 3 dB méně intenzivní. Tento takzvaný činitel zdvojení závisí částečně na frekvenčním složení a na časovém průběhu hluku (MZČR, © 2020). Bezpečné expozice hluku uváděné v tabulce 1 doporučuje Národní ústav pro bezpečnost práce a zdraví USA.

Tabulka 1: Přípustná denní dávka hluku (URL 3)

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	Limit pro expozici nechráněného sluchu		
	Hodiny	Minuty	Vteřiny
85 dB	8		
88 dB	4		

91 dB	2		
94 dB	1		
97 dB	-	30	
100 dB	-	15	
103 dB	-	7	30
106 dB	-	3	45
109 dB	-	1	53
↓	↓	↓	↓
130-140 dB	-	-	<1

Existují různé účinky hluku na lidské zdraví. Které účinky se projeví závisí na intenzitě hluku, délce expozice a citlivosti jedince dané expozici vystavené (Máca et al. 2012).

Dle WHO je nepříznivý dopad hluku na lidské zdraví definován jako dočasná nebo dlouhodobá změna v morfologii a fyziologii lidského organismu, která má za následek zhoršení funkční kapacity, zhoršení schopnosti kompenzovat další stres nebo navýšení náchylnosti organismu na škodlivé účinky jiných vlivů prostředí (King et al. 2003).

V případě silniční a železniční dopravy se maximální hladina akustického tlaku pohybuje do 90 dB. (Křivánek et al. 2012). Dále jsou vyjmenované jenom ty zdravotní rizika, které mají souvislost s hlukem ze silniční a železniční dopravy, a tedy vycházejí zejména z obtěžování hlukem a rušením ze spánku.

Vliv hluku na vegetativní funkce a srdečně – cévní systém má dva faktory působení. Prvním je způsobení stresové reakce, kdy je zvuk podvědomě vyhodnocen jako alarmující a dochází k uvolnění stresového hormonu. To vede k přechodným navýšením krevního tepu a tlaku. Po dlouhodobé expozici se může vyvinout hypertenze a ischemická choroba srdeční (SZÚ, © 2020).

Druhý faktor působení je bez emocionální reakce, které závisí pouze na expozici hluku. Byly konstatovány změny při působení hluku okolo 70-90 dB. Hlavními ukazateli účinku jsou: zvýšený diastolický tlak, prokrvení kůže, zvýšení periferního odporu, snížení tepové frekvence. Změny vegetativního ladění organismu se projeví v řadě jiných funkcí, jako je změna svalového tonusu, reakce zornice, rozvoj únavy, ovlivnění vodivosti kůže, změny motility zažívacích orgánů (Tuček et al. 2012).

Vliv hluku na spánek je jedním z nejčastějších zdravotných projevů hluku. Projíždějící automobil, nebo jiný dopravní prostředek, může nejen v nočních hodinách v urbanizovaném území svým hlukem ovlivnit spánek zasažené osoby. Spící tělo stále reaguje na podněty přicházející z prostředí. Citlivost reakce závisí mimo síly hluku i na stádia spánku. Rozeznáváme čtyři stádia spánku: REM, I NREM, II NREM, III-IV NREM. Stádia spánku a jejich procentuální rozložení popisuje Tabulka 2. Celková doba spánku může být zkrácena jak delší dobou usínání, tak předčasným probuzením. Přerušované zvuky o úrovni 45 dB mohou prodloužit dobu usínání až o 20 minut. Citlivost na hluk ve spánku stoupá s věkem. Narušení spánku má za následek zvýšenou únavu, nízkou bdělost a snižuje denní výkon a kvalitu života (Muet, 2007).

Tabulka 2: Jednotlivá stadia spánku a jejich rozložení (URL 4)

Fáze spánku	Průměrné procento trvání
II NREM	50 %
REM	25 %
III a IV NREM (delta)	20 %
I NREM	4 %
bdělost	méně než 1 % nočního spánku

Mimo kardiovaskulárního systému a ovlivnění spánku má hluk dopad u některých jedinců na metabolismus, zejména na vzestup cukru již od nízkých intenzit hluku. Dále může být ovlivněna i vnitřní sekrece z nadledvin z důsledku stresového účinku hluku (Tuček et al. 2012).

3.2.3 Dopady hluku na životní prostředí

Dopady hluku na životní prostředí je součástí procesu posuzování vlivů určitého záměru na životní prostředí známém i pod zkratkou EIA (Environmental Impact Assessment). V České republice je tento proces upraven zákonem č. 100/2001 Sb. Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů. Posuzují se vlivy na obyvatelstvo a veřejné zdraví a vlivy na životní prostředí, zahrnující vlivy na živočichy a rostliny, ekosystémy, biologickou rozmanitost, půdu, vodu, ovzduší, klima a krajinu, přírodní zdroje, hmotný majetek a kulturní dědictví, vymezené zvláštními právními předpisy a na jejich vzájemné působení a souvislosti. Vlivy na biologickou rozmanitost se posuzují se zvláštním

zřetelem na evropsky významné druhy, ptáky a evropská stanoviště. Posuzování vlivů podléhají v tomto zákoně vymezené záměry a koncepce. U takto zákonem vyspecifikovaných záměrů se mimo jiné posuzuje i hlukové zatížení, při kterém se zjišťuje množství emisí, a to jak pro výstavbu, tak i následný provoz tohoto posuzovaného záměru (Zákon 100/2001 Sb.).

3.3 Legislativa

Každý druh hluku je nepříjemný a může být zdraví škodlivý, ale zejména hluk ze silniční a železniční dopravy je často důvodem stížností a soudních sporů. Na to musela reagovat i česká legislativa a problematice hluku se věnuje vícero prováděcích právních předpisů, které ve většině případů vycházejí z požadavků evropského práva.

Základním pilířem českého práva v problematice hluku je **zákon 258/2000 Sb.** o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. (ve znění zákona 205/2020 Sb.). Zákon ustanovuje hodnocení a snižování hluku z hlediska dlouhodobého průměrného hlukového zatížení životního prostředí. Dále stanovuje povinnost správci, popřípadě vlastníkovi pozemní komunikace technickými, organizačními a dalšími opatřeními zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb. Zároveň stanovuje, co je považováno za chráněný prostor. Zákon stanovuje možnost výjimky v důvodů, kdy nelze hygienické limity dodržet, kterou schvaluje orgán ochrany veřejného zdraví na časově omezené období. Měření hluku v životním prostředí člověka podle tohoto zákona může provádět pouze držitel osvědčení o akreditaci nebo držitel autorizace. Dále specifikuje noční dobu mezi 22:00 a 6:00 hodinou pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem, která je vyspecifikována v prováděcím právním předpise. Dále stanovuje povinnost pořizování hlukových map pro aglomerace s více než 100 000 trvale bydlícími obyvateli prostřednictvím ministerstva zdravotnictví České republiky (zákon 258/2020 Sb.).

Nařízení vlády č. 217/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, je prováděcím ustanovením, které přesně specifikuje základní pojmy, hygienické limity hluku a způsob měření a hodnocení hluku. Dle tohoto nařízení jsou stanoveny tyto

hygienické limity pro hodnoty hluku působeného dopravou na podzemních komunikacích a dráhách včetně korekce + 5 dB pro starou hlukovou zátěž zobrazeny v tabulce 2 (Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.).

Tabulka 3: Hygienické limity pro hodnoty hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a dráhách – včetně korekce + 5 dB pro starou hlukovou zátěž (Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.).

Pozemní komunikace a železniční dráhy	Doba dne	L_{Aeq,T} [dB]
Dálnice, silnice I. a II.tř., místní komunikace I. a II.tř.	Denní	65
	Noční	55
Silnice III. tř, komunikace III.tř. a účelové komunikace	Denní	60
	Noční	50
Železniční dráhy v ochranném pásmu dráhy	Denní	65
	Noční	60
Železniční dráhy mimo ochranné pásmo dráhy	Denní	60
	Noční	55

Dalšími důležitými legislativními dokumenty jsou **vyhláška č. 315/2018 Sb.** o strategickém hlukovém mapování. **Vyhláška č. 561/2006 Sb.** o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku. Tato vyhláška aktuálně stanovuje tyto oblasti pro vytváření hlukových map: Praha, Ostrava, Brno, aglomerace Ústí nad Labem – Teplice, Plzeň, Liberec a Olomouc. A v neposlední řadě **zákon č. 23/1991 Sb.** Listina základních práv a svobod (EPS, 2010).

3.4 Měření hluku

Aby bylo možné posoudit, jestli jsou hygienické limity pro dopravu na pozemních komunikacích a dráhách stanoveny nařízením vlády č. 217/2016 Sb. dodrženy je nutné hlukovou imisi změřit.

Jedním z přístupů je měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk. Používá se pět metod: SPB, CPX, CPB, CB, OSBI (KONSTRUKCE Media, s.r.o., 2021).

Coast-By method (CB) – Testovací automobil s testovanými pneumatikami míjí mikrofon s motorem vypnutým při různých rychlostech. Obvykle se měří maximální hladina hluku pro referenční rychlosti 80 km/h pro osobní automobily a 70 km/h pro nákladní automobily (Cholava et al. 2008).

Controlled Pass-By method (CPB) – Dva vybrané automobily (jeden malý a jeden velký) s vybranými pneumatikami (na každé auto dvě sady) míjí mikrofon se zapnutým motorem. Měří se maximální hladina hluku, dále se počítá průměrná hodnota konkrétní rychlosti (Cholava et al. 2008).

Statistical Pass-By method (SPB) – Normální vozidla v dopravním proudu míjí postranní mikrofon. Zjišťuje se typ vozidla, jeho rychlost a maximální hladina hluku. Za použití více než 100 osobních a 80 nákladních vozidel a následné regrese se počítá normalizovaná hladina hluku pro 50, 80 a 110 km/h (osobní vozidla), 50, 70 a 85 km/h pro těžká nákladní vozidla. Konečným výsledkem je Statistical Pass-By Index (SPBI) (Cholava et al. 2008).

Close-Proximity method (CPX) – Testovaná pneumatika osazená na přívěsu se tažením za automobilem (případně namontovaná na měřicím automobilu) nechá odvalovat po testované dráze s mikrofony připevněnými v její blízkosti při referenční rychlosti 50, 80 a 110 km/h. Zaznamenávána je průměrná hladina akustického tlaku pro každý dvacetimetrový segment, výsledkem je index CPXI (Cholava et al. 2008).

On Board Sound Intensity method (OBSI) – Je podobná CPX metodě. Pro měření se používá sonda akustické intenzity, která není citlivá na okolní hluk (Cholava et al. 2008).

U metod CB, CPB a SPB se používají postranní mikrofony vzdálené 7,5 m od středu testované dráhy, u metody CB navíc po obou stranách. Pro měření akustických vlastností vozovek jsou v Evropě nejpoužívanější metody SPB a CPX, v USA metody SPB a OBSI. Všechny metody se používají pro studie pneumatik a povrchů vozovek (KONSTRUKCE Media, s.r.o., 2021).

Druhým přístupem je měření přímo v místě expozice hlukem. Požadavky měření definuje norma ČSN ISO 1996-1 a ČSN ISO 1996-2. Používá se pro měření hluku v chráněném venkovním prostoru, nebo chráněném venkovním prostoru staveb. Při těchto měřeních je důležité zohlednit plochy odrážející hluk. V případě měření

hluku z dopravy musí být sčítán počet projíždějících automobilů nebo vlaků a rozlišovat jejich kategorie, musí být stanovena průměrná rychlost dopravního proudu a zaznamenán typ povrchu vozovky a jeho stav v případě silniční dopravy a typ trakce vlaku a průměrná rychlost vlaku (MZČR, © 2017).

3.5 Strategická hluková mapa

Se vstupem České republiky do Evropské unie se naše republika zavázala mimo jiné k plnění požadavků směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002, která vymezuje základní principy strategického hlukového mapování. Česká legislativa tyto požadavky implementovala do zákona 258/2000 Sb. dle platného znění, který požaduje vytvoření strategické hlukové mapy v intervalu pěti let (NRL, 2007) dle následujících kritérií (MZČR-a, 2021):

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

Strategická hluková mapa byla vytvořena pro roky 2007, 2012 a 2017.

Účelem těchto map je určení míry expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím hlukového mapování a s využitím metod hodnocení společných pro všechny členské státy, a přijetí akčních plánů členskými státy s cílem prevence a snižování hluku ve venkovním prostředí (CENIA, 2018).

Vytváření strategických hlukových map v roce 2007 bylo rozděleno do samostatných oddílů pro pozemní komunikace, hlavní železniční tratě, letiště Václava Havla v Praze, jednotlivé aglomerace. Důvodem byl jiný zdroj a metodika vstupních dat pro výpočet (NRL, 2007):

- pro hluk ze železniční dopravy nizozemská metoda výpočtu publikovaná v "Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaa 96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November

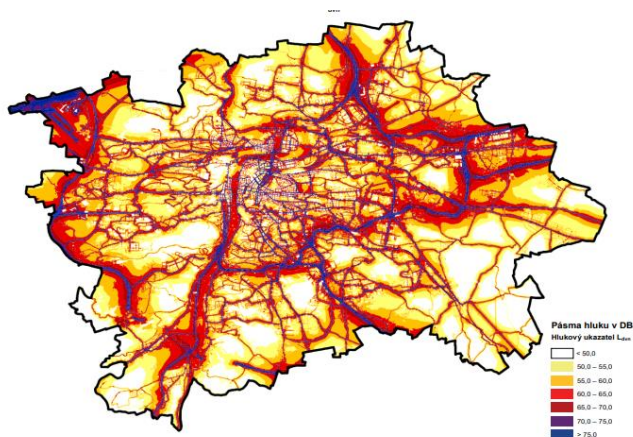
1996", v českém překladu uvedená na stránkách Ministerstva dopravy ČR jako Pokyny k výpočtu a měření hluku ze železniční dopravy 1996 (dále RMR2)

- pro hluk ze silniční dopravy francouzská národní metoda výpočtu „NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPCSTB)“ uvedená v „Arrêté du 5 mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal Officiel du 10 mai 1995, article 6“ a ve francouzské normě „XPS 31-133“
- pro hluk z tramvajové dopravy metodika RMR2 a na základě archivní databáze akustických měření průjezdů tramvajových vozů (fa AKON z období 1997-2007) odvozená nová kategorie železničního vozidla 7a „Průměrná tramvajová souprava“. Podstatná část vstupních podkladů byla pořízena v souladu s požadavky normy ČSN ISO 3095: „Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly“.
- pro hluk z integrovaných zařízení (průmyslový hluk) ISO 9613-2: „Acoustics – Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation“.
- pro hluk z letecké dopravy Výpočet hluku z leteckého provozu byl proveden dle doporučené metodiky, kterou je pro letecký hluk: ECAC.CEAC Doc. 29 „Report on Standard Method of Computing Noise Contours Around Civil Airports“, 1997.

Software použitý pro výpočet byl LimA a Kristýna GIS-systém.

Strategická hluková mapa v roce 2022 bude zpracována jednotnou výpočtovou metodikou Cnossos_EU (MZČR-b, 2021). Obrázek 3 ukazuje grafické zobrazení hlukové mapy 2017 pro aglomeraci Praha. Modelovaný hluk je ve výšce 4 m nad zemí.

Obrázek 3: Strategická hluková mapa pro aglomeraci Praha (URL 5)



3.6 Software použitý v této práci

Bakalářská práce se věnuje validaci opensource modelů hluku, což znamená, že jak samotná data, tak i program použitý pro modelaci byly rovněž dostupné jako opensource. Data byla získána z volně dostupných portálů Openstreetmaps a Geoportalpraha v podobě vrstev ve formátu .shp (shape). Pro účely modelace hluku byl využit program QGIS s jeho zásuvným modulem OpeNoise, který byl dále v této práci podroben validaci.

Aby bylo možné vstupní a výstupní data dále editovat, analyzovat a jinak zpracovávat, bylo nutné použít specializovaný program pro tento účel určený. Existuje řada programů, v této práci byl využit licencovaný program ArcGIS.

3.6.1 ArcGIS/QGIS

Program ArcGIS je geografický informační systém vyvíjený společností Environmental Systems Research Institute Inc., známou pod zkratkou ESRI. Aktuálně je program nabízen jak v online ArcGIS Online, tak desktopové verzi ArcGIS pro a ArcMap. Programy je možné využít v různých placených licencích, které specifikují druh přístupu. V této bakalářské práci byl využit program ArcMap v licenci Advance, verze 10.7.1. Produkt ArcMap se (dle typu licence) využívá mimo jiné pro práci s mapami a jejich vizualizaci, tisk map, správu geodatabáze, provádění prostorových analýz dat, jak v 2D, tak i ve 3D zobrazení. Umožňuje pracovat jak s vektorovým, tak rastrovým typem dat (ESRI ©2020).

Program QGIS je geografický informační systém, který nabízí obdobnou funkcionalitu jako program ArcMap (GISGeography.com ©2021) s rozdílem, že je vyvíjen jako Open Source software licencovaný pod GNU General Public Licence a je zde jiné rozmístění ovládacích prvků. (QGIS ©2021). V této práci byl použit jenom pro modelování hluku pomocí zásuvného modulu OpeNoise.

3.6.2 OpeNoise

Pro modelování hodnot hluku a jejich následnou validaci byl v této práci použit zásuvný modul OpeNoise určený pro program QGIS. Tento modul je vyvíjen pod licencí GNU General Public Licence na platformě GitHub. OpeNoise je projekt agentury Arpa Piemonte, podporovaný městem Turín, na vývoj bezplatné a opensource platformy pro měření a modelování hluku (Fogola et al. 2018).

