



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta přírodovědně-humanitní  
a pedagogická



# Metody GIS při posuzování hygienických aspektů hluku v lidských sídlech

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B1301 – Geografie  
*Studijní obor:* 1301R022 – Aplikovaná geografie  
*Autor práce:* **Jan Cinke**  
*Vedoucí práce:* Mgr. Jiří Šmída, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Cinke**  
Osobní číslo: **P15000309**  
Studijní program: **B1301 Geografie**  
Studijní obor: **Aplikovaná geografie**  
Název tématu: **Metody GIS při posuzování hygienických aspektů hluku  
v lidských sídlech**  
Zadávací katedra: **Katedra geografie**

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

#### Cíle práce:

Navrhnout využití metod GIS pro správu, analýzu a sdílení geografických dat vznikajících při posuzování hygienických aspektů hluku v lidských sídlech.

#### Požadavky a výstupy:

Seznámit se s metodami interpolace geografických dat vhodných pro analýzy hluku.

Popsat zdroje geodat pro posuzování problematiky hluku krajskými hygienickými stanicemi v ČR.

Navrhnout datový model a na vybraném příkladu demonstrovat analytické zpracování dat výsledků měření hluku.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**


Seznam odborné literatury:

**MURPHY, E., KING, E., 2014. Environmental noise pollution: noise mapping, public health, and policy. 1st ed. Elsevier. p. 282. ISBN 9780124115958.**

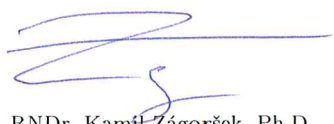
**ZEILER, M., 2010. Modeling our world: the ESRI guide to geodatabase concepts. 2nd ed. Redlands, Calif.: ESRI Press. p. 308. ISBN 9781589482784.**

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Jiří Šmída, Ph.D.**  
Katedra aplikované matematiky

Datum zadání bakalářské práce: **16. srpna 2017**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2018**

  
prof. RNDr. Jan Pícek, CSc.  
děkan



  
doc. RNDr. Kamil Zágöršek, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 28. srpna 2017

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat vedoucímu bakalářské práce Mgr. Jiřímu Šmídovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat odborníkům z Krajské hygienické stanice Libereckého kraje Ing. Janě Loosové, Ph.D., Ing. Jarmile Petříčkové a Ing. Ondřeji Kovářovi za odborné vedení a konzultace této práce. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat Mgr. Danielu Vrbíkovi a Mgr. Adamu Pátkovi za odborné rady při tvorbě a sdílení datového modelu.

## **Anotace**

Téma bakalářské práce se zaměřuje na využití metod GIS pro správu, analýzu a sdílení hlukových dat. V teoretické části je nejdříve rozebrána teorie tvorby datového modelu a analytické možnosti GIS, které jsou popsány jak v teoretické rovině, tak v konkrétních případech. V druhé části je položen teoretický základ pro problematiku hluku ať už z pohledu získávání dat a legislativy, tak z pohledu zdravotních rizik, které plynou z nadměrné expozice hluku. Praktická část práce se už plně věnuje tvorbě datového modelu hlukových dat. Je zde využito teoretických poznatků získaných v rešeršní části. Výsledný datový model je dále přesunut do prostředí webového GIS a upraven do vhodné podoby pro správu a sdílení geografických dat z měření hluku.

## **Klíčová slova**

Hluk, datový model, hygiena, GIS

## **Annotation**

The bachelor thesis focuses on the use of GIS methods for managing, analyzing and sharing noise data. In the theoretical part, the thesis first deals with the theory of data modeling and analytical possibilities of GIS. Analytical possibilities are described theoretically and in specific cases. The second part deals with the theoretical basis of noise issues in terms of data acquisition, legislation, health risks resulting from excessive exposure of noise. Practical part is already fully devoted to creation of data model of noise data. There is used the theoretical knowledge gained in the research section. The resulting data model is then shifted to the Web GIS environment and adapted to the appropriate form for managing and sharing geo data from noise measurements.

## **Key words**

Noise, data model, hygiene, GIS

## Obsah

Seznam obrázků .....	8
Seznam tabulek .....	9
Seznam použitých zkratk .....	10
1 Úvod.....	11
2 Cíle.....	12
3 Metody .....	13
4 Rešerše .....	14
4.1 Aplikační část .....	14
4.2 Hluková část .....	14
5 Vymezení řešeného území .....	16
6 Hluk .....	18
6.1 Legislativa .....	18
6.2 Typy hluku.....	18
6.3 Zdravotní rizika a účinky hluku .....	20
7 Data.....	22
7.1 Zdroj a vznik hlukových dat.....	22
7.2 Vyhodnocení hlukových dat.....	24
8 Analytické metody .....	27
8.1 Analytické funkce.....	27
8.2 Příklady komplexních hlukových analýz .....	29
9 Datový model.....	32
9.1 Návrh geodatabáze .....	32
9.2 Postup při tvorbě databáze.....	33
9.3 Relační vztahy .....	33
9.4 Domény .....	34
10 Tvorba datového modelu.....	35

10.1	Konceptuální návrh.....	35
10.2	Logický návrh .....	36
10.3	Fyzický návrh .....	43
11	Zavedení datového modelu do webového GIS .....	45
12	Implementace GIS do struktury KHS .....	48
13	Návod na práci s databází .....	51
13.1	Struktura webové mapové aplikace .....	51
13.2	Možnosti v práci s webovou mapovou aplikací.....	52
14	Výsledky .....	54
14.1	Datový model.....	54
14.2	Webová mapová aplikace a návod pro práci s daty a aplikací .....	54
14.3	Interpretace hlukových dat.....	55
15	Diskuze.....	59
16	Závěr .....	62
17	Seznam použitých zdrojů .....	63
18	Seznam příloh.....	67



## Seznam obrázků

Obr. 1 Mapa vymezení území.....	16
Obr. 2 Mapa zdrojů očekávané hlukové zátěže .....	17
Obr. 3 Struktura databáze záznam pole .....	32
Obr. 4 Postup návrhu databáze .....	33
Obr. 5 Schéma možných relačních vztahů.....	34
Obr. 6 Struktura databáze .....	35
Obr. 7 Schéma relačního vztahu mezi zdroji hluku a měřeními.....	42
Obr. 8 Ukázka databáze třídy prvků zdroje_hluk .....	43
Obr. 9 Ukázka databáze třídy prvků mereni_doprava .....	44
Obr. 10 Ukázka databáze třídy prvků mereni_stacionar.....	44
Obr. 11 Nastavení webové mapové aplikace v prostředí Web AppBuilder .....	46
Obr. 12 Schéma struktury aplikace GIS .....	48
Obr. 13 Schéma rolí lidského faktoru v GIS .....	49
Obr. 14 Ovládací lišta aplikace Hluk.....	51
Obr. 15 Editor v mapové aplikaci Hluk - editace .....	53
Obr. 16 Atributová tabulka v mapové aplikaci Hluk - editace .....	53
Obr. 17 Mapa měřených zdrojů hluku v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže .....	56
Obr. 18 Mapa výsledných hodnot měření hluku v denní době v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže .....	57
Obr. 19 Mapa výsledných hodnot měření hluku v noční době v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže .....	58