Modul umožňuje odhadnout hladiny hluku generované bodovými zdroji nebo silničními zdroji v pevných bodech přijímače a budovách. Jsou zde implementovány metody NMPB-Routers-96 a CNOSSOS pro emise ze silnic. Modelování je ve 2D, přičemž umožňuje brát v úvahu geometrické divergence a atmosférická absorpce a difrakce. Nejsou počítány žádné odrazy a terén je považovaný za rovný. Ve výpočtech je uvažováno, že body přijímačů jsou umístěny 4 m nad zemí. Modul nabízí čtyři scripty pro účely modelování. OpeNoise je primárně určený pro modelování hluku kolem budov, proto první vytváří bodovou vrstvu přijímačů hluku kolem budovy ve vzdálenosti 0,1 m od fasády. Body mohou být vytvořeny uprostřed každé zdi nebo dle nastaveného rozestupu mezi dvěma body. To ovšem umožňuje vypočítat hodnoty hluku jenom pro budovy. V případě modelování hluku pro celé vyspecifikované území je nutno vytvořit tuto vrstvu přijímačů „Receivers vrstvu“ mimo modul OpeNoise. Druhý script vypočítává hodnoty hluku. Pro výpočet je nutné použít vrstvu přijímače (Receivers), do které se zaznamenají vypočtené hodnoty hluku. Dále vrstvu komunikací, kde je možné využít bodovou nebo liniovou vrstvu. Tato vrstva je zdrojová a jsou v ní uloženy hodnoty hluku, ze kterých se provádí výpočet. To, která hodnota se pro výpočet použije se nastavuje v detailech nastavení použití této vrstvy, kde se nastavuje zároveň metodika výpočtu. Dostupné jsou metodika NMPB (power), NMPB (traffic flow), CNOSSOS. Dále se vybírá vrstva budov, které jsou brány ve výpočtu jako překážky. V sekci parametrů se upravuje nastavení teploty a vlhkosti a rozložení denní, odpolední a noční doby v hodinách. To je důležité v případě použití této možnosti u výpočtu pro stanovení hlukových penalizací. Posledním parametrem je hodnota Research ray, ve které se mění hodnota vzdálenosti vlivu zdroje na přijímač. Vzdálenost se udává v metrech. Pro body přijímačů, které jsou mimo dosah nastavené vzdálenosti je generována hodnota hluku -99. Možností je před samotným výpočtem nastavit výstupné vrstvy pro zaznamenání přímých a rozptýlených zvukových paprsků. Samotný výpočet nejdříve vytváří body rozptýlení. Pokračuje přípravou emisních bodů a nalézá kombinace paprsků příjemce-zdroj, rozptyl-zdroj, příjemce-rozptyl. V poslední fázi vypočítává hodnoty hluku. Třetí script přiřazuje vypočtené hodnoty hluku k budovám. Aplikuje se nejvyšší hodnota ze všech bodů kolem fasády budovy. Daná hodnota je automaticky doplněna do vrstvy budov. Čtvrtý script aplikuje hlukovou symboliku dle atributu vybrané vrstvy. Nejčastěji se jedná o hodnotu hluku z tabulky ve vrstvě budov (Arpa Piemonte ©2019).

Na obrázku 4 je zobrazen výstup modelování v případě aplikace všech čtyřech scriptů pro výstřižek č.2. Tento postup nebyl použit v této práci z důvodu odlišného vytvoření vrstvy přijímačů hluku (Receivers).

Obrázek 4: Model vytvoření v OpeNoise za využití všech 4 scriptů pro výstřižek č.2



3.7 Další opensource programy vhodné pro modelování hluku

Vývoj opensource programů pro modelování hluku není aktuálně ve fázi velkého rozmachu. Vedle OpeNoise jsou běžně používané další dvě alternativy, které je možné využít.

Jedná se o program NoiseModelling, který je nejlépe využitelný jako zásuvný modul v kombinaci s opensource programem OrbisGIS. NoiseModelling je výrazně robustnější program, který je propojený s prostorovou databází H2GIS a dokáže najednou vypočítávat a modelovat oblasti i s rozlohou 500km². Program dokáže vedle výpočtu hluku a vytvoření hlukové mapy odhadnout i počet lidí zasažených hlukem vyšším než 68 dB (noise-planet.org ©2021).

Druhým programem je metoda výpočtu Traffic Noise Exposure (TRANEX), která vycházela z metody výpočtu CoRTN používané ve Velké Británii. Je určena pro výpočet expozice hluku ze silniční dopravy, které jde zobrazit i graficky. Jedná

se o metodu výpočtu, ale v kombinaci s opensource programy R s PostgreSQL (určený pro statistické výpočty) a opensource GRASS GIS je možné i tento program použít pro výpočet expozice hluku a jeho následné zobrazení (Gulliver et al. 2015).

Naopak velkého rozmachu se dostává vývoji opensource aplikací pro smartphone, kde se ovšem vývoj věnuje skoro výhradně jenom měření hluku a generování map zasažené populace (Zamora et al. 2017). S rozmachem výpočtových kapacit ale i zde bude v budoucnu prostor pro možnost vývoje aplikací pro modelování hluku.

4. Metodika

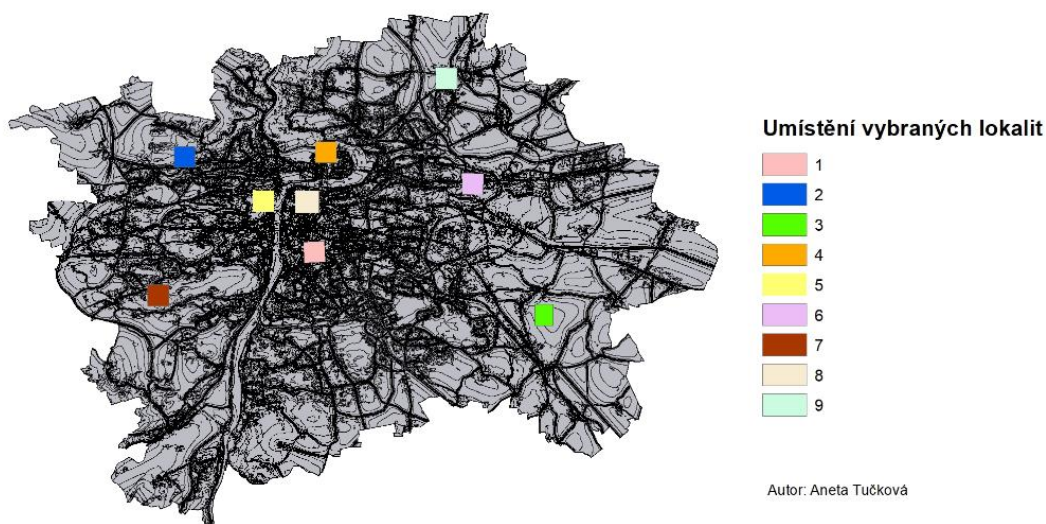
Hlavním cílem této práce je validace hlukového modelu vytvořeného opensource programem QGIS za použití jeho zásuvného modulu OpeNoise a funkcionality nazvané Calculate Noise Levels (jejíž účelem je výpočet hodnot hluku). V této kapitole jsou tedy popisována zejména použitá data, proces získání dat a licence pro použití. Následně je v této kapitole rozepsán popis vytvoření podkladů sloužících pro vytvoření modelů a technika vyhodnocení dat.

4.1 Výběr lokality

Z důvodu validace vytvořeného modelu v této práci bylo potřeba zajistit model vytvořený akreditovanou společností. Jako nejvhodnější se jevila strategická hluková mapa z důvodu volného přístupu a kvality zpracování dat. Strategické hlukové mapy se sestavují pro nejvytíženější oblasti zasažené zejména hlukem z dopravy a jsou pořizovány Ministerstvem zdravotnictví České republiky pro aglomerace Praha, Brno, Ostrava, Plzeň, Olomouc, Liberec, Ústí nad Labem – Teplice (Vyhláška č. 561/2006 Sb.). Z tohoto důvodu byla pro tuto práci vybrána oblast hlavního města Prahy, jelikož tato lokalita je nejvíce zasažená hlukem z dopravy a množstvím projetých vozidel a zároveň dobré dostupnosti mapových podkladů dostupných na portálu Geoportal Praha (IPR Praha, ©2019). Zpracovatelem modelů strategické hlukové mapy byla firma Ekola group, spol. s r.o. se sídlem v Praze. Samotný výběr lokalit určených pro validování byl realizován tak, aby byla zastoupena jak lokalita s výskytem nejvyšší, tak i nejnižší hodnoty hluku ze strategické hlukové mapy. V ostatních

případech byly brány v zřetel různé seskupení budov a silnic na výstřižkách, z důvodu, že se práce věnovala hluku z dopravy, a tudíž právě silnice a železnice byly zdrojem hluku pro vytvoření opensource modelu. Na obrázku 5 je zobrazeno umístění jednotlivých lokalit 1-9 v Praze.

Obrázek 5: Zobrazení jednotlivých lokalit 1-9 v Praze určených pro validaci



4.2 Použitá data a jejich příprava

Všechna data využitá v této práci pocházela z volně dostupných zdrojů a licencí a byla poskytnuta ve vektorové podobě. Nedostatkem těchto zdrojů byla nejednotnost souřadnicových systémů, což způsobovalo problémy při prostorových analýzách. Z tohoto důvodu bylo potřebné použít souřadnicové systémy sjednotit.

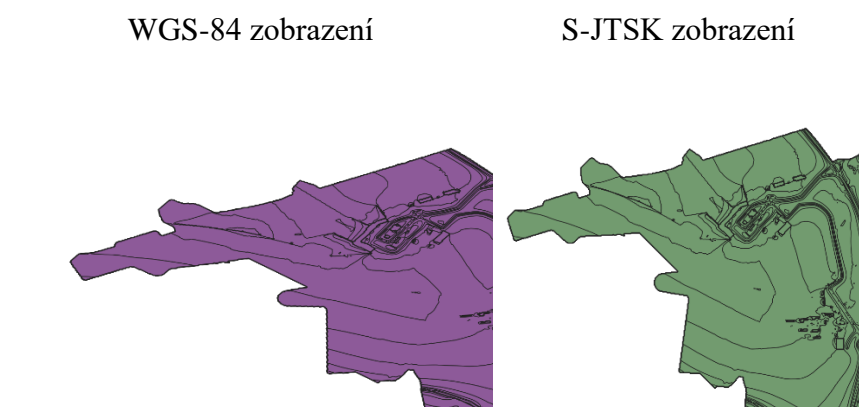
Z třech dostupných formátů strategické hlukové mapy .dxf, .gml, .shp byl vybrán právě formát .shp z důvodu nejjednoduššího použití v programu QGIS a možnosti práce s atributovými tabulkami. Zároveň se jedná o vektorový typ dat.

Pro zpracování hlukových modelů pomocí opensource programu QGIS bylo vybráno využití openstreet maps z důvodu jejich volného šíření a dobré dostupnosti pod licencí CC-BY-SA (© Příspěvatelé OpenStreetMap). I v tomto případě se jako nejvhodnější jevil formát .shp pro možnost použití totožného formátu jako u dat strategické hlukové mapy. Dalším nabízeným formátem byl .osm, ale ten se z důvodu problematické

transformace dat na formát .shp nejevil jako vhodný pro určené použití. Data byla stažena z portálu Geofabrik (GEOFABRIK, ©2018).

Data strategické hlukové mapy byla stažená z portálu Geoportal Praha (IPR Praha, ©2019) a byla k dispozici v souřadnicových systémech S-JTSK a WGS-84. Openstreet maps data byla k dispozici jenom v souřadnicovém systému WGS-84. Pro analýzy byl proto využit souřadnicový systém WGS-84 a pro následnou vizualizaci S-JTSK z důvodu jeho běžného použití při publikování map v České republice, a tudíž lepšímu porozumění tohoto zobrazení širokou veřejností. Na obrázku 6 je zobrazen rozdíl v zobrazení souřadnicových systémů WGS-84 a S-JTSK.

Obrázek 6: Rozdíl v zobrazení při použití souřadnicového systému WGS-84 a S-JTSK. (Aneta Tučková)



Z důvodu, že openstreet maps byly k dispozici jenom ve formátu WGS-84, ale pro bakalářskou práci bylo výhodnější použít souřadnicový systéme S-JTSK, bylo nutné provést transformaci souřadnicového systému WGS-84 na S-JTSK. Pro transformaci byl využit nástroj Project v program ArcGIS.

4.3 Tvorba hlukových modelů

Pro účely modelování hlukových modelů bylo zapotřebí použít programu QGIS z důvodu nabízeného zásuvného modulu OpeNoise. Program QGIS lze použít v licenčním ujednání GNU GPL (GisMentors ©2019).

Z důvodu přehlednějších ovládacích prvků a zkušeností autora práce se pro účely zobrazovací, ve smyslu práce s daty a jejich následného vektorového nebo rastrového zobrazení byl použit program ArcGis. Nejedná se o volně dostupný program, ale je nutné za úhradu získat licenční klíč pro aktivaci programu. Tento licenční klíč byl k dispozici z důvodu aplikace a využití tohoto programu ve vysokoškolské výuce na Fakultě životního prostředí ČZU.

V případě dat strategické hlukové mapy byla k dispozici jediná vektorová polygonová vrstva, ve které byly zaneseny data o nejnižší a nejvyšším vypočtené hodnotě hluku v jednotkách dB pro každý jednotlivý polygon (atribut). V tabulce 4 je znázorněno prvních 9 záznamů atributové tabulky. Jedná se o polygonovou vektorovou vrstvu s údaji DB_LO, kde je zanesen údaj o nejnižší hodnotě hluku a DB_HI s hodnotou nejvyšší hodnoty hluku. Z toho je patrné, že vrstva nesla informaci jenom o velikosti území polygonu a hodnotách hluku.

Tabulka 4: Ukázka dat atributové tabulky strategické hlukové mapy

FID	Shape	DB LO	DB HI	Shape Leng	SHape Area
0	Polygon	5	10	761718,744009	454419,135698
1	Polygon	10	15	816373,294503	552300,355201
2	Polygon	15	20	864852,72862	703990,171414
3	Polygon	20	25	923329,042081	1679751,41255
4	Polygon	25	30	1016043,27835	3538728,53814
5	Polygon	30	35	1280995,54973	12805779,9484
6	Polygon	35	40	2186662,54973	46109329,5067
7	Polygon	40	45	3608083,4062	94667508,1764
8	Polygon	45	50	4391241,61988	106835156,777

Data z Openstreet maps byla na rozdíl od dat strategické hlukové mapy, která byla vytvořena jenom pro území hlavního města Prahy, dostupná pro území celé České Republiky a rozdělena do 18 samostatných vrstev. Jednalo se o vrstvy budov, silnic, vodních toků, vodních ploch, železničních tratí, využití půdy, přírodních prvcích

(např. pláž, útes) a další. Seznam všech vrstev s jejich popisem je uveden v tabulce 5. Pro účely modelování hluku v zásuvném modulu OpeNoise se využívají vrstvy silnic a železničních tratí, které jsou zdrojem hluku a vrstva budov, která je důležitá pro výpočet hluku (Fogola et al. 2018). Z tohoto důvodu byly právě tyto tři vrstvy použity pro modelování a ostatní vrstvy se v dalším procesu bakalářské práce nevyužily.

Tabulka 5: Seznam vrstev dostupných z Openstreet maps

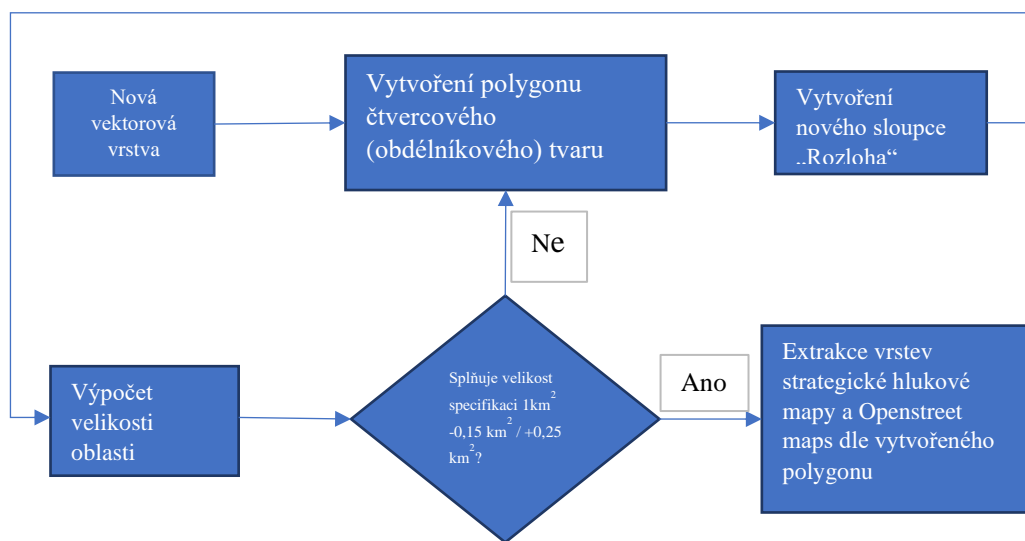
Název vrstvy	Popis vrstvy	Typ vrstvy
gis_osm_buildings_a_free_1	Budovy	Polygonová
gis_osm_landuse_a_free_1	Lesy, parky, hřbitovy, ...	Polygonová
gis_osm_natural_a_free_1	Přírodní místa (kopce, jeskyně, ...)	Polygonová
gis_osm_natural_free_1	Přírodní místa (kopce, jeskyně, ...)	Bodová
gis_osm_places_a_free_1	Města, vesnice, osady	Polygonová
gis_osm_places_free_1	Města, vesnice, osady	Bodová
gis_osm_pofw_a_free_1	Místa uctívání (kostely, ...)	Polygonová
gis_osm_pofw_free_1	Místa uctívání (kostely, ...)	Bodová
gis_osm_pois_a_free_1	Body zájmu	Polygonová
gis_osm_pois_free_1	Body zájmu	Bodová
gis_osm_railways_free_1	Železnice, tramvaj, metro, ...	Liniová
gis_osm_roads_free_1	Silnice	Liniová
gis_osm_traffic_a_free_1	Dopravní značky, signalizace, ...	Polygonová
gis_osm_traffic_free_1	Dopravní značky, signalizace, ...	Bodová
gis_osm_transport_a_free_1	Zastávky autobusu, taxi, letiště, ...	Polygonová
gis_osm_transport_free_1	Zastávky autobusu, taxi, letiště, ...	Bodová
gis_osm_water_a_free_1	Vodní plochy, řeky, ...	Polygonová
gis_osm_waterways_free_1	Řeky, kanály, ...	Liniová

Oblasti pro modelování hluku musely splňovat požadavek dostatečné rozlohy, aby bylo možné posoudit kvalitu namodelovaných hlukových veličin. Z tohoto důvodu byla pro reprezentativní oblasti stanovená rozloha přibližující se 1 km^2 s tolerancí $-0,15\text{ km}^2 / +0,25\text{ km}^2$. Tolerance byla stanovena z důvodu manuálního výběru oblastí a jelikož nástroj neumožňoval výběr ideálního čtverce. Následně bylo vybráno devět oblastí, přičemž požadavkem bylo, aby každá z nich měla jinou charakteristiku rozmístění budov a dopravní sítě. To zabezpečilo dostatečně rozmanitý vzorek pro posouzení výsledných modelů hluku a jejich porovnání se strategickou hlukovou mapou.