## Seznam tabulek

Tab. 1 Počet vstupních hlukových dat .....	16
Tab. 2 Určení základní hladiny akustického tlaku.....	25
Tab. 3 Hlukové korekce.....	25
Tab. 4 Atributy a popis třídy prvků zdroje_hluk .....	38
Tab. 5 Atributy a popis tříd prvků mereni_doprava a měření_stacionar .....	39
Tab. 6 použití domén typu <i>range</i> .....	40
Tab. 7 použití domén typu <i>coded values</i> .....	41
Tab. 8 Rozdělení rolí lidského faktoru v GIS na příkladu KHS LK .....	50
Tab. 9 Počet měření zdrojů hluku za roky .....	55
Tab. 10 Počet jednotlivých měření hluku .....	56

## Seznam použitých zkratek

ČR	Česká republika
Esri	Environmental System Research Institute
EU	Evropská unie
FP	fakulta přírodovědně-humanitní a pedagogická
GIS	geografické informační systémy
GPS	globální polohový systém
IDW	inverse distance weighting
KHS	krajská hygienická stanice
$L_{Aeq,T}$	ekvivalentní hladina akustického tlaku A
$L_{AE}$	hladina expozice hluku
LK	Liberecký kraj
$L_{max}$	maximální hladina akustického tlaku
SHZ	stará hluková zátěž
S-JTSK	Systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SZÚ	Státní zdravotní ústav
TUL	Technická univerzita v Liberci
WGS 84	World Geodetic System 1984
ZABAGED	Základní báze geografických dat
ZÚ	zdravotní ústav

# 1 Úvod

Hluková expozice, která narůstá zejména stále zvětšujícím se objemem automobilové dopravy, je velkým tématem dnešní doby. V rámci České republiky řeší tento problém legislativa, která je zaměřena na měření a hodnocení hluku, kterým pověřuje krajské hygienické stanice (dále KHS). Bohužel tato data, končí v podobě protokolů a další práce s nimi, v rámci geoinformačních systémů (dále GIS) je velmi omezená. Ze své povahy to jsou prostorová data, která mohou být dále využívána. Z iniciativy Krajské hygienické stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci (dále KHS LK) vznikla poptávka po vybudování prostorové databáze, která by sloužila ke správě hlukový dat. Výhodou digitální prostorové databáze je, že data v tomto formátu jsou možný vstupem pro prostorové analýzy. Další výhodou je správa dat, jejich vizualizace a sdílení. Data budou dobře dostupná v prostorové databázi, poskytující nejen informace o jednotlivých hodnotách hluku, ale také o jejich poloze a prostorovém uspořádání (pattern) a vztazích s dalšími jevy v geografickém prostoru. To usnadní následnou interpretaci, která nebude posuzovat pouhé hodnoty zjištěného hluku, ale s využitím dalších prostorových databází i jejich potenciální korelace s ostatními vlastnostmi prostředí. Přínos vstupu geografa do této oblasti je tedy především v efektivnějším nakládání s daty a konzultací možností následných analýz a vizualizací.

Podstatou této práce je tvorba datového modelu pro hygienická data z měření hluku. Data jsou získána z podoby papírových protokolů o měření a následně plněna do navržené prostorové databáze, která je poté převedena do prostředí webového GIS. Prostředí webového GIS je finální podobou a prostorem, určeným pro jejich správu a vizualizaci, případně pro vstup dat z nových měření.

## 2 Cíle

Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout způsoby využití nástrojů a metod GIS pro správu, analýzu a sdílení geografických dat vznikajících při posuzování hygienických aspektů hluku v lidských sídlech. Důležitou podmínkou naplnění cíle práce je návrh prostorové databáze z konkrétních dat poskytnutých KHS LK, která bude dále sloužit pro její potřeby. Zejména v části návrhu konceptu databáze (kap. 10.1) bude nutné problematiku pečlivě konzultovat s experty, zejména odborníky na veřejné zdraví a posuzování hlukových zátěží z KHS LK. Další důležitou částí budou návrhy prostorových analýz hlukových dat. V neposlední řadě bude práce zahrnovat návrh řešení pro sdílení datového modelu a vizualizaci. Oba cíle budou naplněny publikováním dat v prostředí Esri ArcGIS Online. Tato metoda byla navržena, zejména pro její výhody snazšího sdílení a manipulace, která se do určité míry obejde bez neustále podpory GIS odborníků. Práce je zakončena návrhem metodického návodu pro budoucí práci s předanou databází zahrnující pravidla, doplňování dat a jejich správu.

## 3 Metody

### Rešerše

Pro položení základů této bakalářské práce byla provedena rešerše, která tvoří podklad pro praktickou část. Vzhledem k povaze tématu, byla nejdříve prostudována platná legislativa České republiky (dále ČR) a Evropské unie (dále EU) dostupná na internetu. Důležitou částí byly zejména cizojazyčné a české tištěné zdroje zabývající se jak tématem hluku, tak tvorbou datového modelu. Od KHS LK byly získány v elektronické formě odborné články zabývající se problematikou hluku. V neposlední řadě byly používány pro vyhledání cizojazyčných odborných článků databáze s institucionálním přístupem zajišťovaným Technickou univerzitou v Liberci (dále TUL), konkrétně šlo o databáze *SpringerLink*, *Web of Science* a *Wiley Online Library*.

### Návrh a správa datového modelu

Databáze byla tvořena dle třech základních kroků (Zeiler 2010). Prvním je konceptuální návrh, poté logický a následně fyzický. Fyzický návrh databáze byl tvořen v prostředí ArcCatalog 10.6 ve formátu Esri Geodatabase. Správa databáze byla navržena zejména dle teoretických přístupů uváděných například Rapantem (2005) a využívá roli lidského faktoru v GIS a jejich oprávnění vstupovat do procesu správy dat.

### Převedení databáze do prostředí webového GIS

Datový model byl publikován do prostředí webového prostředí GIS zejména kvůli snížením odborných nároků na práci s databází (kap. 11). Konverze byla provedena výlučně v softwaru firmy Esri, v licenci fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické TUL (dále FP TUL). Po vybudování datového modelu v softwaru ArcGIS Desktop byla databáze publikována na cloudový software ArcGIS Online. Na závěr bylo využito aplikace *Web AppBuilder for ArcGIS*, ve které byla vytvořena výsledná mapová aplikace pro správu a přidávání dat.

### Tvorba návodu pro správu a doplňování databáze

Při tvorbě návodu bylo přihlíženo zejména na získané zkušenosti z testování webové mapové aplikace, jež byla pro práci s databází vybudována. Pro vysvětlení jsou používány zejména snímky obrazovky s konkrétním jevem, který je popisován.

## 4 Rešerše

Téma bakalářské práce se dotýká tří okruhů témat. Pro splnění cíle práce se zabývám návrhem a tvorbou prostorové databáze pro hygienická data z výsledků měření hluku z dopravy a ze stacionárních zdrojů hluku. Geografické informační systémy jsou dále uplatněny v procesu správy databáze, analýzy dat, sdílení a vizualizace dat a výsledků analýz. Pro správné navržení struktury databáze je nezbytné pochopení platné legislativy a norem, kterými se studovaná část hygienických dat řídí.

### 4.1 Aplikační část

Metodami a postupy návrhů a tvorby prostorových databází v GIS se zabývá Zeiler (2010) v knize *Modeling our World*. Pro řešení cílů bakalářské práce (dále BP) jsou využitelné především obecné principy zahrnující etapy tvorby konceptu modelu, logického a fyzického modelu. Dále jde o představení postupu tvorby databáze, volby atributů, jejich datového typu a vzájemného vztahu. Zabývá se též relacemi, které budou použity v této práci. Dále se problematikou databází zabývá Dobešová (2004) v publikaci *Databázové systémy v GIS* a v neposlední řadě se zejména tvorbou databáze zabývá Arctur, et al. (2004), jehož práci dále rozvíjí např. Nyerges (2004) ve svém článku *Developing a Geodatabase*.

Analýzou hlukových dat se zabývá Mehdi, et al. (2008). Jeho studie, popisuje postupy zpracování dat měření hluku z dopravy, které byly naměřeny speciálně pro tento případ. Práce se zabývá výběrem měřících míst, zpracováním dat z měření pro různé denní doby a analýzou výsledků pomocí interpolační metody a modelu hustoty dopravy.

Nový pohled na sběr hlukových dat uvádí Shim, et al. (2016), který se ve své studii zabývá posouzením proveditelnosti shromažďování údajů o zdravotním stavu obyvatelstva prostřednictvím mobilních zařízení. Jde o tvorbu hlukových map pomocí interpolační metody za použití dat sbíraných mobilními telefony pomocí aplikace. Kromě výše popsaného jde také o myšlenku udržitelného sběru hlukových dat.

### 4.2 Hluková část

V rámci legislativy týkající se veřejného zdraví v oblasti hluku je nutné vycházet zejména ze zákonů České republiky, které jsou pro problematiku hluku na našem území závazné. *Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých*

souvisejících zákonů (dále zákon č. 258/2000 Sb.) a zákon č. 267/2015 Sb., o ochraně veřejného zdraví, kterým se mění zákon č. 258/2000 Sb. (dále zákon č. 267/2015 Sb.) Dále pak nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů (dále nařízení vlády č. 272/2011 Sb.) V souvislosti se vstupem do EU je ČR povinna plnit závazné legislativní dokumenty. V oblasti hluku jde o směrnici Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES (dále směrnice 2002/49/ES).

Pravděpodobně nejkompexnější pohled na problematiku hluku nabízí Murphy, et al. (2014) v knize *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*. Zabývá se hlukem jako fyzikální veličinou a jeho šířením, vlivem hluku na zdraví obyvatelstva, strategickým mapováním v EU, hlukem z dopravy, průmyslovým a stavebním hlukem a přístupy ke zmírnění hluku.

Informace o problematice hluku v členských státech EU popisuje *Assessment of needs for capacity building for health risk assessment of environmental noise: case studies* (Belojevic, et al. 2010). Mimo jiné obsahuje kapitolu věnující se ČR. Představuje struktury, které dohlíží na dodržování hlukových limitů a instituce které jsou oprávněny měřit expozice hluku. Zahrnuje *Strategické hlukové mapování a základy, na kterých je postaveno*.

Metodiku měření hluku v ČR upravuje *Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí* (MZ 2017), vydaný hlavním hygienikem ČR ve Věstníku Ministerstva zdravotnictví, ročník 2017, částka 11“. „*Metodický návod sjednocuje způsob měření a hodnocení hladin akustického tlaku určujících ukazatelů hluku měřených v chráněném venkovním prostoru, chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném vnitřním prostoru staveb jak jsou definovány § 30 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb.*“ (MZ 2017, str. 3).

V publikaci *Night noise guidelines for Europe* (Hurtley 2009) jsou popsána zdravotní rizika způsobená nadměrnou expozicí hluku v noční době. Článek *Obtěžování hlukem: zdravotní problém nebo akustický komfort* (Hellmuth, et al. 2016) se zabývá účinky hluku na člověka a základními přístupy k regulaci samotného hluku.



## 5 Vymezení řešeného území

Vymezení území pro řešení cílů stanovených pro tuto bakalářskou práci vzniklo na základě výběru vhodného vzorku konkrétních dat získaných v minulosti při monitorování hluku. KHS jako poskytovatel dat má k dispozici data za celou svoji správní oblast, tedy Liberecký kraj. Takovýto rozsah byl svou kvantitou pro práci příliš obsáhlý. Územní rozsah byl tedy upraven na obce Liberec a Stráž nad Nisou a časové období 2015 až 2017. Přesný výčet dat za jednotlivé roky je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 Počet vstupních hlukových dat (zdroj: KHS LK 2017)

rok	počet měření
2015	4
2016	23
2017	41

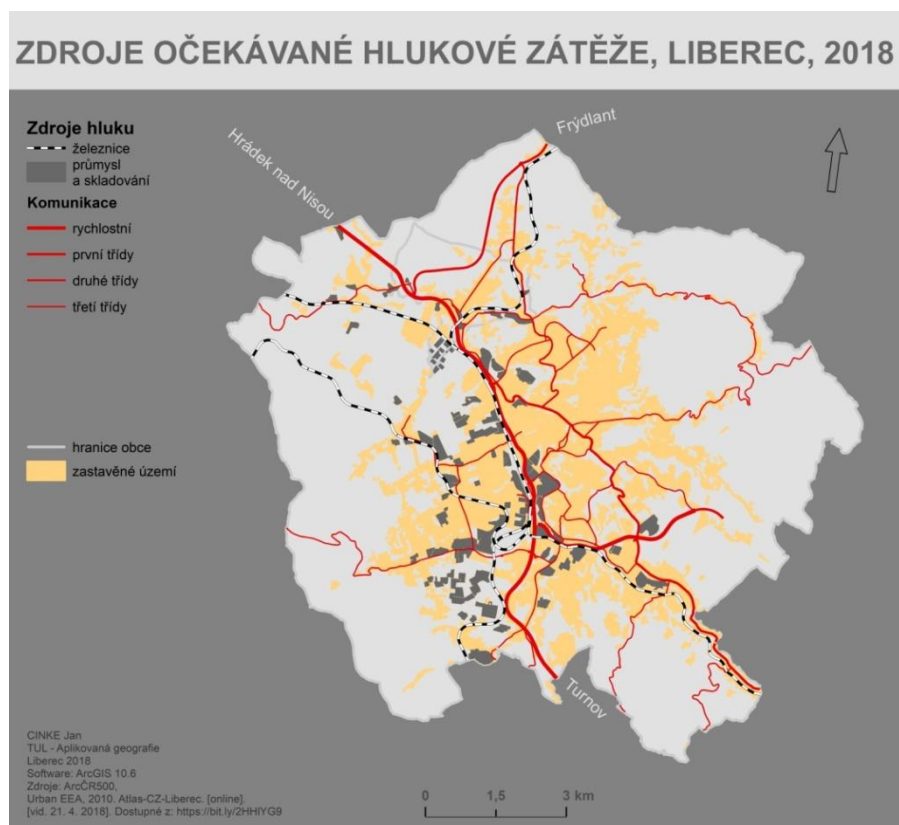
Liberec byl vybrán, neboť se jedná o krajské město Libereckého kraje, je zde potenciálně nejvyšší poptávka po řešení hlukové situace a jako město s nejvíce obyvateli v Libereckém kraji generuje největší počet jednotlivých měření hluku. Jelikož má obec Stráž nad Nisou svou administrativní hranici pouze s obcí Liberec, byla do výběru doplněna tak, aby vzniklo souvislé sledované území.