Pro vytvoření oblastí bylo nutno nejdříve vytvořit polygonovou vektorovou vrstvu, tak aby vybraná oblast co nejvíce splňovala tvar čtverce. Následně

byl v atributové tabulce, takto vytvořené vrstvy, přidán sloupec s názvem „Rozloha“ kde se vypočetla skutečná rozloha dané oblasti. Dle takto vytvořených oblastí se musela „vystříhnout“ vrstva strategické hlukové mapy i vrstvy budovy, silnice, železnice z Openstreet maps. Tím se vytvořili nové vrstvy rozměrem odpovídajícím vybrané oblasti se zachováním všech atributů původní vrstvy spadajících do tohoto výběru. Schematický postup je zobrazen na obrázku 7.

Obrázek 7: Vývojový diagram vytvoření vrstev pro vybranou lokalitu (Aneta Tučková)



Jak bylo popsáno v literární rešerši této práce, modul pro modelování hluku požaduje pro provedení výpočtu vrstvu Receivers, neboli příjemce hluku, dále vrstvu budov a vrstvu zdroje hluku, v našem případě komunikací. Od vrstvy komunikací se vypočítával dosah hluku dle nastaveného parametru vzdálenosti. Vrstva budov sloužila jako překážka šíření hluku. K bodům ve vrstvě příjemce hluku se vypočítával dosah hluku a jeho hodnota. Celé modelování probíhalo ve 2D. Níže popsané vrstvy byly vytvořeny pro všechny výstřižky samostatně.

Protože nástroj pro modelování hluku OpeNoise dovoluje použít pro výpočet jenom jednu vrstvu komunikací, bylo potřebné sloučit pomocí nástroje Merge vrstvy silnic a železnic do jedné vrstvy. Vrstva komunikací byla zdrojem hluku a z tohoto důvodu musela v atributové tabulce obsahovat hodnoty dB pro jednotlivé úseky (atributy).

Z důvodů popsaných v rešeršní části této práce je identifikace hluku v určité části komunikace procesem na který má vliv mnoho proměnných. V této práci byla zvolena dvojí varianta způsobu získání hodnot odpovídajícím zdrojům hluku. Modelování hluku bylo tedy realizováno dvěma způsoby získání zdrojů hluku pro komunikace.

Varianta A byla zvolena pro modelování hluku z předpokladu stejných výchozích podmínek. Pro tyto účely modelování hluku byly převzaty hodnoty hluku na komunikacích z modelu strategické hlukové mapy. To mělo zabezpečit stejné výchozí podmínky pro modelování a možnost porovnání výsledných hodnot obou modelů. Předpokladem bylo, že hodnoty na komunikacích zůstanou i po modelování stejné a případné rozdíly měly být identifikovány jenom mimo území těchto komunikací.

Aby bylo možné požadavek výše realizovat, museli se převzít hodnoty minima a maxima hluku z výstřižku strategické hlukové mapy na místech, kde je překrývála komunikace. Byl nalezen průnik liniové vektorové vrstvy komunikace a polygonového výstřižku strategické hlukové mapy a hodnoty zkopírovány do vrstvy komunikace. Byly zde použity všechny atributy v sloučené vrstvě komunikací včetně těch, které nebyly použity ve variantě B. Pro účely dalšího postupu se pracovalo jenom s přenesenými hodnotami maxima hluku výstřižku strategické hlukové mapy.

Varianta B použila rovněž vrstvu komunikací složenou z vrstvy silnic a železnic. Jelikož vrstva silnic obsahovala údaje o všech typech silnic včetně např. stezek pro koně, nebo oblastech pro odpočinek, které nebyly považovány autorem za zdroje hluku bylo pro všechny atributy nastavená hodnota hluku 0 dB(A). Dále se pracovalo s těmito typy komunikací: mimo silnic typu dálnice, silnice 1.třídy, silnice 2.třídy, silnice 3.třídy a jejich přivaděče, silnice v obytných zónách, residenční silnice, železnice a trolejové dráhy.

Pro silnice, které byly určeny za zdroje hluku byla přiřazena hodnota hluku dle limitních hodnot níže.

Tyto limitní hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 a vycházejí z Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. Přičemž bylo přihlédnuto k faktu, že se jedná o limitní hodnoty a pro účely zpracování práce bylo připočteno ke každému typu komunikace (včetně železničních drah) + 5 [dB]. Finální hodnoty jsou zobrazeny v tabulce 7.

Tabulka 6: Limitní hodnoty hluku (Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.).

Pozemní komunikace a železniční dráhy	Doba dne	L_{Aeq,T} [dB]
Dálnice, silnice I. a II.tř., místní komunikace I. a II.tř.	Denní	65
	Noční	55
Silnice III. tř, komunikace III.tř. a účelové komunikace	Denní	60
	Noční	50
Železniční dráhy v ochranném pásmu dráhy	Denní	65
	Noční	60
Železniční dráhy mimo ochranné pásmo dráhy	Denní	60
	Noční	55

Tabulka 7: Finální tabulka hodnot dB pro zdroje hluku.

Pozemní komunikace a železniční dráhy	L_{Aeq,T} [dB]
Dálnice, silnice I. a II.tř., místní komunikace I. a II.tř.	70
Silnice III. tř, komunikace III.tř. a účelové komunikace	65
Železniční dráhy	70

Hodnoty hluku byly pomocí databázové tabulky nataženy do jednotlivých vrstev pomocí nástroje Join a překopírovány do nového sloupce s názvem dB, aby se záznamy uchovaly pro další použití.

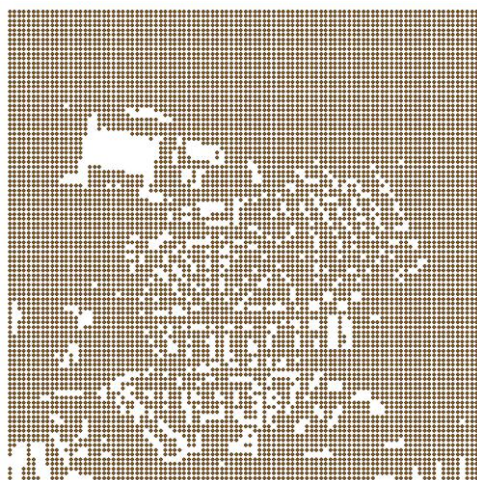
Vrstva budov byla použita v původní podobě, v jaké byla poskytnuta z platformy Openstreetmaps. Jak bylo zmíněno výše pro účely modelace hluku, byla oříznuta pro jednotlivé výstřižky do požadovaného tvaru.

Vrstva příjemce hluku neboli Receivers, je bodová vrstva, ke které modul OpeNoise vypočítává hodnoty hluku. Tato vrstva nebyla v poskytnutých datech k dispozici a bylo nutné ji pro tyto účely vytvořit. Jako nejvhodnější se jevil nástroj Fishnet v programu ArcGiS, který dokázal namodelovat síť bodů pokrývající požadovanou

oblast. Pro účely vytvoření dané sítě byl použit parametr šířky 10m, co zabezpečilo rozestup mezi jednotlivými body v dané délce. Pro ideální velikost plochy 1km² bylo vytvořeno 10 000 bodů.

Jelikož ale dané body byly vytvořeny i v místech kde ležely budovy, bylo potřebné body takto položené odstranit, aby se předešlo problémům s modelací hluku. Vrstva budov byla totiž vrstva odrážející hluk a z tohoto důvodu nemohli ve stejném místě ležet i body příjemce hluku. Odstranění bodů v kolizi s budovami bylo realizované pomocí nástroje Erase. Takto vytvořená výsledná vrstva Receivers pro výstřižek č.2 je zobrazená na obrázku 8.

Obrázek 8: Bodová vrstva Receivers určená pro modelaci hluku pro výstřižek č. 2. Prázdná místa reprezentují plochy umístění budov. (Aneta Tučková)



4.4 Modelace hlukových modelů

Modelování hluku bylo realizováno programem QGIS za použití zásuvného modulu OpeNoise. Pro samotnou modelaci hluku bylo potřebné použít vrstvy Přijímače hluku, budov, zdroje hluku (v našem případě vektorová liniová vrstva komunikací).

Vrstva komunikací byla nastavená jako zdroj hluku. Z důvodu, že jsme operovali jenom s jednou veličinou pro zdroj hluku, byla vybrána hodnota maximálního hluku převzatá ze strategické hlukové mapy pro variantu A a hodnota stanovená v tabulce 7. pro variantu B. Pro výpočet byla v obou případech nastavená metodika NMPB (power) a typ dne „Obecný“.

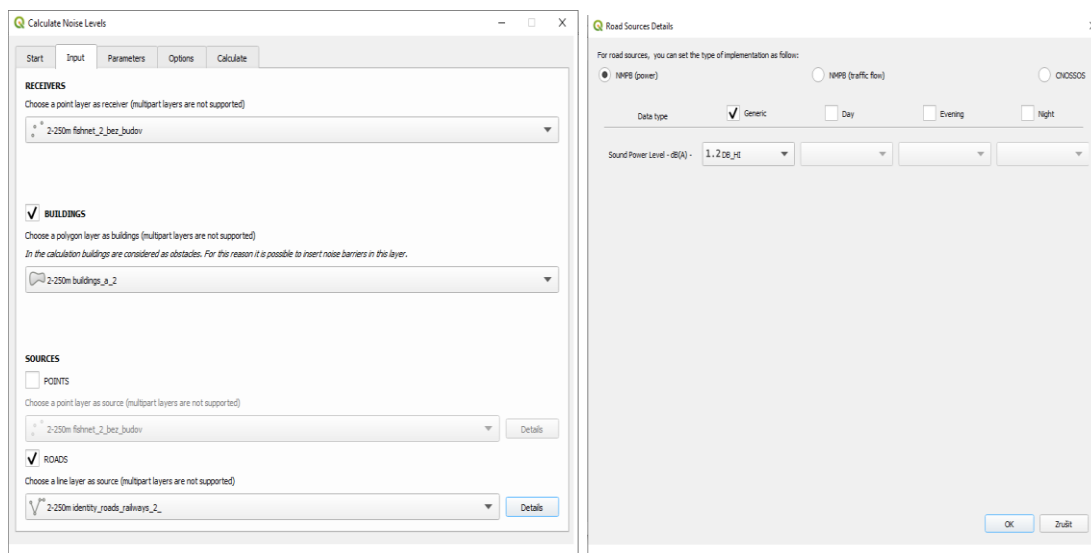
Vrstva budov pro modelaci sloužila jako překážka šíření hluku.

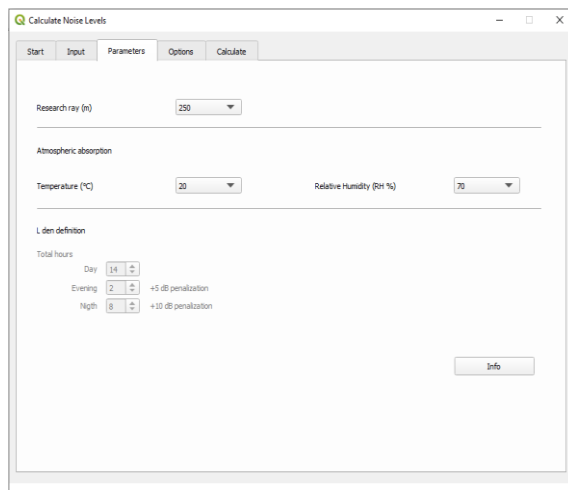
Poslední veličinou, kterou bylo nutné nastavit byla Research ray (m). Jednalo se o hodnotu dosahu paprsku pro šíření hluku, která byla brána v potaz při modelaci. V případě, že vzdálenost bodu příjemce od zdroje hluku byla větší než takto nastavená hodnota, hluk nebyl vypočten. Pro jednotlivé výstřižky byla zvolena hodnota 250 m, z důvodu, že se jednalo o prostřední nabízenou možnost z hodnot 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m a zároveň to byla ¼ délky (šířky) zkoumaných oblastí, co bylo považováno za dostatečnou vzdálenost pro oblasti velikosti 1km². Daný parametr měl zároveň vliv na čas trvání výpočtu. S vyšší hodnotou parametru se čas trvání výpočtu výrazně prodlužoval.

Pro výstřižek č.2 bylo ještě realizováno porovnání výsledného modelu při změně hodnot Research ray (m) pro všechny nabízené možnosti. Modelování proběhlo pro hodnoty hluku varianty A. Nastavení pro výpočet výstřižku č.2 je zobrazeno na obrázku 9.

Obrázek 9: Příklad nastavení zásuvného modulu OpeNoise pro výstřižek č.2.

Hodnota parametru Research Ray 250 m. Kompletní nastavení je zachyceno na třech obrazovkách. Hodnota hluku vybrána pro variantu A.





Po realizovaní výpočtu byly vypočtené hodnoty hluku automaticky programem doplněny do vrstvy Receivers. Program sám vytvořil nový sloupec s názvem Gen.

4.5 Validace hlukových modelů

Výsledným produktem modelace hluku v programu QGIS pomocí zásuvného modulu OpeNoise byla modelovaná hodnota hluku v místě reprezentovaným konkrétním přijímačem (receiver) v bodové vrstvě použité jako vrstva Receivers. Každý přijímač byl v této vrstvě reprezentován příslušným atributem. Hodnoty hluku v této vrstvě se měly porovnat s hodnotami hluku, které byly uvedeny v polygonové vrstvě výstřižku strategické hlukové mapy. Za tím účelem byl realizován prostorový průnik bodové vrstvy Receivers a polygonové vrstvy výstřižku strategické hlukové mapy. Došlo tím k přenesení údajů hodnot hluku z výstřižku strategické hlukové mapy v bodech průniku do vrstvy Receivers. Tím byly údaje o hodnotě hluku z vypočteného modelu a modelu strategické hlukové mapy ve stejné atributové tabulce a bylo možné porovnat obě hodnoty hluku. Před samotným vyhodnocením byla eliminována chybná data z vypočteného modelu (hodnoty -99), které byly generovány pro ty přijímače kam nebyl dosah žádného z paprsků od zdroje hluku. Jednalo se o body, které byly uvnitř uzavřených budov a body vygenerovány mimo oblast výstřižku, nebo ty kde stála v cestě od zdroje hluku budova, nebo byly příliš daleko od zdrojové komunikace. Příklad porovnání výsledné soustavy bodů před a po odstranění chybných výsledků pro výstřižek č. 1 je zobrazen v Příloze 1.

Výstup byl realizován dvojím způsobem. První způsob byl formou histogramu. Druhý způsob byl formou prostorového porovnání.

Histogram byl vytvořen z dat ve sloupci Rozdíl, který byl vypočten jako rozdíl hodnot generovaných a hodnot maximálních hodnot hluku z výstřižku strategické hlukové mapy. Kladná hodnota znamenala, že vygenerovaná hodnota byla vyšší než hodnota z modelu strategické hlukové mapy.

V prostorovém porovnání byly navzájem konfrontovány výstřižky strategické hlukové mapy a grafický výstup z vypočteného modelu, který byl prezentován bodovou vrstvou Receivers.

Pro porovnání výsledných modelů s různým nastavením parametru Research Ray byly u nastavení 50 m a 250 m z finálního modelu eliminovány body které nespádaly do vzdálenosti 50 m nebo 250 m od zdroje hluku (komunikací). Na tyto body se totiž v tomto případě nevztahovalo modelování a byla u nich zásuvným modulem dosazena hodnota -99. U ostatních hodnot parametru vzdálenosti pokrýval dosah paprsků od komunikací celou zkoumanou oblast.

5.Charakteristika studijního území

Hlavní město Praha je největším městem České republiky, co se týče rozlohy i počtu obyvatel (Praha.cz ©2015). S počtem obyvatel a velikostí či důležitostí daného území souvisí intenzita dopravy a s ní související hluková zátěž. Samozřejmostí je, že hlukovou zátěž nevytváří jenom hluk z dopravy, ale součástí je i hluk z průmyslu či jiných faktorů běžného života. Právě proto je Hlavnímu městu Praha věnovaná zvýšená pozornost i při vytváření hlukových map, kde frekvence aktualizace map nepřesahuje pět let (Magistrát hlavního města Prahy © 2021).

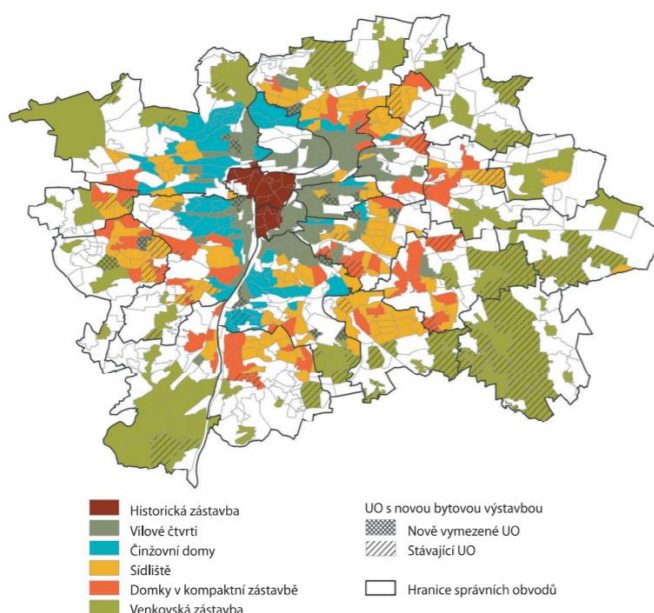
S velikostí území je spojená i různorodost zástavby, jak je patrné na obrázku 10. Nachází se zde jak historická zástavba, tak i vilové čtvrtě, zástavba činžovního nebo sídlištního typu, ale i venkovská zástavba.

Zároveň je zde vybudovaná hustá dopravní infrastruktura, která v sobě zahrnuje jak dopravu silniční, tak železniční, říční nebo leteckou. Samozřejmostí jsou i speciální druhy dopravy jako je metro nebo jako jízda na kole nebo koloběžce. Nesmíme

opomenout ani segway či jízda na koni. Ovšem ne všechny výše zmíněné druhy mají stejný efekt na hlukovou zátěž. Je proto nutné k těmto efektům přihlížet a zohlednit pro každé konkrétní použití výpočtu hlukové zátěže.