Obr. 1 Mapa vymezení území (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

Liberec je krajské statutární město ležící v severních Čechách. Dle ČSÚ (2018) zahrnuje 35 městských čtvrtí a 1 městský obvod, kterým jsou Vratislavice nad Nisou. K 31. 12. 2016 měl Liberec 103 853 obyvatel. Stráž nad Nisou ke stejnému datu 2 344 obyvatel (ČSÚ 2016). Polohu v rámci reliéfu jednoznačně vymezuje umístění v kotlině Žitavské pánve mezi Ještědsko-kozákovským hřbetem a Jizerskými horami táhnoucí se od jihovýchodu na severozápad. Nejvýznamnějším vodním tokem na území je Lužická Nisa, která patří do povodí Odry a úmoří Baltského moře. Nejvýznamnějším dopravním tahem je pozemní komunikace I/35 vedoucí směrem na jih na Turnov, Mladou Boleslav a Prahu a směrem na sever na Hrádek nad Nisou a Žitavu (SRN). Dále protínají území v různých směrech železniční tratě na Turnov, Hrádek nad Nisou, Frýdlant a Českou Lípu vedoucí z centrální části území z hlavního vlakového nádraží Liberec.

Kromě uvedených dopravních tahů jsou potencionálními hlukovými znečišťovateli průmyslové oblasti. Průmyslové oblasti jsou v Liberci dvojího typu: (1) průmyslové zóny Jih a Sever ležící na okrajích souvislé zástavby s napojením na hlavní komunikaci I/35 vzniklé s dalšími projevy suburbanizace území od 90. let 20. století (2) starší průmyslové zóny ležící blíže centru.



Obr. 2 Mapa zdrojů očekávané hlukové zátěže (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

## 6 Hluk

Dle § 30 odstavce 2 *zákona č. 258/2000 Sb.*, se hlukem rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis. Expozice hluku je v dnešní době, kdy se zvětšuje objem dopravy, velmi palčivým problémem na celém světě. V rámci EU byla za tímto účelem zavedena *směrnice 2002/49/ES*, která na základě stanovených priorit definuje společný přístup členských států k problematice hluku. Na centrální úrovni je za dozor nad ochranou zdraví před hlukem zodpovědné ministerstvo zdravotnictví a na místní úrovni jsou to krajské hygienické stanice.

### 6.1 Legislativa

Zásadním zákonem upravujícím problematiku hluku v ČR je zákon č. 258/2000 Sb. V první řadě zákon definuje samotný hluk a konkrétně vymezuje co je a co není hluk z hlediska zákona. Upravuje povinnosti vlastníka pozemku, na kterém se nachází zdroj hluku, nebo vlastníka samotného zdroje hluku. Vymezuje konkrétně, kdo je oprávněn k realizaci měření hluku. Definuje jednotlivé chráněné prostory a vymezuje dobu měření hluku a dělí ji na denní a noční dobu. Přiděluje úkoly samosprávným orgánům v oblasti hodnocení a snižování hluku z hlediska dlouhodobého průměrného hlukového zatížení životního prostředí a v oblasti podpory veřejného zdraví.

Další legislativní normou je *zákon č. 267/2015 Sb.* Nově upravuje vztah mezi výsledky měření hluku z venkovního prostoru stavby a vnitřního prostoru stavby. Upravuje definici samotného hluku. Určuje pravomoci orgánů ochrany veřejného zdraví vůči potencionálním stavebníkům a pravidla pro stavebníka dotčeného zdroji hluku. Zavádí pravidla pro vypracování strategického hlukového mapování. Dále upravuje povinnosti pro vlastníka pozemku nebo zařízení vydávající hluk.

*Nářízení vlády č. 272/2011 Sb.*, vymezuje zejména základní pojmy v oblasti hluku. Jde o pojmy, jako jsou **stacionární zdroje**, **zdroje z dopravy**, **tónová složka** a **stará hluková zátěž**. Dále pak určuje hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor staveb v denní a noční době. Tyto limity dělí dle zdroje hluku na stacionární zdroje a zdroje z dopravy.

### 6.2 Typy hluku

Dle *nářízení vlády č. 272/2011 Sb.*, vymezujeme zdroje hluku dle mobility na zdroje z dopravy a stacionární zdroje. Dále s těmito termíny pracuje Murphy, et al. (2014). Ve

své knize charakterizuje tyto zdroje hluku a dále popisuje proč je hluk v dnešní době problémem.

### 6.2.1 Hluk z dopravy

Dopravní systém poskytuje dopravní infrastrukturu potřebnou k uspokojování potřeb mobility obyvatelstva. Vzhledem k neustále rostoucí populaci roste i potřeba obyvatelstva po navyšování kapacity infrastruktury. V tomto případě jsou důležitým termínem negativní environmentální externality. Ty vznikají, když subjekt nenese všechny negativní důsledky ze své činnosti a přenáší je na jiný objekt (CENIA 2012). V našem případě jde zejména o hluk produkovaný dopravou, který je jedním z nejnaléhavějších environmentálních problémů v souvislosti s dopravou. Tato situace tak představuje klíčovou výzvu pro tvůrce politiky kontroly, omezení a posuzování hluku z dopravních zdrojů. Evropské orgány odhadly, že v Evropě je 89,8 miliónu lidí vystaveno ekvivalentní hladině akustického tlaku  $A L_{Aeq}$  nad 55 dB díky silniční dopravě. Kvůli železnici jde pak o 11,7 miliónu lidí (Murphy, et al. 2014). Hluk z dopravy je definován v *nařízení vlády č. 272/2011 Sb.* jako hluk, jehož zdroji jsou doprava po silniční komunikaci, železnici nebo letecká doprava.

### 6.2.2 Stacionární zdroje hluku

V plánech na opatření proti hlukovému znečištění převládají opatření proti expozici hlukem z dopravy. V životním prostředí v oblasti hluku však existuje mnoho dalších antropogenních znečišťovatelů. Na příkladu této práce jde především o průmyslové objekty, malé výroby a provoz tepelných čerpadel. Posuzování těchto zdrojů se potýká s jinými podmínkami než při posuzování hluku z dopravy. V případě dopravy je možnost hladiny hluku vypočítat z hodnoty hustoty dopravy v daném místě. V případě stacionárního zdroje je vždy nutné provést změření konkrétního zdroje na místě. Projevuje se zde také například sezonní povaha zdroje hluku nebo naprosté vyřazení v nočních hodinách.

Definice uvedená v *nařízení vlády č. 272/2011 Sb.* zní: „*Stacionárními zdroji hluku jsou myšleny zejména stavby, objekty, provozovny a areály sloužící průmyslové a zemědělské výrobě, obchodní a administrativní činnosti a službám, včetně dopravy v těchto areálech, nepohybující se stroje a zařízení pevně fixované na své místo nebo ty, jejichž akční rádius je při pracovním nasazení omezen, dále přenosné a převozní stroje a zařízení, které se při svém použití jako celek nepohybují; za stacionární zdroje hluku*

*se pro účely tohoto nařízení nepovažují zdroje související s činnostmi spojenými s běžným užíváním bytu, bytového domu, rodinného domu, stavby pro rodinnou rekreaci a pozemků k nim náležejících, s výjimkou zařízení pro větrání a vytápění.“ (Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. § 2 odstavec p).*

### **6.3 Zdravotní rizika a účinky hluku**

Lékařské a statistické studie v dnešní době ukazují, že hluková zátěž významně ovlivňuje zdravotní stav populace. Velmi škodlivá není pouze expozice velmi vysokého hluku v krátké době, ale i dlouhodobé vystavení poměrně vysoké hladině hluku, která je například podél frekventovaných silnic. Je důležité si také uvědomit, že sluch funguje i v noční době, kdy hluk působí na snížení kvality spánku následovaného pocitem únavy.

Dle Vandasové (2014) jsou nepříznivé účinky na lidské zdraví definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu vedoucí ke zhoršení jeho funkcí, ke snížení kompenzační stresové kapacity nebo zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí. Účinky je dále možné rozdělit na orgánové, rušení činnosti a vlivy na subjektivní pocity. Dostatečně prokázané účinky můžeme dále kategorizovat na denní a noční dobu, přičemž v denní době to je poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém a nepříznivé působení na osvojování řeči a čtení u dětí.

Dle Hurlley (2009) jsou nepříznivé zdravotní účinky hluku v denní době prokázány u poškození sluchového aparátu, u kardiovaskulárního systému a u dětí nepříznivě působí na osvojování řeči a čtení. V noční době jsou za dostatečně prokázané účinky hluku zejména změny fyziologických reakcí (kardiovaskulární aktivita, EEG aktivita nervového systému), poruchy spánku a zvýšené užívání léků na spaní. Pouze omezené důkazy jsou například u účinku hluku na hormonální a imunitní systém, biochemické funkce, ovlivnění placenty, ovlivnění vývoje plodu, výkonnost člověka nebo u vlivů na mentální zdraví a sociální chování. V noční době, oproti již uvedeným, jsou omezené důkazy u vlivů na kardiovaskulární systém, obezitu, poruchy duševního zdraví, následné pracovní úrazy a zkrácení očekávané délky života.

Pokud jde o poškození sluchového aparátu, tak extrémně vysoké hladiny akustického tlaku ( $L_{\max}$  130-140 dB) mohou vyvolat akustické trauma u dospělých, ale u dětí a citlivých osob k tomu může docházet i při nižších hladinách. Současně je prokázáno,

že při  $L_{Aeq, 24 \text{ hod}}$  do 70 dB nedochází k poškození sluchového aparátu u 95% populace, ani při celoživotní expozici. U citlivé části populace může, ale dojit k malému poškození už při nižší hladině hluku (Valešová 2006).

Nutnost posouzení působení hluku v životním prostředí vzniká i z hlediska ztížené verbální komunikace a zejména pak z hlediska obtěžování, pocitů nespokojenosti, rozmrzelosti a nepříznivého ovlivnění pohody lidí. Tyto vlivy zařazuje mezi účinků hluku definice WHO, kde se za zdraví nepovažuje pouze nepřítomnost choroby, ale z hlediska obtěžování, pocitů nespokojenosti, rozmrzelosti a nepříznivého ovlivnění pohody lidí. Při užším pohledu se nové obtěžování řadí mezi psychosociální účinky hluku (EEA 2010).

## 7 Data

Ještě před návrhem a zpracování dat v GIS je třeba pochopit jejich chování a specifika (včetně specifík jejich vzniku, která jsou dána především normativně). Data pro BP poskytla KHS LK a jsou výsledkem měření hluku provedeného v rámci státního zdravotního dozoru, preventivního hygienického dozoru a integrované prevence a omezování znečištění. Data jsou rozdělena na dva typy a to na hluk z dopravy (komunikace, dráha) a ze stacionárních zdrojů hluku (např. průmyslové objekty, skladování, malé výroby). Data byla poskytnuta ve formě papírových protokolů o měření (Příloha 1).

### 7.1 Zdroj a vznik hlukových dat

Vznik hlukových dat na území České republiky podléhá *Metodickému návodu pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí* (MZČR 2017). Metodický návod uvádí postupy pro měření v různých případech. Pro naplnění cílů této bakalářské práce jsou důležité podmínky pro měření a hodnocení hlukových dat v chráněném venkovním prostoru stavby, které jsou popsány níže.

Metodický návod se v samostatné části věnuje strategii měření, která je souhrnem základních přístupů v organizaci a realizaci měření. Samotné měření hluku musí zajistit vznik správných a reprodukovatelných hodnot. Strategie bere v úvahu dva základní faktory:

1. identifikace a lokalizace zdroje hluku a ovlivněných chráněných prostor,
2. omezující vlivy, mezi které patří například meteorologické podmínky, nebo roční a denní doba, dále pak omezující podmínky provozu zdroje hluku.

Strategie se volí na základě přezkoumání všech relevantních podkladů. Situace v místě měření se posuzuje na základě terénního šetření, nebo dle ortofotomapy (MZČR 2017).

Postup při měření hluku v chráněném venkovním prostoru stavby nařizuje umístění mikrofону pro snímání hluku ideálně 2 m od fasády domu, která je z hlediska pronikání hluku nejexponovanější (chráněná fasáda). Pokud to není možné, nebo podmínky určují jinak, je možné jej mikrofón přiblížit až na vzdálenost 0,5 m. Výška je daná 1,5 m od podlahové plochy patra, pro které je měření prováděno. Přednostně je pak místo na chráněné fasádě vybíráno tak, že se nachází před oknem nebo dveřmi (MZČR 2017).

Hluk se měří v decibelech a vzniklé ukazatele hluku se označují jako ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$ . V případě této práce je nakládáno s ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq,T}$ . Při přímém měření se odlišuje hluk ustálený nebo časově proměnný. Pokud se jedná o hluk proměnný, pak se ekvivalentní hladina akustického tlaku přednostně zjišťuje z měření hladiny expozice zvuku jednotlivých událostí. Jde například o průjezdy silničních vozidel nebo vlaků s malou hustotou dopravy. V případě stacionárních zdrojů hluku, jde o průmyslové areály s malou četností výskytu hluku. Měření hluku z dopravy, je nutné doplnit o sčítání dopravy, kategorizaci projíždějících vozidel, průměrnou rychlost dopravního proudu a jeho chování, popis povrchu a jeho stavu. V případě železniční dopravy se sčítá počet projíždějících vlaků v každém směru a ty se dělí do minimálně třech kategorií dle využití (MZČR 2017).

Předpokladem pro získání reprezentativní hladiny akustického tlaku je volba vhodné doby a délky měření. Základní dělením je rozlišení na měření stacionárních zdrojů hluku a hluku z dopravy, od kterého se odvíjí počet hodin, pro které se hladina akustického tlaku určuje. Pro stacionární zdroje v denní době se určuje pro 8 na sebe navazujících nejhlučnějších hodin a v noční době pro 1 nejhlučnější hodinu. Pro hluk z dopravy v denní době se určuje pro celou denní dobu, tedy pro 16 hodin, a pro hluk v noční době se určuje pro celou noční dobu, tedy pro 8 hodin (MZČR 2017).