Hlavní město Praha patří k nejteplejším místům České republiky. Má malou nadmořskou výšku, přičemž průměrná nadmořská výška je 235 m.n.m. Je zde vliv efektu „tepelného ostrova“ velkoměsta, který se uplatňuje pouze v zimě. V historické části města je průměrná teplota o 1°C vyšší než ve volné krajině a tím pádem je Praha nejteplejším místem České republiky v zimním období. Průměrné roční srážky jsou zhruba 500-600 mm (SKOMPASEM.CZ ©2019).

Obrázek 10: Typy urbanistických obvodů s residenční funkcí v Praze (URL 6)



6. Výsledky práce

Výsledným produktem této práce byly modelované hodnoty hluku zaznamenané ve vrstvě přijímačů hluku (vrstva Receivers) ve veličině dB(A). Pro účely modelování hluku byl využit program QGIS a jeho zásuvný modul OpeNoise.

Modelování proběhlo ve dvou variantách, kde v první označené jako A pro zdroj hluku sloužili hodnoty převzaty z modelu strategické hlukové mapy v místech umístěných

komunikací (silnice včetně železnic a tramvají) a limitní hodnoty navýšeny o 5 dB(A) ve variantě druhé, označené jako B.

Pro výstřižek č. 2 byly provedeny modely pro všech pět variant nastavení hodnoty Research Ray (m). Toto porovnání popisuje kapitola 6.3.

6.1 Oblasti modelace hluku

Prvotním dílčím výsledkem této práce bylo devět oblastí určených pro modelaci hluku a jejich následné porovnání s modelem strategické hlukové mapy. Plocha těchto výstřižku byla přibližně 1km². Obrázky jednotlivých výstřižku zobrazují jak rozmístění budov, tak i všechny druhy silnic, které se v dané oblasti vyskytují. Každá oblast byla pro účely modelování unikátní jak rozmístěním budov, tak rozmístěním a typem jednotlivých komunikací.

6.2 Srovnání hlukových modelů

Samotné srovnání bylo proto realizováno pro každý výstřižek jednotlivě, kde byly modely varianty A a B porovnány s modelem strategické hlukové mapy. Pro vyhodnocení byly využity histogramy rozdílu veličiny dB(A) získaného porovnáním namodelovaných hodnot a výstřižku strategické hlukové mapy a zároveň prostorovým porovnáním zobrazení těchto veličin. Na základě těchto vyhodnocení bylo realizováno celkové vyhodnocení variant A a B. Vyhodnocení proběhlo na základě příloh 2 – 25.

U varianty A byly použity pro výpočet převzaté hodnoty hluku z modelu strategické hlukové mapy, přičemž zde nehrál roli typ komunikace, takže se převzali hodnoty pro všechny komunikace v sloučené vrstvě silnic a železničních drah.

U varianty B byly použity limitní hodnoty hluku navýšeny o 5 dB(A) pro všechny typy komunikací, které byly považovány za zdroj hluku.

Vyhodnocení výsledků pomocí histogramu spočívalo v porovnání rozdílů generovaných hodnot varianty A a varianty B s modelem strategické hlukové mapy.

Dle použitých statistických nástrojů včetně histogramu byly výsledné rozdílové hodnoty seřazeny v Tabulce 8.

Tabulka 8: Hodnoty Rozdílu dB(A) ve srovnání s modelem strategické hlukové mapy.

Výstřižek číslo:	Varianta A			Varianta B		
	Průměrná hodnota	Max. záporná hodnota	Maximální kladná hodnota	Průměrná hodnota	Maximální záporná hodnota	Maximální kladná hodnota
1	11,8	-57	70	11,4	-33	68
2	8,1	-18	34	12,6	-42	40
6	8,7	-42	30	13,9	-33	33
7	8,3	-22	22	21,1	-13,1	51
8	11,8	-50	45	13,4	-42	45

Z tabulky 8 vyplynulo, že v případě varianty A byly rozdílové hodnoty dB(A) průměrně mezi 8,1 až 11,8, kdežto u varianty B to bylo v rozmezí 11,4 až 21,1. V obou variantách se rozložení rozdílu blížilo nejvíce normálnímu rozdělení ve formě Gaussovy křivky.

Nežli průměrná hodnota rozdílu byl zásadnější rozptyl neboli maximální záporná a kladná hodnota rozdílu. Celkově pro všech pět vyhodnocených výstřižku byla tato hodnota v rozmezí -57 dB(A) až 70 dB(A). Jednalo se sice o minimální počet bodů, které tento rozdíl vykazovali, no i přesto se jednalo o důležitý faktor, který měl vliv na celkovou validaci. Extrémní hodnoty rozdílu se nejčastěji nacházeli na okrajích zkoumaných oblastí, nebo uvnitř neúplně uzavřených prostor uvnitř budov.

Z hlediska prostorového vyhodnocení bylo možné vyvodit tyto závěry:

- 1, Varianta A se vizuálně více blížila modelu strategické hlukové mapy než varianta B.
- 2, Největší prostorová podobnost ve srovnání se strategickou hlukovou mapou byla u obou variant v prostoru zdrojových komunikací. V případě modelovaných hodnot

byly hodnoty hluku sice vyšší oproti strategické hlukové mapě, ale z celkového pohledu šíření hluku zde model kopíroval strategickou hlukovou mapu.

3, Výrazný vliv na výsledek mělo umístění a množství komunikací ve výstřižku.

4, Čím více byl prostor budov uzavřenější tím hůře dokázal model vypočítat hodnotu hluku, na rozdíl od modelu strategické hlukové mapy, kde byly hodnoty stanoveny i pro tyto prostory.

6.3 Porovnání změny parametru Research Ray

Parametr Research Ray byl testován z důvodu, že se jednalo o zásadní parametr pro modelování hluku. Nastavená hodnota v metrech vyjadřuje vzdálenost, kam až se šíří hluk od zdroje.

Pro každou hodnotu parametru Research Ray byly vytvořeny samostatné výstupy ve formě histogramu, rastrového obrázku, bodové vrstvy s grafickým zobrazením db(A) a rozdílu této hodnoty s modelem strategické hlukové mapy.

Zkoumáno tedy bylo nastavení parametru Research Ray pro hodnoty 50 m, 100 m, 250 m, 500 m, 1000 m pro model varianty A výstřižek č. 2. Pro účely porovnání byl pro hodnotu 250 m použity výsledky z výstřižku č. 2 použitého pro modelování ve variantě A z předešlé kapitoly 6.2. Pro parametr nastavení 1000 m se modelování vůbec nezdařilo z důvodu zaseknutí výpočetní techniky i přes vícenásobný pokus modelování.

Prostorové porovnání jednotlivých modelů je zobrazeno v příloze 26.

Z vytvořených modelů vyplynulo, že rozdíly mezi jednotlivými hodnotami vzdálenosti nebyly nijak výrazné. U všech modelů byla většina území namodelována shodně. Jako nejvhodnější se jevila varianta nastavení 500 m, jelikož modelované hodnoty pokryly celou zkoumanou oblast. Zároveň se i vizuálně nejvíce blížil modelu strategické hlukové mapy. Na druhou stranu modelování zabíralo nejvíce času, protože s vyšší hodnotou parametru se mnohonásobně avšak nikoliv lineárně navyšovala i hodnota modelování. Čas modelování byl kolem 9 hodin.

Model pro hodnotu Research Ray 250 m byl až na pár okrajových oblastí s menším pokrytím komunikací shodný s 500 m modelem. Časová náročnost modelování byla nižší, přičemž čas modelování se pohyboval kolem 5 hodin.

50 m model, který sice svými výpočty pokrýval jenom omezenou oblast se výrazně ponášel na předešlé dva modely. Nevýhodou bylo, že v okrajových oblastech, kde končil dosah pokrytí modelování, generoval nízké hodnoty hluku. Čas modelování byl v tomto případě do 10 minut.

Jako nejméně vhodný se jevil 100 m model, jelikož pokrýval celou oblast, a i přesto v oblastech s nižším zastoupením komunikací generoval nízké hodnoty hluku ve větším měřítku než 50 m model.

Z pohledu histogramu byla shledána podobnost mezi 50 m a 100 m modelem a mezi 250 m a 500 m. Rozdíl mezi oběma skupinami byl v rozložení histogramu, kde v první skupině byly hodnoty více rozprostřeny spektrem celého intervalu, kdežto ve skupině druhé byly hodnoty soustředěny do menší oblasti.

7.Diskuse

Výsledky modelování pomocí variant A a B poukázali na vysoké rozpětí rozdílu hodnot oproti modelu strategické hlukové mapy. Průměrně se tato hodnota pohybovala od 8 do 20 dB(A). U varianty A byly zdrojové hodnoty hluku převzaty z modelu strategické hlukové mapy. Prostorově se šíření hluku podobalo strategické hlukové mapě, ale s ohledem na vysoké rozdíly je patrné, že metodika modelování modelu strategické hlukové mapy vycházela z jiných zdrojových vstupních hodnot. Otázkou je tak by se v případě varianty A změnilы výsledky modelu vytvořeného v QGIS pomocí zásuvného modulu OpeNoise, kdyby byly k dispozici originální hodnoty použité společností Ekola group, spol. s r.o. pro model strategické hlukové mapy. Byly by ovšem v tomto případě výsledky totožné, nebo by i přesto byly nalezeny rozdíly v hodnotách 5 dB (A) a více?

Provedené modelace v zásuvném modulu OpeNoise programu QGIS provedly úspěšný výpočet generovaných hodnot hluku u pěti z devíti výstřižků. U výstřižku

3, 4, 5, 9 zásuvní modul hlásil v poslední fázi výpočtu „Calculate Levels“ chybu. I přes prověření přidružených souborů z logového souboru se nepodařila zjistit přesná příčina nekompletního výpočtu. Předpokladem bylo, že na výpočet mají vliv jak rozmístění budov, tak komunikací v prostoru zkoumané oblasti a že k chybě došlo právě na úrovni dočasných souborů vznikajících během tvorby modelu, jejichž následné přepsání po neúspěšné modelaci již nebylo možné. Otázkou zůstává, jak moc má rozmístění budov a komunikací dopad na úspěšnost modelování a jestli by při změně alespoň jednoho z těchto faktorů u neúspěšných výstřižku proběhl výpočet až do konce. Neproběhlý výpočet nebo jiný problém s aplikací samotnou je častý problém opensource programů, které jsou v mnoha případech nabízeny zdarma a s tím souvisejícím odlišným procesem vývoje a získávání zdrojů.

Jiný pohled se nabízí u varianty B, kde zdrojová data vycházela z limitních hodnot stanovených Nařízením vlády č. 217/2016 Sb. Z důvodu, že výsledné hodnoty modelu byly výrazně vyšší, než u modelu strategické hlukové mapy se zdá, že tyto hodnoty byly stanoveny ve vysokých hladinách. Otázkou je, jestli by při nižších dB(A) opravdu došlo k přiblížení se výsledku strategické hlukové mapy, nebo i přesto by byly odchylky vyšší než 5 dB(A) co považují za stále jako významnou odchylku.

Z porovnání varianty A a B vyplynulo, že nižší rozdíly byly detekovány v případě varianty A. To bylo zapříčiněno jednak větším zastoupením komunikací ve zkoumaném území a zároveň z důvodu, že varianta A přebrala zdrojové hodnoty ze strategické hlukové mapy.

Dalším faktorem, který má vliv na finální model je metodika, která byla použita. Pro účely této práce byly vytvořeny osamocené oblasti v rozloze přibližně 1km². To mělo samozřejmě dopad i na samotné výsledky, jelikož na skutečnou hodnotu hluku hlavně v okrajových oblastech výstřižku mají i okolní území, které v této metodice nebyly vzaty v potaz. Otázkou pro další výzkum je, jak by se změnilo výsledky modelu a rozdíly oproti modelu strategické hlukové mapy v případě, že by oblast modelování byla čtyřnásobná a porovnávala by se jenom oblast 1km² uprostřed tohoto výstřižku.

V této práci nebyl prověřen vztah vzdálenosti bodu od zdrojové komunikace na výslednou hodnotu rozdílu. Předpokladem je, že čím je vzdálenost vyšší, tím více

bude výsledek odchýlen od modelu strategické hlukové mapy (hlavně z důvodu jiné metodiky výpočtu). Je tomu ale opravdu tak?

V práci byl prověřen efekt nastavení Research Ray (m) na výsledné hodnoty modelu. Bohužel se nepovedlo realizovat model pro 1000 m. Předpokladem je, že výsledky tohoto modelu by měly být ještě přesnější než u 500 m hodnoty. Byla neúspěšnost tohoto modelování způsobena opravdu jenom náročností výpočtu, nebo na ní měl vliv i faktor rozmístění budov a komunikací daného výstřižku č. 2? Důvodem proč se 500 m model nejvíce blížil strategické hlukové mapě bylo vícenásobné překrytí jednotlivých bodů příjmu od různých zdrojových komunikací a tím pádem byl výsledek nejpřesnější.

8.Závěr a přínos práce

Tato bakalářská práce měla za cíl porovnat model strategické hlukové mapy vytvořený společností Ekola group, spol. s r.o. a model vytvořený v opensource programu QGIS pomocí jeho zásuvného modulu OpeNoise. Pro toto porovnání byly použity dvě metody získání zdrojových dat. Jednalo se o metodu přebrání hodnot v místech komunikací z modelu strategické hlukové mapy a o metodu vycházející z limitních hodnot stanovených Nařízením vlády č. 217/2016 Sb. Výsledky potvrdili, že rozdíl hodnot hluku se v obou případech výrazně lišil a v globálu se tyto hodnoty pohybovali v intervalu od -57 dB(A) až do 70 dB(A). Příčinou těchto vysokých rozdílů bylo použití jiné metodiky získání zdrojových dat sloužících pro samotný výpočet. Dále bylo potvrzeno, že umístění komunikací a budov má zásadní dopad na kvalitu výpočtu a jeho úspěšnost realizace.

V druhé části této práce byl zkoumán vliv změny parametru Research Ray (m) na výsledný model. Zde bylo potvrzeno, že hodnota tohoto parametru má významný dopad na samotný výsledek modelu, který se zpřesňuje (v porovnání s modelem strategické hlukové mapy) s jeho narůstající hodnotou. Zároveň bylo potvrzeno, že se se změnou toho parametru mění i délka samotného výpočtu, která se pohybuje v jednotkách minut až desítkách hodin dle použité hodnoty tohoto parametru.

Jako významný přínos této práce vidím v potvrzení faktu, že jak model strategické hlukové mapy, tak model vytvoření v programu QGIS používají stejné metodiky výpočtu. Tento závěr lze činit na základě výsledků prostorového porovnání modelu strategické hlukové mapy a varianty A i B. Zároveň se jedná pravděpodobně o jedno z prvních porovnání modelování pomocí OpeNoise a modelu strategické hlukové mapy pro rozlehlější oblasti.

Na základě výsledků je možné konstatovat, že použití programu QGIS a jeho zásuvného modulu OpeNoise je vhodné použít zejména na zkoumání malých území v blízkosti komunikací tvořících zdroj hluku. Takto realizovaná studie byla zpracována v Rumunsku ve městě Vaslui s uspokojivými výsledky (Sorea et al. 2019). Model je vhodné použít jenom jako doplňkovou informaci, nebo pro sledování trendu změny hodnot při změnách zdrojových dat. To je ideální například v případě stavebních úprav či změnách stavu komunikace.

Z důvodu volné dostupnosti tohoto programu QGIS a jeho zásuvného modulu OpeNoise je tato volba vhodná alternativa pro soukromé nekomerční použití.

9.Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace:

- Adamec V., 2008: Doprava, zdraví a životní prostředí, Praha, ISBN 978-802-4721-569.
- Bocher E., Guillaume G., Picaut J., Petit G., Fortin N., 2019: Noise Modelling: An Open Source GIS Based Tool to Produce Environment Noise Maps. ISPRS Int. J. Geo-Inf. Volume 8, Issue 3. Article 130.
- Dudová J., 2013: Právní aspekty ochrany veřejného zdraví před environmentálním hlukem, Masarykova univerzita, Brno, ISBN 978-80-210-6522-2.
- Havránek J. a kol., 1990: Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, ISBN 80-201-0020-2.
- Lepil O., 2012: Mechanické kmitání a vlnění, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, ISBN 978-80-244-3295-3.

- Liberko M., 2004: Hluk v prostředí. Ministerstvo životního prostředí, Praha, ISBN 80-7212-271-1.
- WHO, 2018: Environmental Noise Guidelines for the European Region, ISBN 978- 92-890-5356-3.
- Zamora W., Calafate C., Cano J.C., Manzoni P., 2017: Accurate Ambient Noise Assessment Using Smartphones. Sensors Volume 17, Issue 4. Article 917.

Legislativní zdroje:

- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění.
- Zákon č. 205/2020 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění.
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, v platném znění.
- Nařízení vlády 217/2016 Sb., kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, v platném znění.
- Vyhláška č. 315/2018 Sb., o strategickém hlukovém mapování, v platném znění.
- Vyhláška č. 561/2006 Sb., o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku, v platném znění.

Internetové zdroje:

- Arpa Piemonte ©2019: OpeNoise (online) [cit.2021.02.11], dostupné z <https://github.com/Arpapiemonte/openoise-map/blob/master/i18n/opeNoise_en.ts>.
- Bodin T., Björk J., Ardö J., Albin M., 2015: Annoyance, sleep and concentration problems due to combined traffic noise and the benefit of quiet side. Int J Environ Res Public Health. 2015;12(2):1612-1628. Published 2015 Jan 29. (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4344683/>>.