Dále dochází ke zpracování výsledků. Jde o proces, který vede ke stanovení výsledné ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq,T}$ . Ze souboru naměřených hodnot se odstraní ty, jež jsou neplatné kvůli nežádoucím vlivům. Platné naměřené hodnoty se následně upraví o korekce. Jde například korekci na zbytkový hluk nebo korekci na odraz. Výsledná ekvivalentní hodnota akustického tlaku pro hluk z dopravy se následně vypočítá za pomoci dopravní statistiky. Pokud není dostupná, použije se model, který odpovídá dlouhodobé hlukové zátěži (MZČR 2017).

Hodnocení měření se provádí porovnáním výsledné hodnoty  $L_{Aeq,T}$  s hygienickým limitem. Při porovnání je uvažována nejistota měření, pokud nabývá hodnoty větší než 2 dB, použije se standardní konvenční hodnota nejistoty hodnocení 2 dB. Výsledný výpočet odečte od výsledné ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq,T}$  nejistotu měření, popřípadě standardní konvenční hodnotu nejistoty hodnocení a porovná jí s příslušným hygienickým limitem daným pro druh samotného měření (MZČR 2017).



V příloze B metodického návodu (MZČR 2017) se uvádí minimální požadavky na obsah protokolu o měření hluku, kterými jsou:

- datum, čas a místo měření,
- seznam použitých přístrojů a způsobů kalibrace,
- měřené, a pokud je to relevantní, korigované hladiny akustického tlaku ( $L_{Aeq}$ ,  $L_{AE}$ ,  $L_{max}$ ) vážené funkcí A, popř. funkcí C a volitelně ve frekvenčních pásmech,
- měřená N-procentní distribuční hladina ( $L_{N, T}$ ) včetně základu, ze kterého je vypočítána (vzorkovací frekvence a další parametry),
- odhad rozšířené nejistoty měření spolu s vybranou pravděpodobností pokrytí,
- informace o hladinách akustického tlaku zbytkového zvuku během měření,
- časové intervaly při měření,
- důkladný popis místa měření včetně terénu a stavu a umístění, včetně výšky nad zemí mikrofonu a zdroje hluku,
- popis provozních podmínek, včetně počtu událostí nebo projíždějících vozidel, vlaků, letadel rozdělených do vhodných kategorií,
- popis meteorologických podmínek, včetně rychlosti větru, směru větru, atmosférické stálosti (např. oblačnosti a denní doby), teploty, barometrického tlaku, vlhkosti a přítomnosti srážek a umístění čidel pro měření rychlosti a směru větru a teploty,
- metoda nebo metody použité k extrapolaci měřených hodnot vzhledem k dalším podmínkám.

## 7.2 Vyhodnocení hlukových dat

Tuto problematiku upravuje *nařízení vlády č. 272/2011 Sb.* Po naměření jsou data posuzována dle stanovených hygienických limitů hluku, které jsou určeny v závislosti na povaze konkrétního zdroje zvuku. Hodnota limitu je určena v chráněném venkovním prostoru stavby součtem základních hladin hluku (tab. 2) a příslušných korekcí (tab. 3).

**Tab. 2 Určení základní hladiny akustického tlaku (zdroj: Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.)**

Typ prostoru	Denní doba	Požadovaná hodnota $L_{Aeq}$ [dB]
venkovní chráněný prostor stavby	denní	$50 + 0 = 50$
	noční	$50 - 10 = 40$

**Tab. 3 Hlukové korekce (zdroj: Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.)**

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

Jednotlivé kategorie korekcí uvedených v tab. 3 dle (Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.) jsou uvedeny níže.

1. Použije se pro hluk z provozu stacionárních zdrojů a hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce, zejména rozřadování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů. Pro hluk ze železničních stanic zajišťujících vlakové práce, které byly uvedeny do provozu předem dnem 1. listopadu 2011, se přičítá pro noční dobu další korekce +5 dB.
2. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách, silnicích III. třídy, místních komunikacích III. třídy a účelových komunikacích ve smyslu § 7 odst. 1 zákona č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů.
3. Použije se pro hluk z dopravy na dálnicích, silnicích I. a II. třídy a místních komunikacích I. a II. třídy v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.
4. Použije se pro stanovení hodnoty hygienického limitu staré hlukové zátěže.

Pro noční dobu se v chráněném venkovním prostoru stavby přičte korekce -10 dB (tab. 2), pouze v případě hluku z dopravy na železničních drahách, se použije korekce

+ 5 dB. V případě výskytu tónové složky se přičte další korekce + 5 dB v denní i noční době (Nařízení vlády 272/2011 Sb.).

Stará hluková zátěž (dále SHZ) je výjimkou při určení hlukového limitu u pozemních komunikací nebo drah uvedených do provozu před 1. 1. 2001. Takto definované zdroje hluku z dopravy se hodnotí jako „staré“ komunikace. Tyto komunikace překračují současné hlukové limity a je jim z toho důvodu udělena „výjimka“. Pokud tyto komunikace překročí hodnotu hluku z roku 2001 o 2 dB, musí být přijata opatření, která zajistí nepřekračování hlukového limitu. Pokud je na komunikaci režim staré hlukové zátěže zrušen, nelze ho již znovu obnovit (MZČR 2017). Definice dle *Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.*, říká, že starou hlukovou zátěží se rozumí „*hluk v chráněném venkovním prostoru a chráněných venkovních prostorech staveb působený dopravou na pozemních komunikacích nebo drahách, který existoval již před 1. lednem 2001 a překračoval hodnoty hygienických limitů stanovené k tomuto datu pro chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor stavby*“ (Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.).

## 8 Analytické metody

KHS LK generuje každým rokem přibližně 100 jednotlivých měření, kde je posouzena hladina hluku. Tato data jsou jednotlivě používána k dalším pracovním postupům dle legislativních kompetencí orgánu ochrany veřejného zdraví. Nejsou však dále využívána pomocí analytických metod jako celek s využitím dalších prostorových dat. Hluková data jsou v dnešní době zajímavou komoditou na poli prostorových dat a je možné je dále zpracovávat (kap. 8.2). V této kapitole budou představeny teoretické základy analytických funkcí GIS dle Rapanta (2005) a Břehovského, et al. (2003) a bude vybrána konkrétní metoda, která bude aplikována pracovníky KHS LK při používání databáze. Konkrétní případy komplexních analýz zabývajících se interpolacemi hlukových dat a jejich porovnání dle Mehdi, et al. (2008) a Shim, et al. (2016). V neposlední řadě bude představeno *Strategické hlukové mapování*, které je pro ČR legislativně závazné díky *směrnici 2002/49/ES*.

### 8.1 Analytické funkce

V rámci GIS lze řešit celou řadu otázek. Tyto otázky se řeší pomocí analytických funkcí. Jde o nástroje, které získávají požadovanou informaci o části krajiny, která je modelově vyjádřena prostorovými daty (Rapant 2005). Dle prováděné operace můžeme dělit analytické funkce na výběrové, výpočtové a modelovací (Rapant 2005). Nebo lze dle Břehovského, et al. (2003) klasifikovat analytické možnosti GIS do následujících kategorií:

- měřící funkce,
- geografické analýzy,
- nástroje na prohledávání databáze,
- topologické překrytí,
- mapová algebra,
- vzdálenostní analýzy,
- analýzy sítí,
- analýzy modelu reliéfu,
- statistické analýzy,
- analýzy obrazů.

V rámci cílů této práce a dalšího použití datového modelu byly vybrány z palety analytických metod měřicí funkce a nástroje na prohledávání databáze (Břehovský, et al. 2003), které spadají do kategorie výběrových analytických funkcí dle Rapanta (2005).

### 8.1.1 Měřicí funkce

Měřicí funkce slouží ke zjištění vzdálenosti nebo plochy (Břehovský, et al. 2003). Vzhledem k povaze hlukových dat budou tyto funkce využity především pro zjištění vzdálenosti jednotlivých prvků v mapě. Výsledky mohou sloužit také k orientační predikci hlukových hodnot, které neuvažují reliéf a ostatní překážky. Odhad hodnoty hluku dle podobné vzdálenosti od zdroje hluku nebo výpočet útlumu hluku vzdáleností, který počítá pokles hladiny hluku v závislosti na zvětšující se odstupu od zdroje hluku (GREIF 2013).

### 8.1.2 Databázové dotazování

Dotazovací funkce dovolují provádět vyhledávání geometrických nebo popisných dat s určitou hodnotou. Podmínka určená dotazem může být jednoduchá nebo může jít o kombinaci různých požadavků. Software GIS obsahuje možnost zadání zcela jednoduchých i komplikovanějších databázových dotazů a je tak velmi účinným analytickým nástrojem (Rapant 2005). Dle Břehovského, et al. (2003) má databázové dotazování následující strukturu:

- specifikace údajů, kterých se dotaz týká,
- formulace podmínek, kterým musí vyhovovat,
- instrukci, co se má na vybraných údajích vykonat.

Dále můžeme dotazy rozdělit na 3 kategorie (Břehovský, et al. 2003):

- **atributové** – dotaz typu: „které geografické objekty mají definovanou vlastnost“,
- **prostorové** – dotaz typu: „co se nachází na tomto místě, co se nachází v této oblasti“,
- **kombinované** – dotaz typu: „které objekty splňují definovanou vlastnost a zároveň se nacházejí v nějaké oblasti“.

Atributové dotazování lze provést dvěma způsoby. Prvním je identifikace prvků pomocí jména nebo jeho atributu. Používanějším je však způsob, kdy dojde k vyhledání všech prvků, které splňují intervalové nebo logické podmínky pro jeden nebo více jejich atributů. Při sestavení intervalových podmínek je možné použít operátory <, >, =, nebo jejich kombinace. Intervalové podmínky jdou kombinovat logickými operátory (např. AND, OR, NOT). Prostorové dotazování jde opět uskutečnit dvěma způsoby. Prvním je identifikace pomocí zadání souřadnic nebo přímým identifikováním objektu v mapě. Druhý způsob je založen na prohledání zadaného prostoru různých geometrických tvarů. Atributové i prostorové dotazy pracují pouze s jednou vrstvou, kombinované dotazy umožňují i práci s více vrstvami. Používá se zde jak intervalových, tak logických dotazů (Břehovský, et al. 2003)

## 8.2 Příklady komplexních hlukových analýz

První dvě analýzy, které jsou tu uvedeny jako příklad, jsou vyhotoveny ze speciálně naměřených dat. Bylo tedy možné ovlivnit počet a rozmístění jednotlivých měření, stejně jako čas, po který měření probíhalo. Další hlukovou analýzou je Strategické hlukové mapování, které je závazné pro země EU dle *směrnice 2002/49/ES*. Tato analýza funguje na základě predikce hodnoty hluku v závislosti na hustotě dopravy a reliéfu.

Studii, která se zabývá analýzou hlukových dat, se zabývá Mehdi, et al. (2008). Jde o zpracování hlukových dat, kde jako zdroj figuruje pouze doprava. Na základě zjištění hlukové situace ve městě Karáči bylo vybráno 308 měřících bodů na hlavních dopravních křižích. Měřeno po dobu dvou týdnů ve 3 časových cyklech během dne, šlo o ranní, odpolední a večerní dobu. Vyloučeny byly období svátků. Měření proběhlo 1,2 až 1,5 metru od okraje vozovky. Byly vytvořeny 3 hlukové mapy za jednotlivé části dne pomocí interpolační metody IDW v prostředí Esri ArcGIS. Pro interpretaci doplněno o mapu hustoty dopravy, která vznikla ze sčítání vozidel při měření. Metoda neuvažuje reálné šíření zvuku, ale pouze homogenní šíření bez překážek, jako jsou budovy nebo protihlukové stěny. Studie spíše reprezentuje obecný přehled o stavu expozice hluku.

Zcela odlišný pohled na hlukové analýzy uvádí Shim, et al. (2016). Jeho studie zkoumá proveditelnost sběru hlukových dat pomocí mobilní aplikace instalované v mobilních zařízeních běžné populace. Vyřazuje tak zcela sféru fyzického sběru dat,

kteřá je velkou finanční zátěží při podobném výzkumu. Studie probíhala v Soulu v Jižní Koreji. Vybráno bylo 336 dospělých, kteří v Soulu žijí nebo do něj dojíždí za prací, ve věku 30 až 40 let. Dalším kritériem bylo používání mobilních telefonů od společnosti Samsung se stejným typem zabudovaných mikrofonů, tak aby došlo k normalizaci zvukové stopy. Aplikace pro sběr zvukových dat byla vytvořena speciálně pro tuto studii a na zařizenech zaznamenávala zvukovou informaci každých 10 minut po dobu jednoho týdne. Pokud byl mobilní telefon ve stejnou chvíli používán k nějaké činnosti, byla této činnosti udělena priorita před záznamem zvukové informace. Pokud byl telefon některého účastníka studie 4 dny bez záznamu, byl ze studie vyřazen. Výsledkem byly 249 713 zvukových údajů od 309 účastníků. Nad mračnem bodů byla spuštěna interpolace pomocí metody IDW. Výstupem byly čtyři interpolační mapy města Soul, mapa pro všední dny ve dne a v noci a mapa pro víkend ve dne a v noci.

Další hlukovou analýzou je Strategické hlukové mapování, které je dle *směrnice 2002/49/ES ze dne 25. června 2002* závazné pro ČR. Mapování se vyhotovuje kvůli zjištění míry expozice obyvatel různými úrovněmi hlukové zátěže v oblastech hlavních pozemních komunikací, hlavních železničních tratí, hlavních letišť a aglomerací. Analýza vzniká na základě hustoty dopravy, reliéfu a ZABAGED. Na území aglomerací se přidávají data, které poskytuje místní městský úřad, například v rámci odboru územního plánování a rozvoje. V Praze a Brně je to 3D model zástavby nebo protihlukové stěny. Vyhotovuje se v měřítkách od 1 : 10 000 do 1 : 50 000 (Junek 2015).