- CENIA, ©2018: Zpráva o životním prostředí České republiky 2018 (online) [cit.2021.01.18], dostupné z <https://www.komora.cz/files/uploads/2019/09/ma_ALBSBGAJ8984.pdf>.
- EPS ©2010: Ekologický právní servis (online) [cit.2021.01.07], dostupné z <https://aa.ecn.cz/img_upload/a6fff2d4939ff74268dd80e1c2102b42/podrobny_hlukovy_pravni_radce_obcana_1.pdf>.
- ESRI ©2020: What is ArcMap?, Environmental Systems Research Institute, Inc. (online) [cit.2021.01.22], dostupné z <<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/main/what-is-arcmap-.htm>>.
- EUR-LEX ©2021: 32003H0613, Commission Recommendation of 6 August 2003 concerning the guidelines on the revised interim computation methods for industrial noise, aircraft noise, road traffic noise and railway noise, and related emission data (Text with EEA relevance) (notified under document number C(2003) 2807) (online) [cit.2021.02.07], dostupné z <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32003H0613:EN:HTML>>.
- Fogola, J., Masera, S., de Leon, G., 2018: L'aggiornamento del modello di calcolo previsionale libero openoise, Associazione Italiana di acustica, 2018 (online) [cit. 2021.01.09], dostupné z <http://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/events/eventi-2018/OpeNoisemap.pdf/at_download/file>.
- Freitas, E., Mendonca, C., Santos, J.A., Murteira, C., Ferreira, J.P., 2012: Traffic noise abatement:How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 17, Issue 4, 2012, Pages 321-326 (online) [cit. 2021.01.09], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920912000144>>.
- GEOFABRIK, ©2018: Geofabrik GmbH and OpenStreetMap Contributors (online) [cit.2021.01.07], dostupné z <<https://download.geofabrik.de/europe.html>>.
- GISGeography.com ©2021: 27 Differences Between ArcGIS and QGIS (online) [cit.2021.01.21], dostupné z <<https://gisgeography.com/qgis-arcgis-differences/>>.

- GisMentors ©2019: Školení QGIS pro začátečníky (online) [cit.2021.01.08], dostupné z <<https://training.gismentors.eu/qgis-zacatecnik/2.18/>>.
- Gulliver J., Morley D., Vienneau D., Fabbri F., Bell M., Goodman P., Beevers S., Dajnak D., Kelly F.J., Fecht D., 2015: Development of an open-source road traffic noise model for exposure assessment, *Environmental Modelling & Software*, Volume 74, 2015, Pages 183-193, ISSN 1364-8152, (online) [cit. 2021.01.09], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136481521400379X>>.
- Hluk&Emise, ©2007: Zdroje Hluku a přehled nástrojů řešení (online) [cit.2021.01.07], dostupné z <<http://hluk.eps.cz/hluk/zdroje-hluku-a-prehled-nastroju-reseni/>>.
- Cholava R., Matysík M., 2008: Hodnocení vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk, *Doprava, zdraví a životní prostředí*, Litomyšl, III. Česko-slovenská konference, 2008, Pages 95-102, (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <<https://docplayer.cz/1956205-Doprava-zdravi-a-zivotni-prostredi.html>>.
- IPR Praha, ©2019: Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy (online) [cit.2021.01.07], dostupné z <<https://www.geoportalpraha.cz/cs/data/otevrena-data/seznam>>.
- King R.P., Davis J.R., 2003: Community noise: Health effects and management, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, Volume 206, Issue 2, 2003, Pages 123-131, ISSN 1438-4639, (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463904702023>>.
- KONSTRUKCE Media, s.r.o., ©2021: Automobilový hluk (online) [cit.2021.01.07], dostupné z <<http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>>.
- Křivánek V., 2010: Problematika hlučnosti povrchů vozovek, *Centrum dopravního výzkumu*, Brno, 2010 (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <<https://www.cdv.cz/file/seminar-skanska-problematika-hlucnosti/>>.
- Křivánek V., Huzlík J., 2012: Provoz, údržba a opravy silničních vozidel, část II – Hluk z dopravy a stanovení koncentrací znečišťujících látek v ovzduší (online) [cit. 2021.01.09], dostupné z <http://www.vvvd.cz/doc/cms_library/provoz-a-udrzba-cast-ii-397.pdf>.

- Ládyš L., 2018: Problematika hluku ze silniční dopravy, Sdružení pro výstavbu silnic, Školení STEPS 9 Nízkohlučné povrchy vozovek, 2018 (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z < <https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReGb6ZjVw1mcZ2YMThaBadsokhRZbJRlkSD8Zgyqp4bxvVOR%2FmAXNYka0stceWRARKhVU5zZT7HPE%2FGIajzTUt%2BPK2L7AYkcFobz2b1z8ga%2BC%2FmFKN2qcGZdx8jfD67gYzBvOcR97mQRt%2FHhXQ%2BkmU82Sd7NUKy9NiikTZ6c381xA9DIKrMaAGa2ZF348OkpCI6428V8kgLD7zItO%2FX1LUf5BRMqA3NvVyFUJ9HDS7eimIEAViyk01hliceiwBRiMQ6eT%2FtCtN4GCTu%2Fq6a5Llj3QAFDxoGIgwDOOm2lAxW6eqDZEGzuUFlviBso8PdQS5uy7xPNHHpIsCNzbHos3Z0IS1nKzDxi4fTHqVU1JUJCmo0Wk6Fal1bAzli1oZjNMACSvezzgFycoZvjvh3IMLPlvz3ERYT4gfMIOzPrTJfml02y2MR0DasZP2OBZZLZVgYia6r9MFQHQ4khj8FaKd93cg8qiET0Lvffi2%2FkgBsTYugrY29KMKvBo%2BPeHm3zPQ%3D%3D&tname=SiteContent.aspx>>.
- Máca V., Uban J, Melichar J, Krivánek V, 2012: Metodika oceňování hluku z dopravy (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <https://www.czp.cuni.cz/czp/images/stories/Vystupy/TranExt/metodika_hluk.pdf>.
- Magistrát hlavního města Prahy ©2021: Hlukové mapování, měření a další hodnocení na území hl. m. Prahy (online) [cit.2021.01.11], dostupné z <http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/hluk/hlukove_mapovani/index.xhtml>.
- Mioweb, ©2021: Co je open source (online) [cit.2021.01.27], dostupné z < <https://www.mioweb.cz/slovnicek/open-source/>>.
- Muet, A., 2007: Environmental noise, sleep and health, Sleep Medicine Reviews, Volume 11, Issue 2, 2007, Pages 135-142, (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087079206001055>>.
- MZČR, ©2017: Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Věstník ministerstva zdravotnictví České republiky, vol. 11, 2017 (online) [cit.2021.01.16], dostupné z < <https://www.mzcr.cz/wp-content/uploads/wepub/14382/36099/V%C4%9Bstn%C3%ADk%20MZ%20%C4%8CR%2011-2017.pdf>>.

- MZČR, ©2020: Nepříznivé účinky hluku na člověka (online) [cit.2021.01.15], dostupné z < <https://www.mzcr.cz/nepriznive-ucinky-hluku-na-cloveka/>>.
- MZČR-a, ©2021: Základní popis 3. kola SHM (online) [cit.2021.01.15], dostupné z < <https://www.mzcr.cz/zakladni-popis-3-kola-shm/>>.
- MZČR-b, ©2021: Základní popis 4. kola SHM (online) [cit.2021.01.15], dostupné z < <https://www.mzcr.cz/zakladni-popis-4-kola-shm/>>.
- Neubergová, K., 2011: Problematika hluku ze železniční dopravy, Stavebnictví, Volume 11, Issue 10, 2007, Pages 33-36, (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <https://www.vlaky.net/upload/images/reports/006734/Stavebnictvi-problematika_hluku.pdf>.
- noise-planet.org ©2021: NoiseModelling (online) [cit.2021.02.16], dostupné z < <https://noise-planet.org/noisemodelling.html>>.
- Novák J., 2011: Snižování hluku ze silniční dopravy, Seminář Hlukové studie v procesu EIA, CEMC, Praha, 2011 (online) [cit. 2021.01.17], dostupné z <<https://www.slideserve.com/reegan/sni-ov-n-hluku-ze-silni-n-dopravy-powerpoint-ppt-presentation>>.
- NRL ©2007: Zpráva o zpracování Strategické hlukové mapy ČR, Národní referenční laboratoř, 2007 (online) [cit.2021.01.20], dostupné z < <https://www.mb-eko.cz/sites/default/files/documents/category/sekce-webu/hlavni/aktualita/zprava-o-zpracovani-shm.pdf>>.
- Praha.cz ©2015: Hlavní město Praha (online) [cit.2021.01.10], dostupné z <<https://www.praha.cz/mesto-praha/hlavni-mesto-praha>>.
- Příspěvatelé OpenStreetMap ©2020: Autorská práva a licence (online) [cit.2021.01.09], dostupné z <<https://www.openstreetmap.org/copyright>>.
- QGIS ©2021: QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS (online) [cit.2021.01.16], dostupné z < <https://qgis.org/en/site/about/index.html>>.
- SKOMPASEM.CZ ©2019: Pražská nej II. – podnebí (online) [cit.2021.01.11], dostupné z < <https://skompasem.cz/prazska-nej-ii-podnebi/>>.
- Şorea I., Stoleriu C.C., Ursu A., Urzica A., 2019: Assessment of the population exposed to road traffic generated noise. Case study: Vaslui Town Romania. (online) [cit. 2021.01.16], dostupné z <https://www.researchgate.net/publication/335452516_assessment_of_the_p>.

opulation_exposed_to_road_traffic_generated_noise_case_study_vaslui_town_romania#pf2>.

- SZÚ ©2010: Vliv hluku na kardiovaskulární systém, Státní zdravotní ústav (online) [cit.2021.01.07], dostupné z < <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku/kardiovaskularni> >.
- VŠB-TU Ostrava ©2009: Vzdělávací moduly (online) [cit.2021.02.07], dostupné z < <http://projekt150.ha-vel.cz/node/6> >.

Seznam Obrázků:

Obrázek 1: Sluchové pole.

Obrázek 2: Zvuk v závislosti na čase.

Obrázek 3: Strategická hluková mapa pro aglomeraci Praha.

Obrázek 4: Model vytvoření v OpeNoise za využití všech 4 scriptů pro výstřižek č.2.

Obrázek 5: Zobrazení jednotlivých lokalit 1-9 v Praze určených pro validaci.

Obrázek 6: Rozdíl v zobrazení při použití souřadnicového systému WGS-84 a S-JTSK.

Obrázek 7: Vývojový diagram vytvoření vrstev pro vybranou lokalitu.

Obrázek 8: Bodová vrstva Receivers určená pro modelaci hluku pro výstřižek č. 2.

Obrázek 9: Příklad nastavení zásuvného modulu OpeNoise pro výstřižek č.2.

Obrázek 10: Typy urbanistických obvodů s residenční funkcí v Praze.

Tabulka 1: Přípustná denní dávka hluku.

Tabulka 2: Jednotlivá stadia spánku a jejich rozložení.

Tabulka 3: Hygienické limity pro hodnoty hluku působeného dopravou na pozemních komunikacích a drahách – včetně korekce + 5 dB pro starou hlukovou zátěž.

Tabulka 4: Ukázka dat atributové tabulky strategické hlukové mapy.

Tabulka 5: Seznam vrstev dostupných z Openstreet maps.

Tabulka 6: Limitní hodnoty hluku.

Tabulka 7: Finální tabulka hodnot dB pro zdroje hluku.

Tabulka 8: Hodnoty Rozdílu dB(A) ve srovnání s modelem strategické hlukové mapy.

URL 1: Sluchové pole Autor: Thehappyv – Own work, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=29959713>

URL 2: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/218-pusobeni-zvuku-v-case-ekvivalentni-hladina>

URL 3: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB98126>

URL 4: Tabulka : <http://solen.cz/pdfs/lek/2009/01/04.pdf>

URL 5: http://envis.prahamesto.cz/rocenky/Pr18_pdf/ElzpravaZP18_kapB5_03122019.pdf

URL 6:
http://urrlab.cz/sites/default/files/_UPLOAD/13_ourednicek_kol_prostorova_typologie_a_zonace_prahy.pdf

Seznam Příloh:

Příloha 1: Vrstva receivers před a po eliminaci chybných výsledků pro výstřižek č.1

Příloha 2: Výstřižek č. 1

Příloha 3: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 1

Příloha 4: Histogram pro variantu A - Výstřižek č. 1

Příloha 5: Histogram pro variantu B - Výstřižek č. 1

Příloha 6: Výstřižek č. 2

Příloha 7: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 2

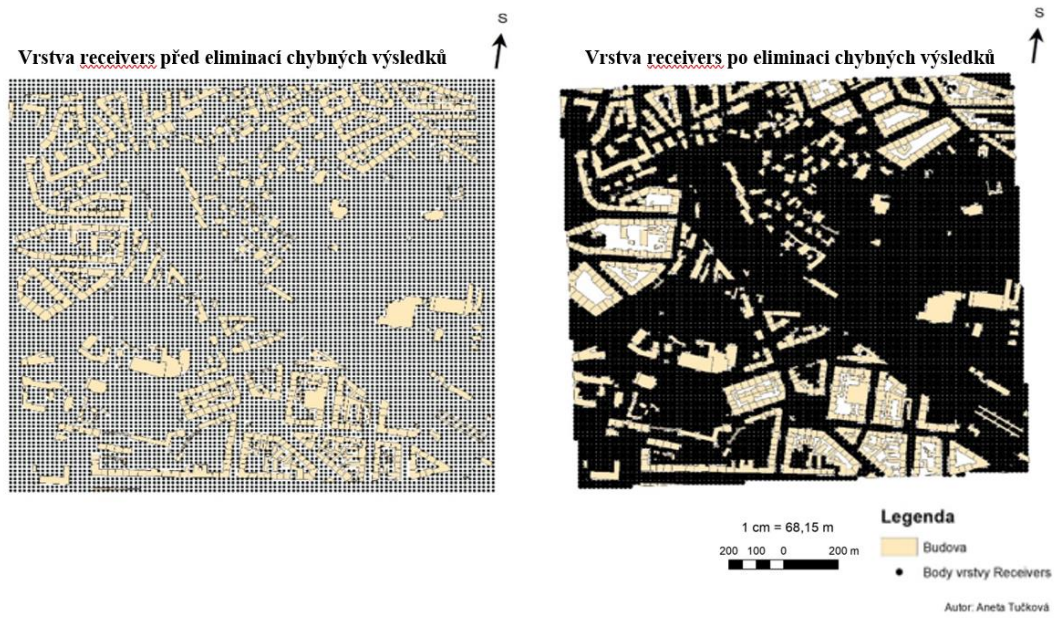
Příloha 8: Histogram pro variantu A - Výstřižek č. 2

Příloha 9: Histogram pro variantu B - Výstřižek č. 2

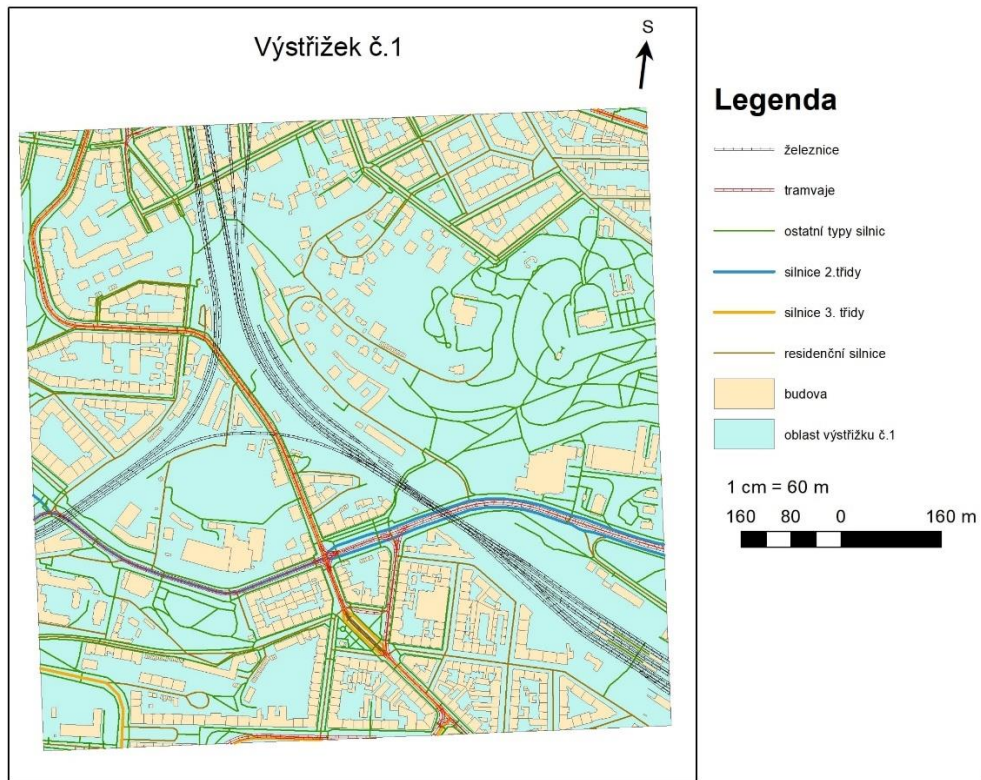
- Příloha 10: Výstřížek č. 3
- Příloha 11: Výstřížek č. 4
- Příloha 12: Výstřížek č. 5
- Příloha 13: Výstřížek č. 6
- Příloha 14: Prostorové vyhodnocení - Výstřížek č. 6
- Příloha 15: Histogram pro variantu A - Výstřížek č. 6
- Příloha 16: Histogram pro variantu B - Výstřížek č. 6
- Příloha 17: Výstřížek č. 7
- Příloha 18: Prostorové vyhodnocení - Výstřížek č. 7
- Příloha 19: Histogram pro variantu A - Výstřížek č. 7
- Příloha 20: Histogram pro variantu B - Výstřížek č. 7
- Příloha 21: Výstřížek č. 8
- Příloha 22: Prostorové vyhodnocení - Výstřížek č. 8
- Příloha 23: Histogram pro variantu A - Výstřížek č. 8
- Příloha 24: Histogram pro variantu B - Výstřížek č. 8
- Příloha 25: Výstřížek č. 9
- Příloha 26: Prostorové vyhodnocení – parametr Research Ray - Výstřížek č. 2

10. Přílohy

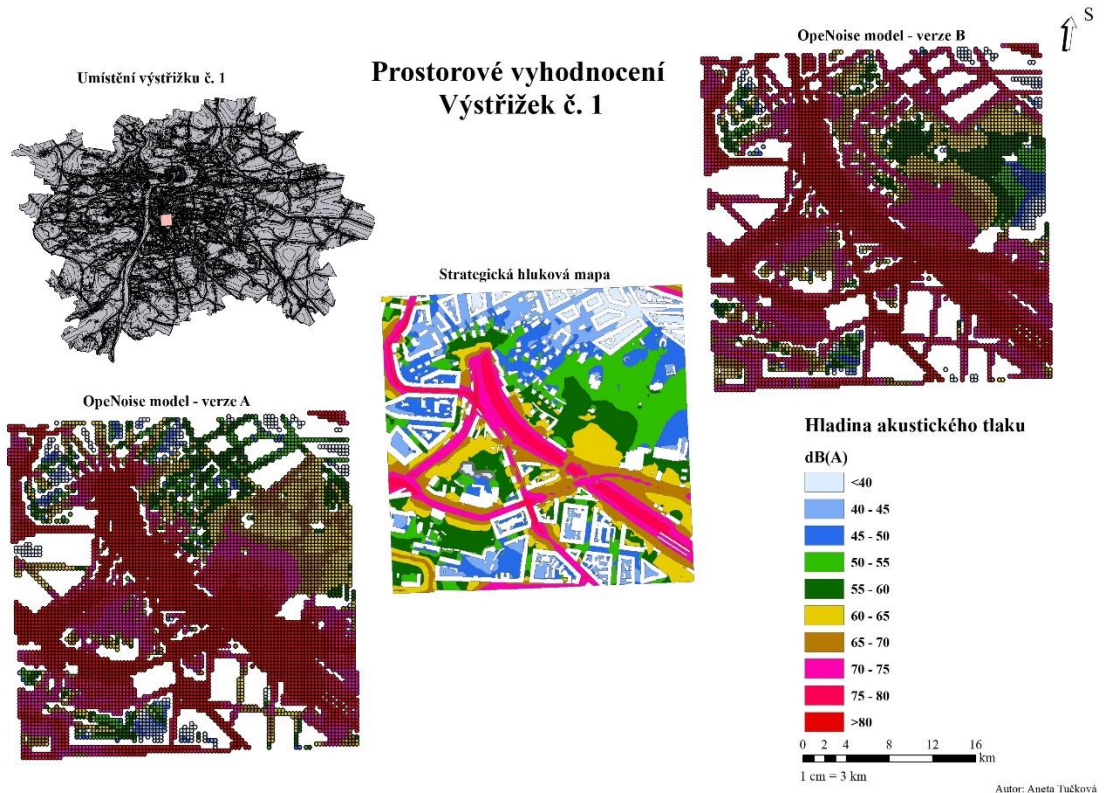
Příloha 1: Vrstva receivers před a po eliminaci chybných výsledků pro výstřižek č.1



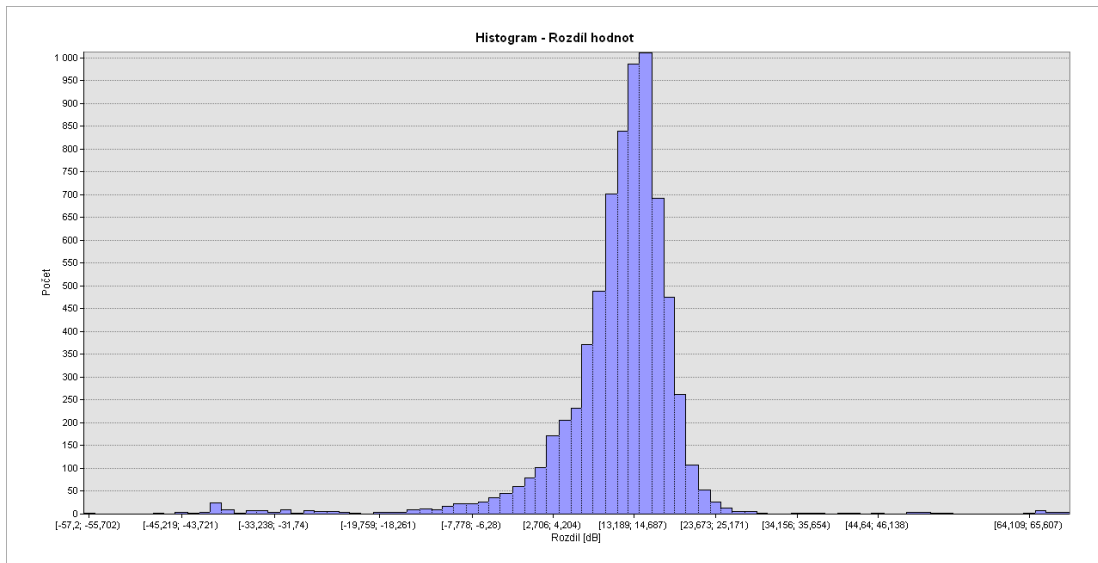
Příloha 2: Výstřižek č. 1



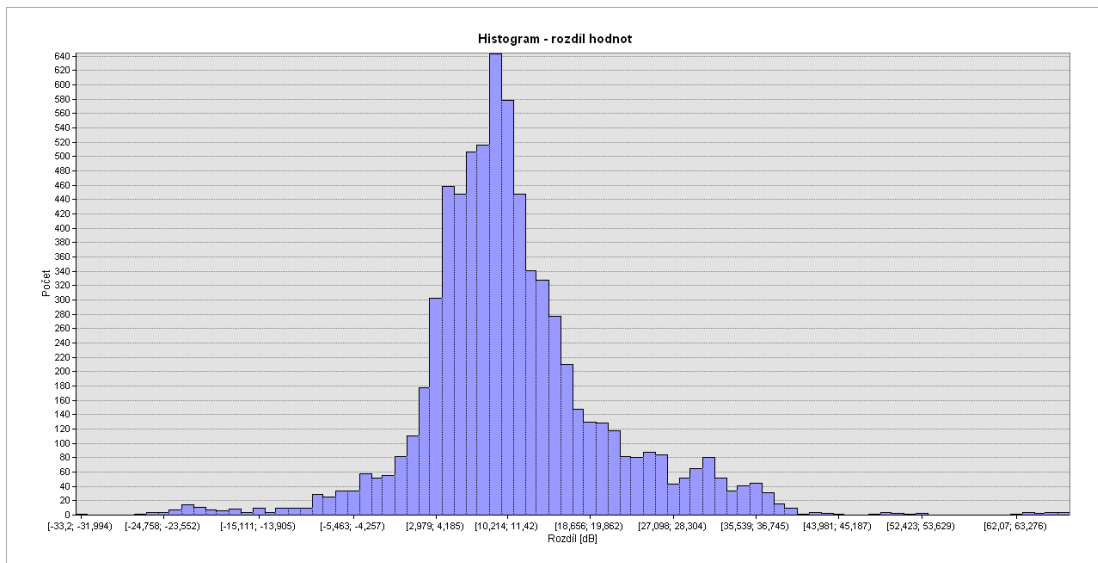
Příloha 3: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 1



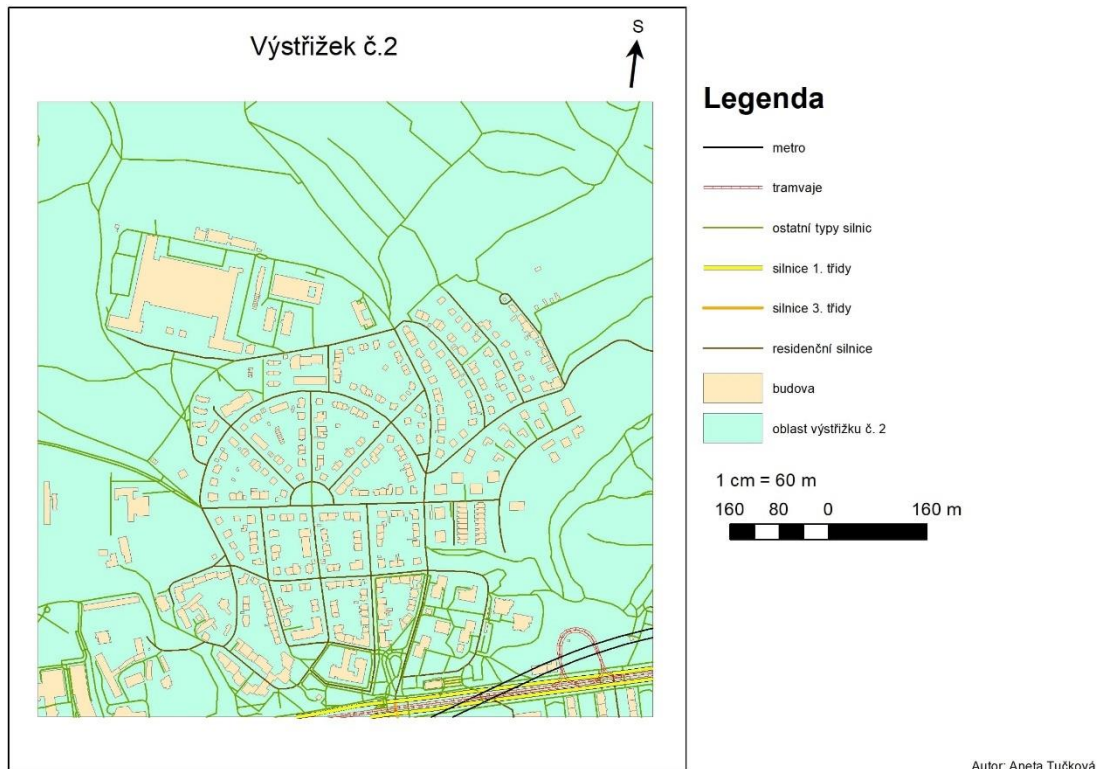
Příloha 4: Histogram pro variantu A - Výstřížek č. 1



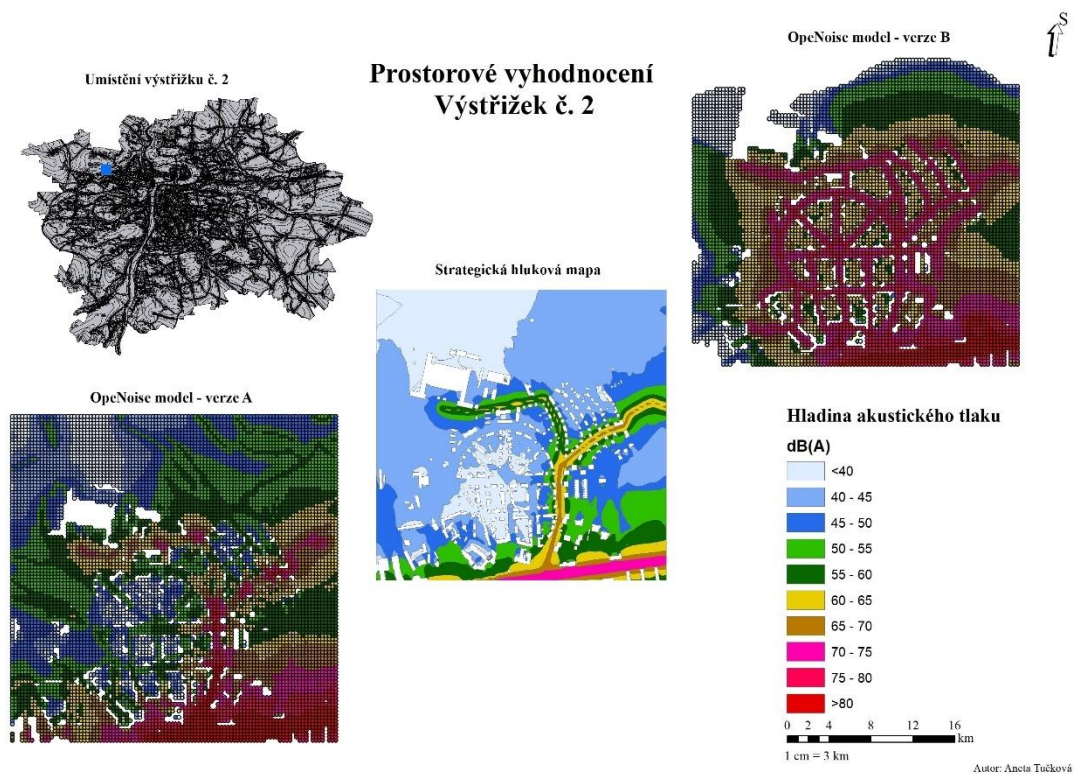
Příloha 5: Histogram pro variantu B - Výstřížek č. 1



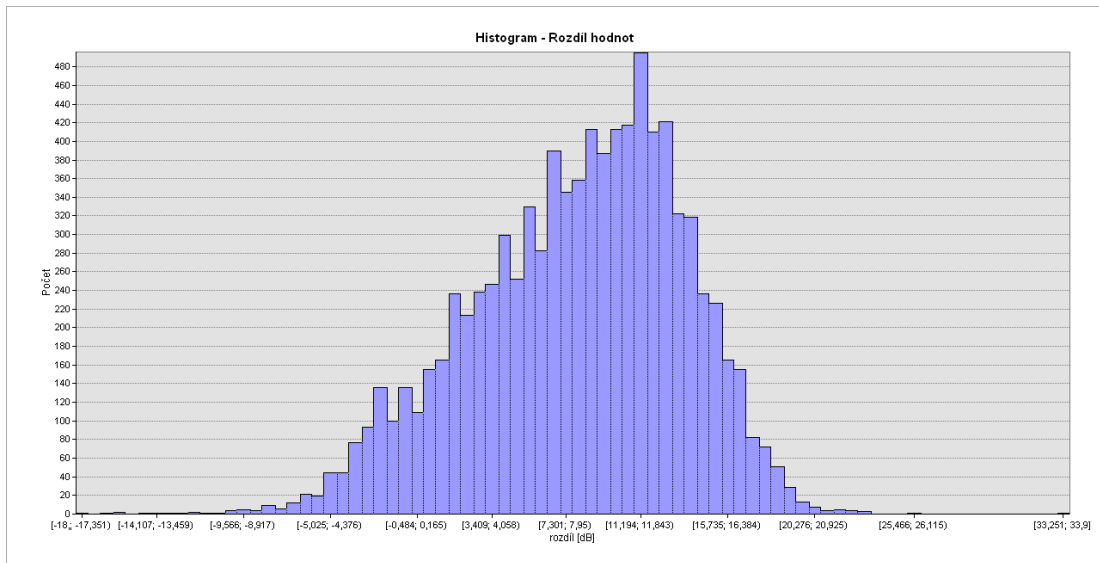
Příloha 6: Výstřižek č. 2



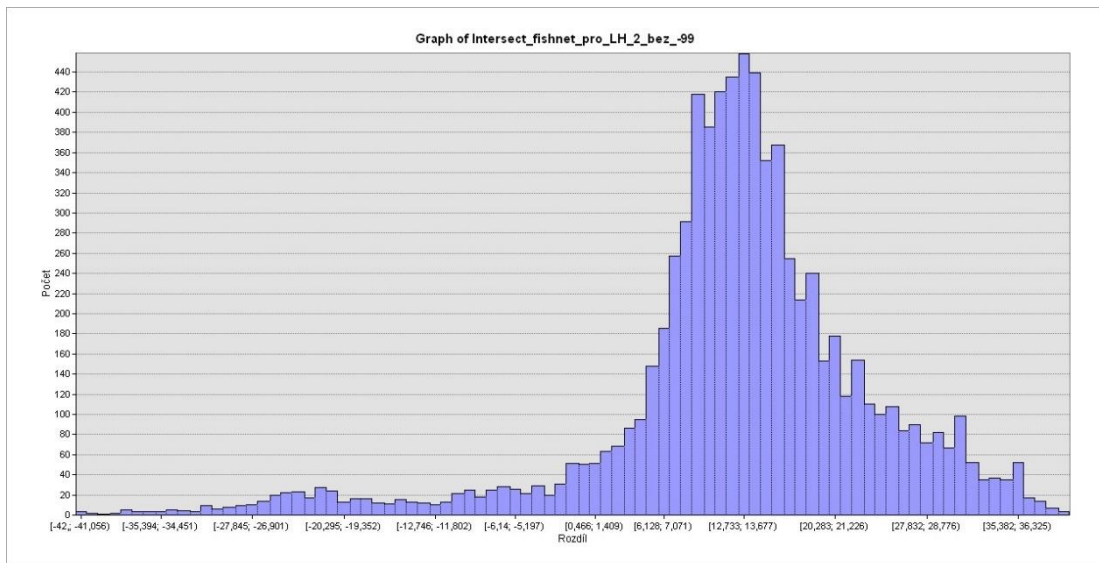
Příloha 7: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 2



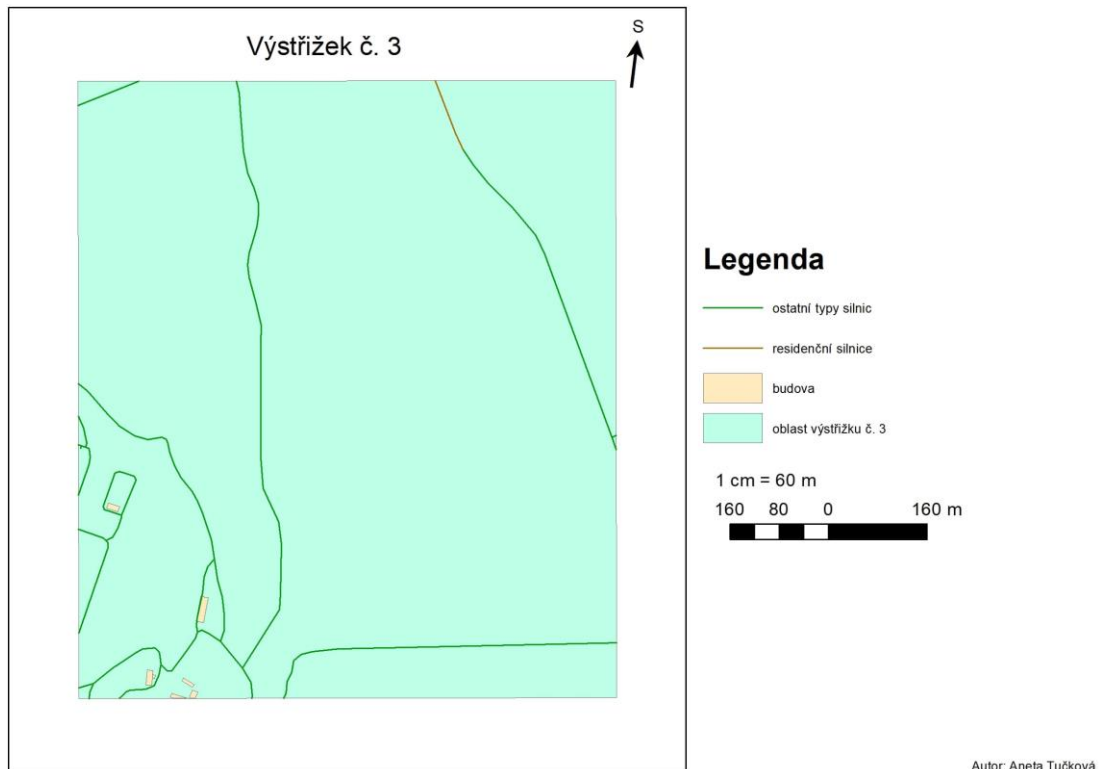
Příloha 8: Histogram pro variantu A - Výstřižek č. 2



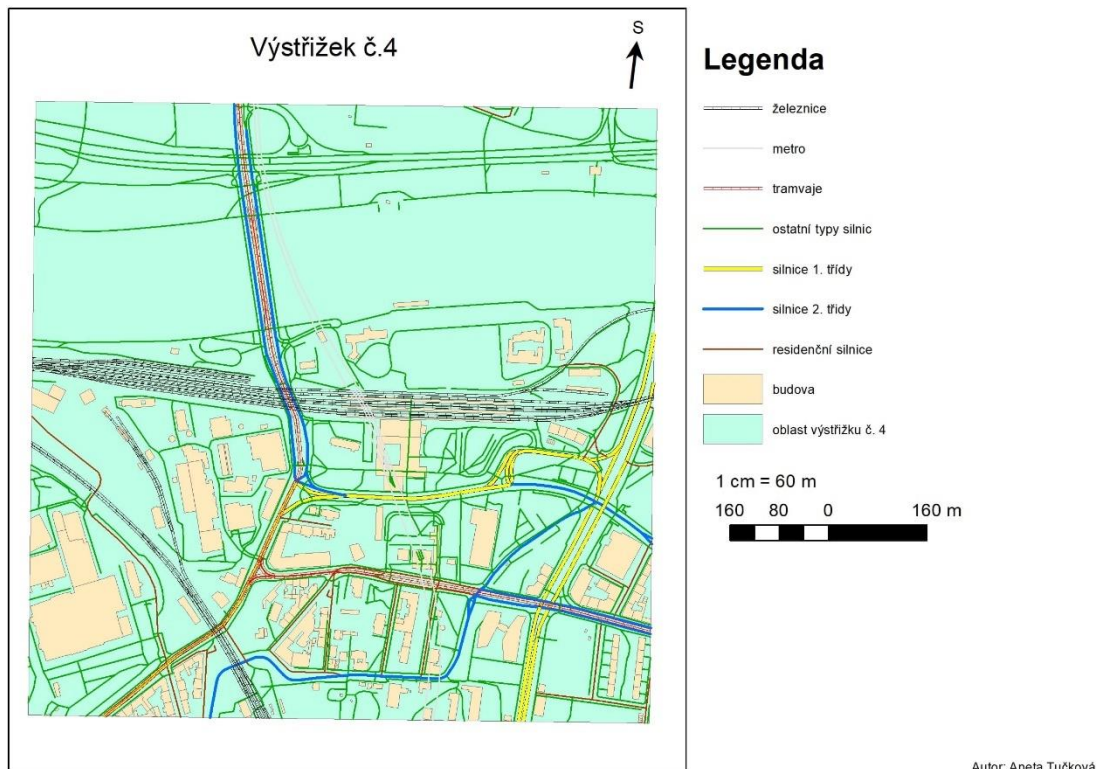
Příloha 9: Histogram pro variantu B - Výstřižek č. 2



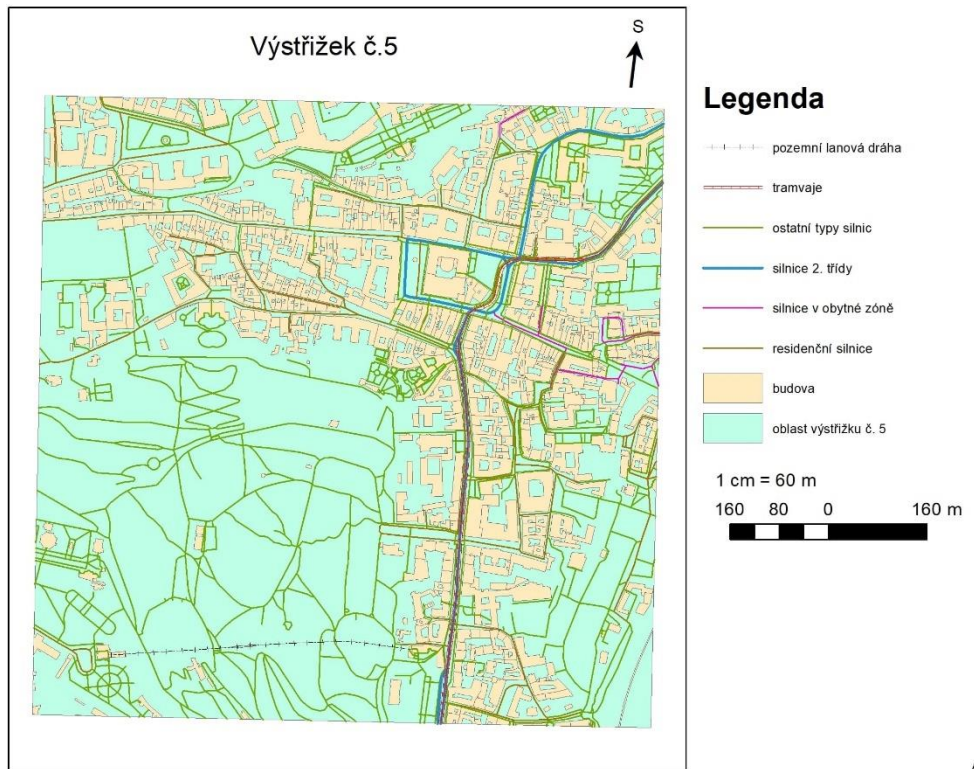
Příloha 10: Výstřižek č. 3



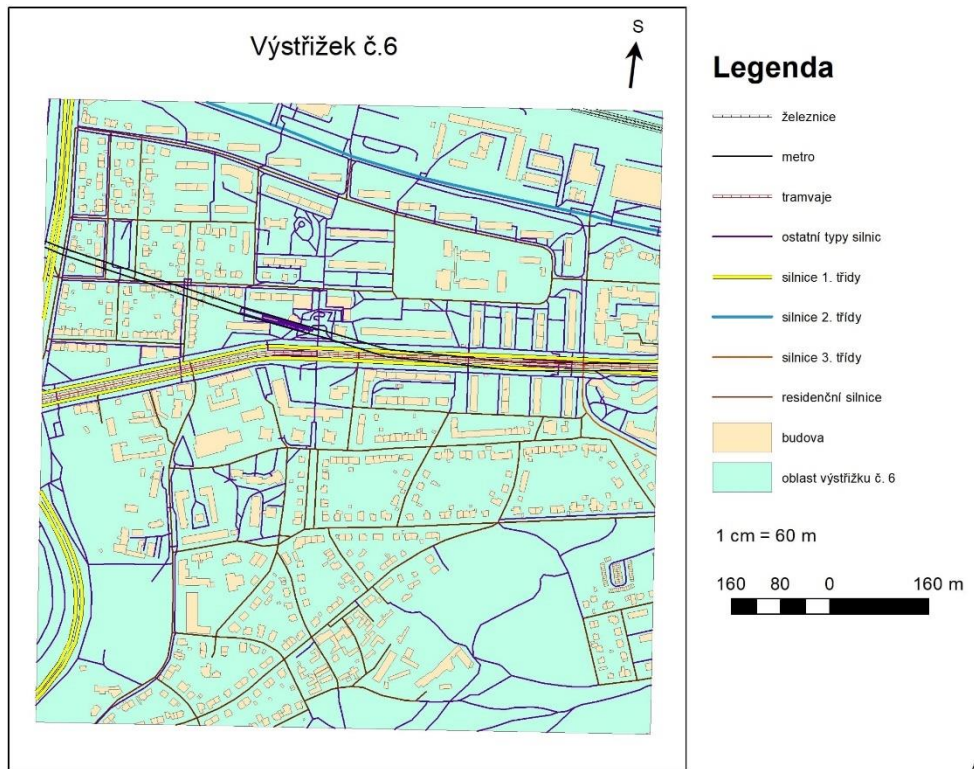
Příloha 11: Výstřižek č. 4



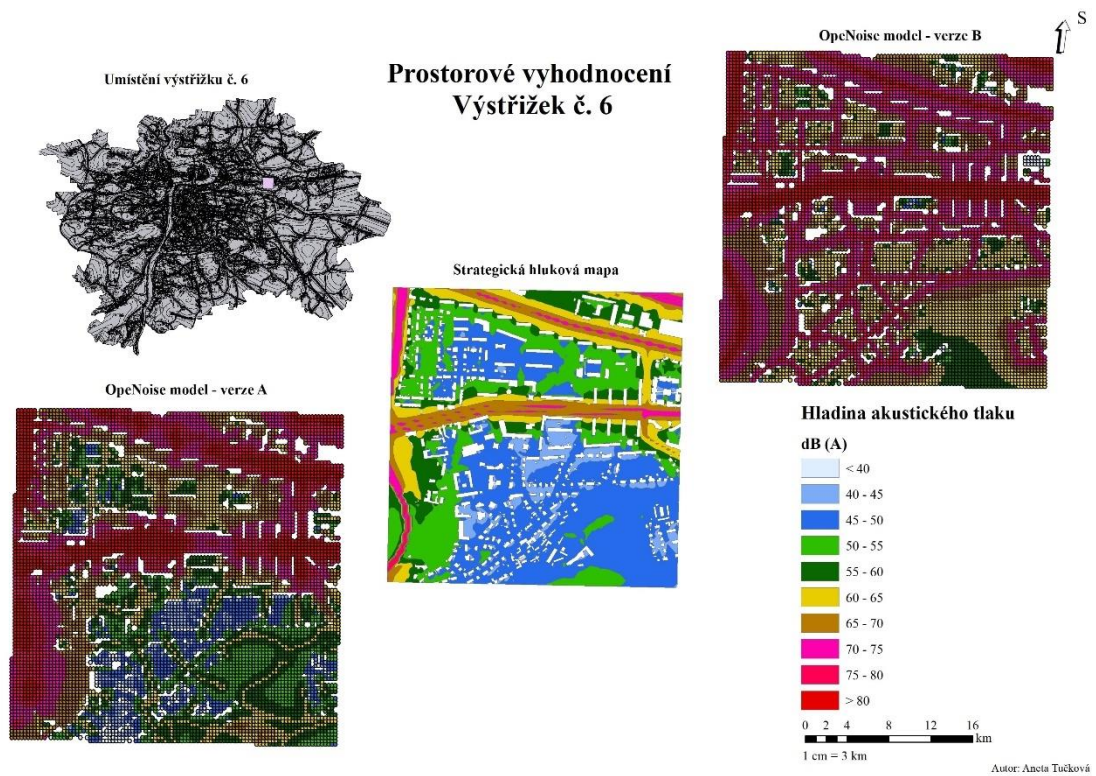
Příloha 12: Výstřižek č. 5



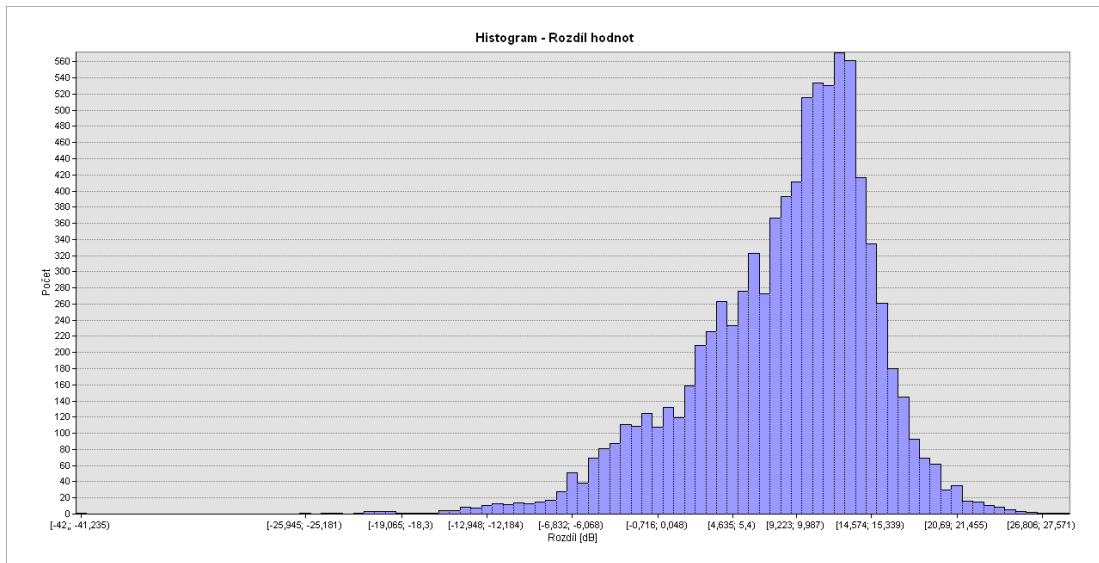
Příloha 13: Výstřižek č. 6



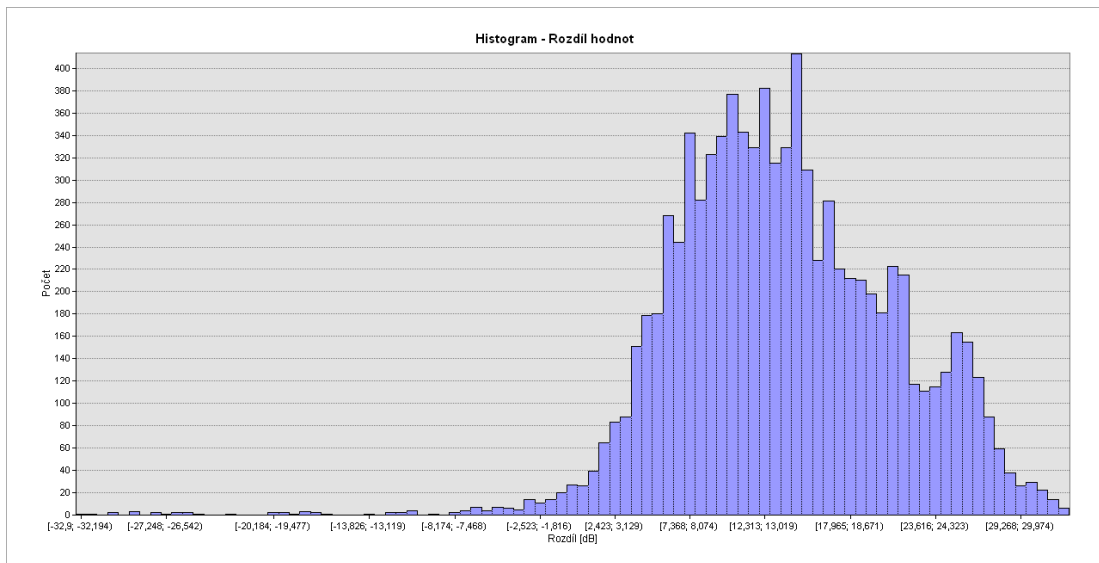
Příloha 14: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 6



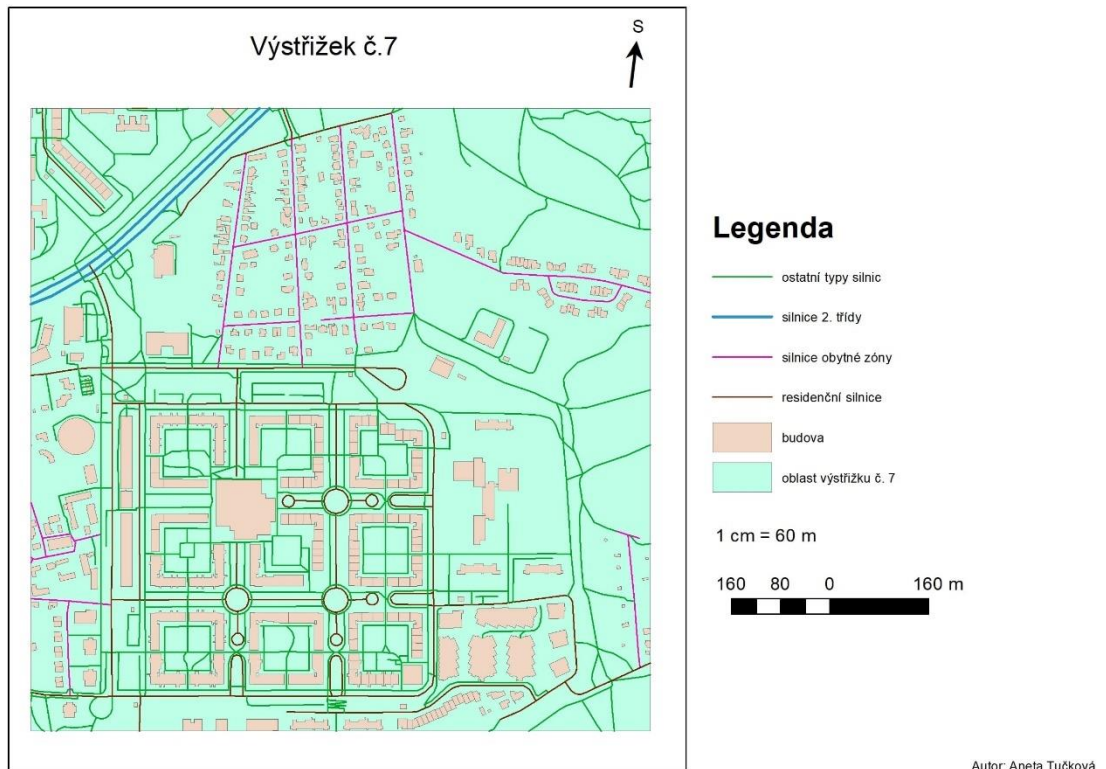
Příloha 15: Histogram pro variantu A - Výstřížek č. 6



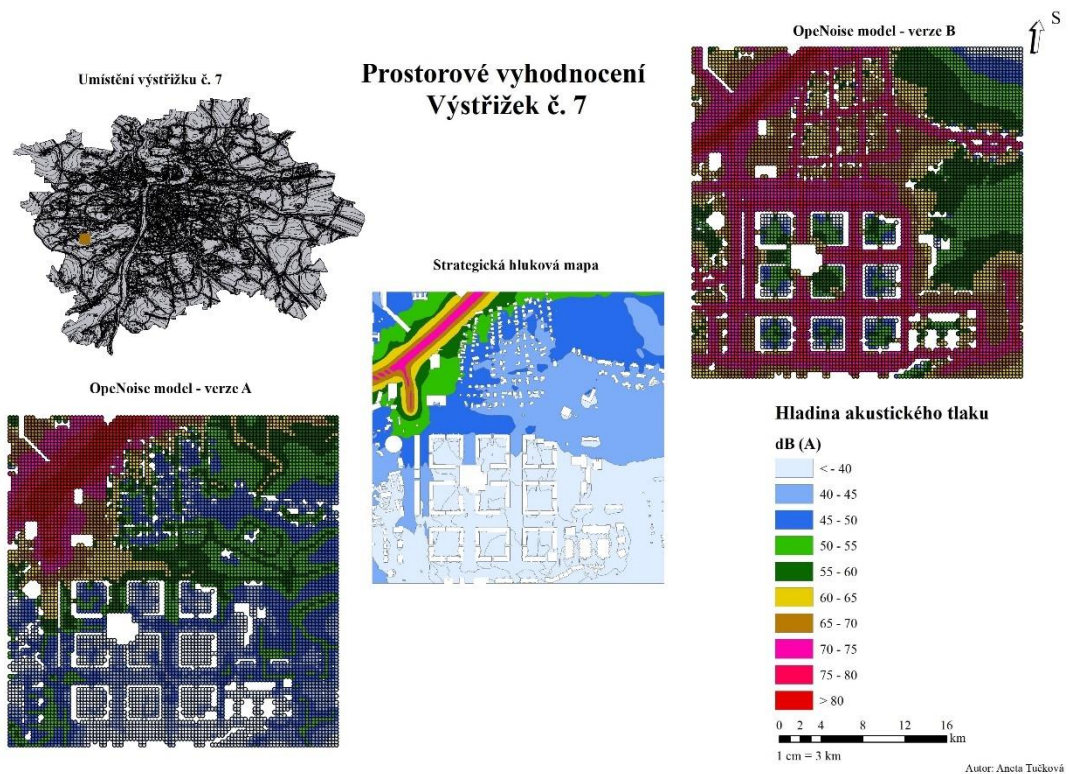
Příloha 16: Histogram pro variantu B - Výstřížek č. 6



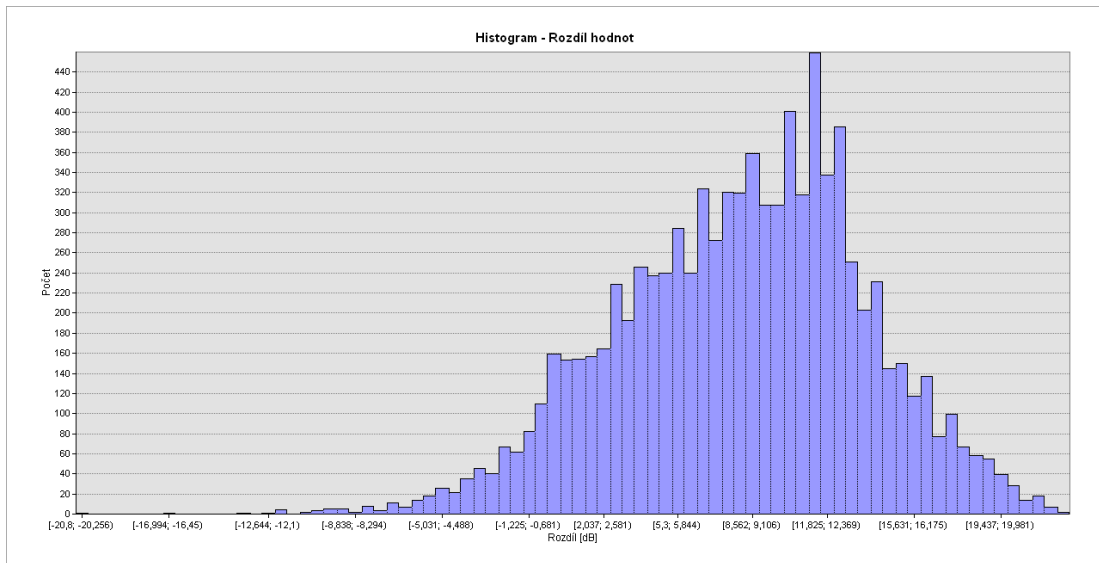
Příloha 17: Výstřižek č. 7



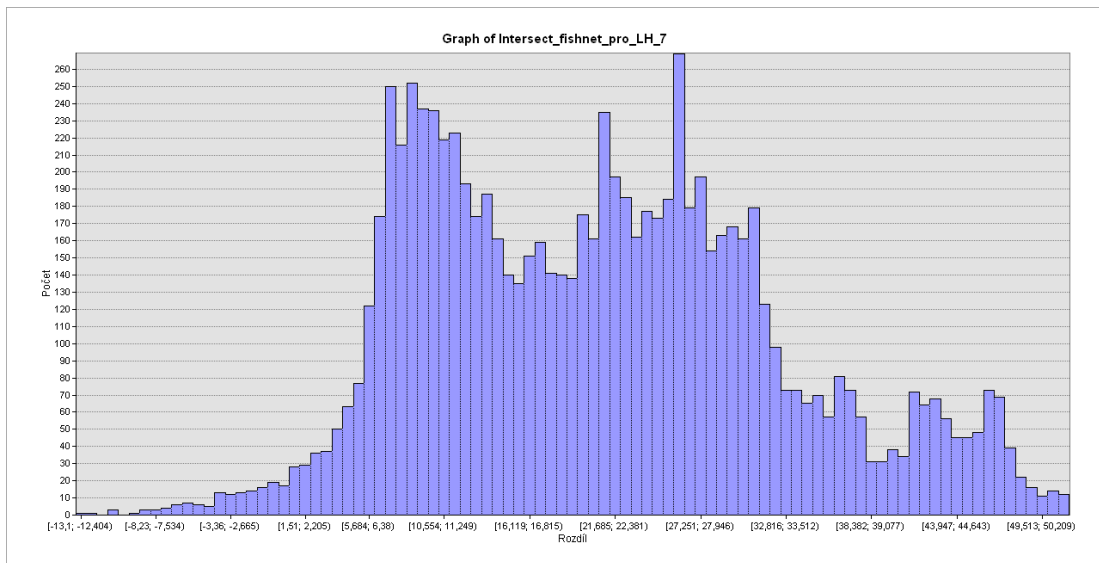
Příloha 18: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 7



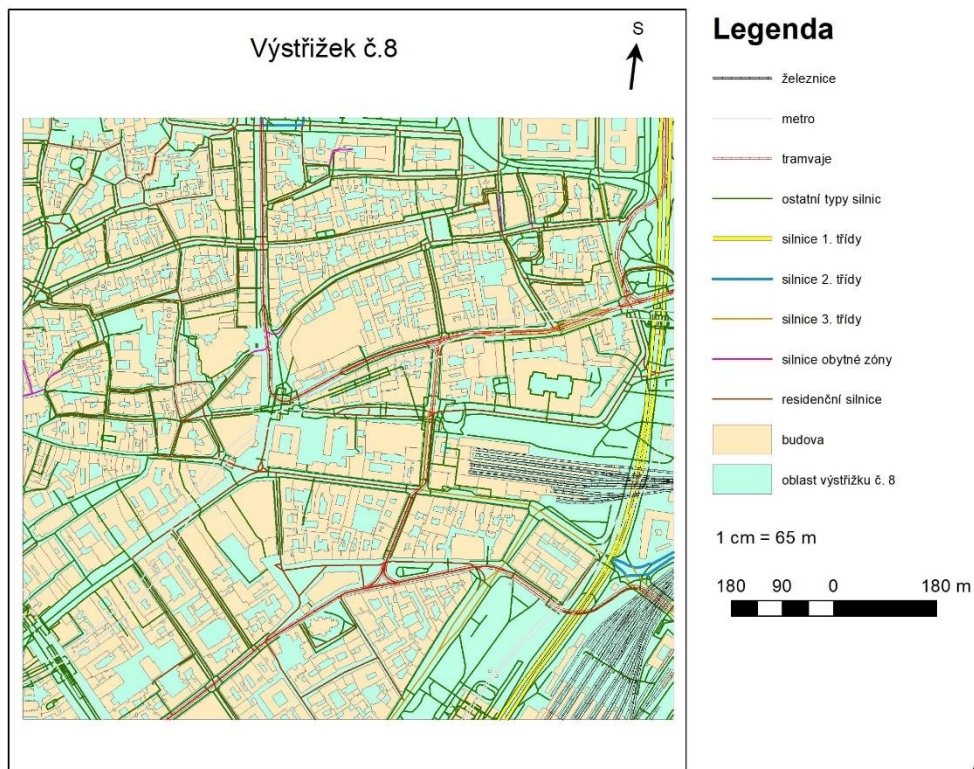
Příloha 19: Histogram pro variantu A - Výstřižek č. 7



Příloha 20: Histogram pro variantu B - Výstřižek č. 7

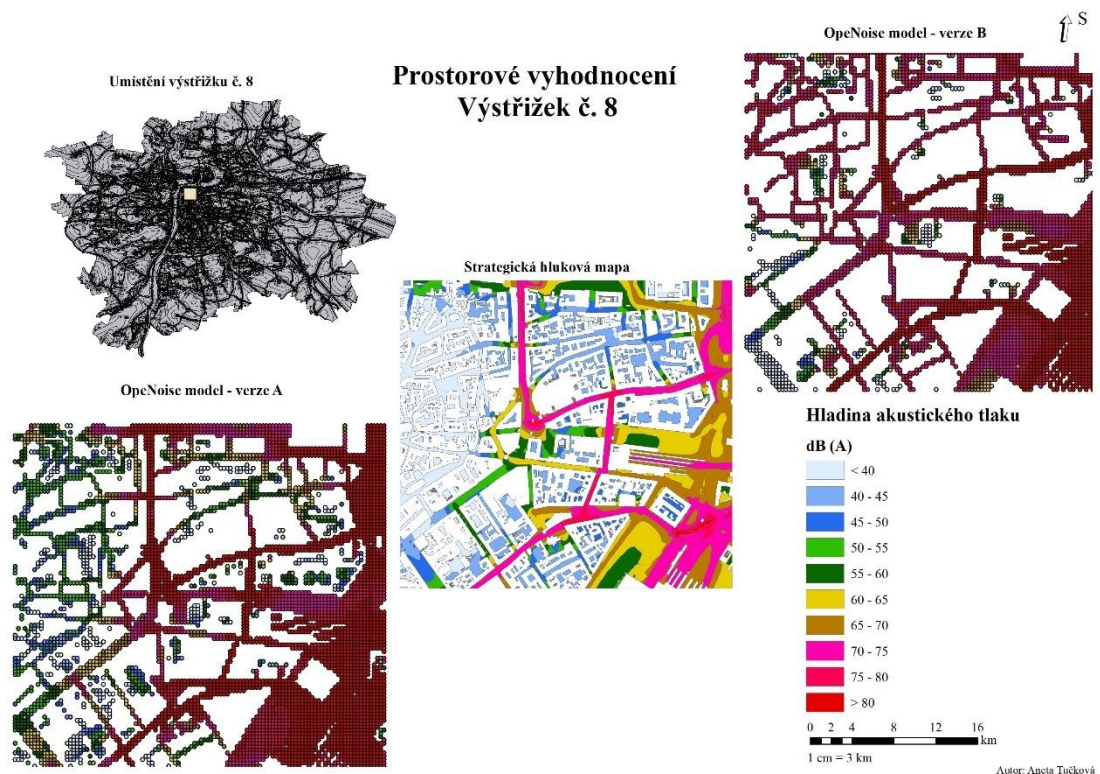


Příloha 21: Výstřižek č. 8



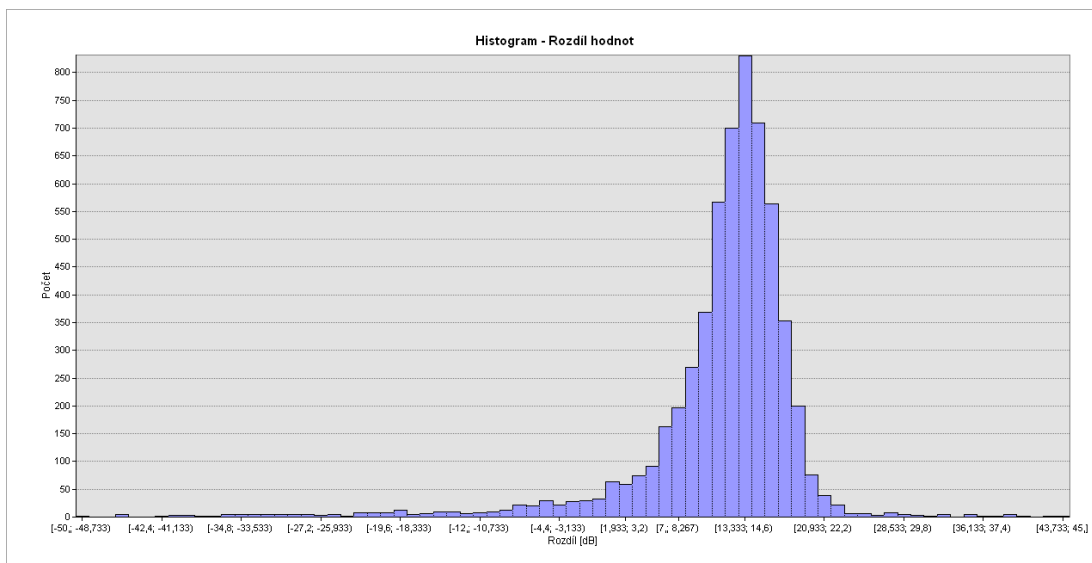
Autor: Aneta Tučková

Příloha 22: Prostorové vyhodnocení - Výstřižek č. 8

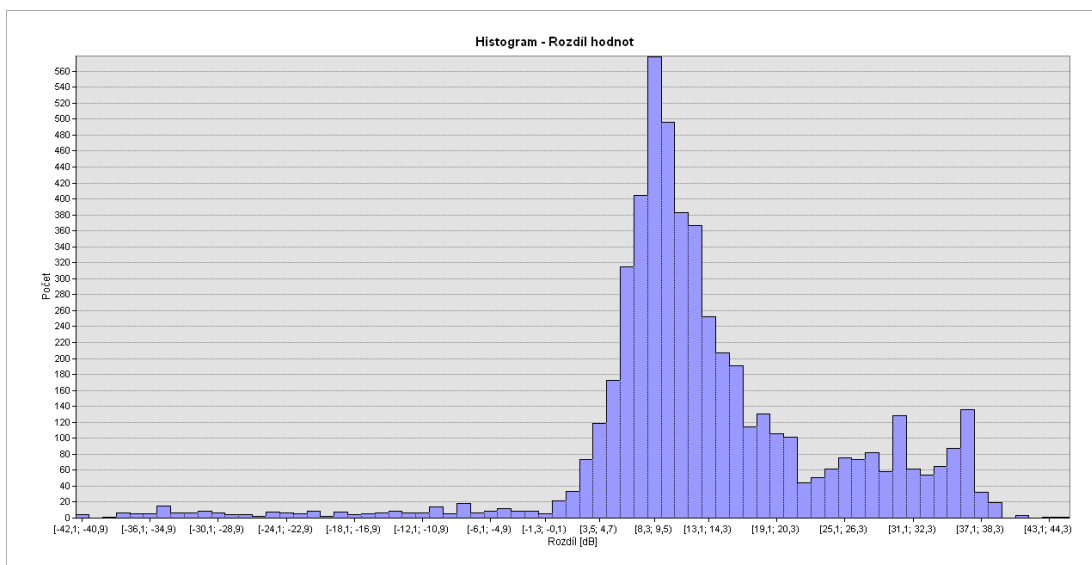


Autor: Aneta Tučková

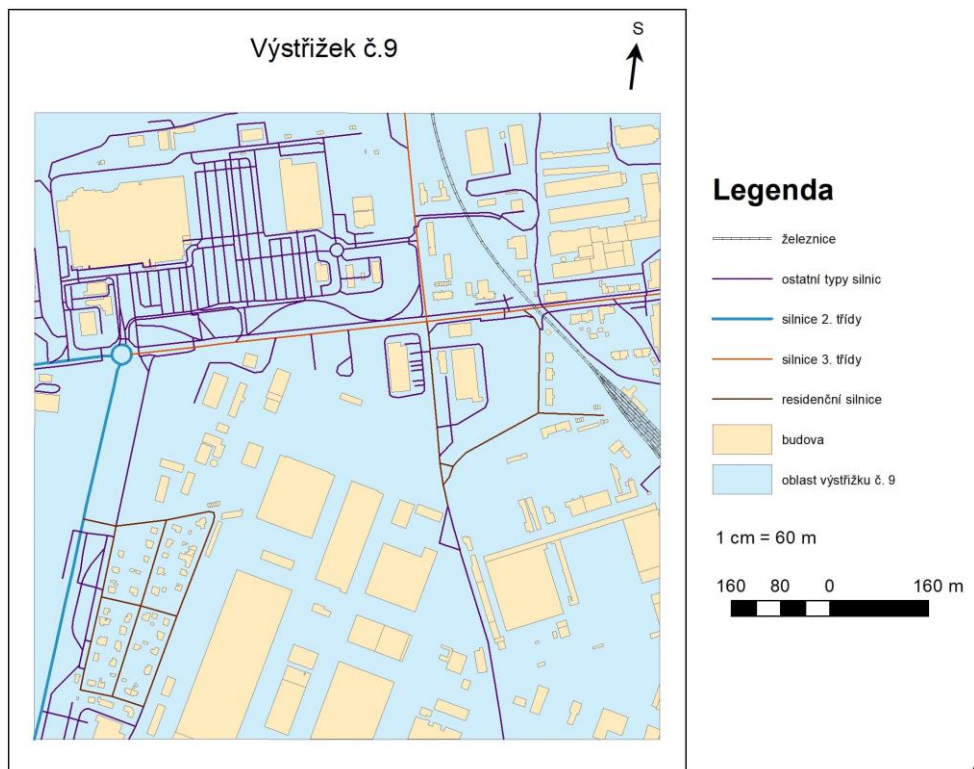
Příloha 23: Histogram pro variantu A - Výstřižek č. 8



Příloha 24: Histogram pro variantu B - Výstřižek č. 8



Příloha 25: Výstřižek č. 9



Příloha 26: Prostorové vyhodnocení – parametr Research Ray - Výstřižek č. 2