V porovnání je na úvod vhodné říci, že všechny uvedené analýzy používající metody predikce hlukových hodnot nebo interpolace hodnot naměřených. Výsledky lze tedy uvažovat pouze v omezeném měřítku díky nepřesnosti, která je metodami do výsledků zavedena. Výše zmíněné hlukové analýzy se zabývají stejným tématem, ale jsou postaveny na odlišných základech. V případě Shim, et al. (2016) a Mehdi, et al. (2008) jde o použití interpolačních metod přímo naměřených dat. Odlišnost je ale především v technologii sběru dat. Zde bych především vyzdvihl udržitelnost řešení sběru dat chytrými mobilními telefony dle Shim, et al. (2016), protože samotný sběr hlukových dat je velice nákladný a toto řešení se zdá být průlomem v tomto oboru. Samozřejmě je možné diskutovat i přesnost takového řešení. Strategické hlukové mapování je samostatnou kapitolou v analýzách hluku, protože využívá pouze predikce hodnoty hluku, která je vyprodukovaná dopravou dle hustoty dopravy a reliéfu. Zde

je rozlišovací měřítko ještě menší než u předchozích dvou analýz. Jeho výhoda je především v zakotvení v legislativě EU a tudíž povinnost ho v pravidelných intervalech vyhotovovat jako nástroj hlukové politiky.



## 9 Datový model

V geografických informačních systémech zastupuje datový model šablonu, která reprezentuje geografické objekty. Datové modely se dělí na rastrové a vektorové. Rastrové datové modely znázorňují realitu pomocí sítě buněk, kde každá buňka nese určitou hodnotu. Vektorové datové modely znázorňují realitu pomocí bodu, linie nebo polygonu. Datový model dále určuje například prostorové zobrazení, atributy, vztahy a kartografické zobrazení (Sommer, et al. 2006). Dále jsou popsány metody a postupy použité při návrhu a tvorbě databáze.

### 9.1 Návrh geodatabáze

Prvním krokem při tvorbě datového modelu je návrh geodatabáze. Geodatabáze je nativním formátem společnosti Esri a je používána pro ukládání, dotazování a manipulaci s geografickými informacemi a prostorovými daty. Jsou tři druhy geodatabází: osobní, souborové a ArcSDE. Geodatabáze může reprezentovat tři druhy datových sad: třídu prvků, rastr a neprostorovou tabulku (Arctur, et al. 2004).

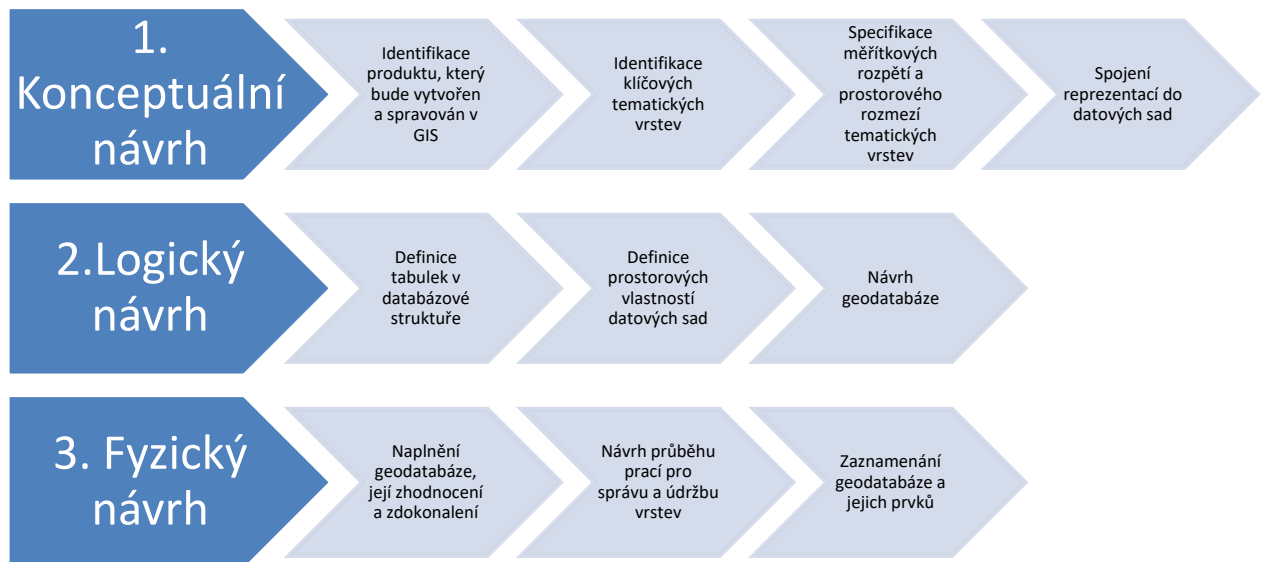
Databáze jsou tvořeny vždy na základě určitého tématu a dávají dohromady údaje o prvcích a jevech, které jsou v prostorovém datovém modelu vyjádřeny objektem. Samotné objekty pak představují prvky databáze. Data, která se vztahují k jednomu prvku databáze, jsou uspořádána v souboru do záznamů, může jít o data polohová, popisná nebo vztahová, každý údaj jednoho prvku je zařazen do pole (Rapant 2002). Jde tedy říci, že data jsou v databázi uložena v řádcích a sloupcích. Každý sloupec představuje pole, které je určeno pro nějaký údaj. Údaje seřazené v jenom řádku tvoří jeden záznam. Zjednodušené schéma můžeme vidět dále (obr. 3).

	pole Jméno	pole Příjmení	pole Ročník	pole Obor studia
záznam 1	Nový	Radim	3	geologie
záznam 2	Dostál	Martin	2	architektura
záznam 3	Jeřábek	Adam	4	ekonomie
záznam 4	Černý	Pavel	3	biologie

Obr. 3 Struktura databáze záznam pole (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

## 9.2 Postup při tvorbě databáze

Pro tvorbu databáze nabízí Arctur, et al. (2004) teoretický postup, který je prezentován ve třech hlavních krocích, které mají dílčí body postupu (obr. 4)



Obr. 4 Postup návrhu databáze (zdroj: Arctur, et al. 2004)

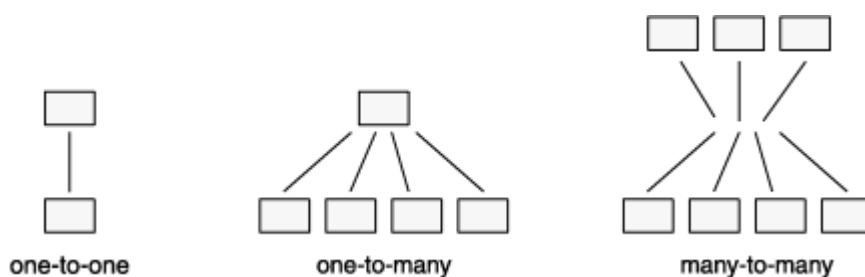
Když shrneme jednotlivé kroky, tak konceptuální návrh řeší především identifikaci samotného tématu a shromáždění všech potřebných dat, pro které bude model vytvořen. Následně pojmenovává jednotlivé tematické vrstvy a seskupuje je do datových sad. Logický návrh je část, ve které se definuje samotná databáze. Řeší jednotlivá pole a jejich datové typy a také celý vzhled databáze, definuje vztahy mezi tabulkami a entitami a nastavuje topologická pravidla. Fyzický návrh je finální částí celého procesu. Navržená databáze se plní daty a testuje. Definují se pravidla pro práci s databází a dokumentuje se celý návrh.

## 9.3 Relační vztahy

Relace je vztah mezi dvěma tabulkami nebo třídami prvků, který je navázán pomocí jednotného identifikátoru (Esri 2017). Relace tedy nastavuje vztahy mezi tabulkami tak, aby bylo možné od jednoho záznamu přistupovat k jinému záznamu v jiné tabulce. Relace mohou nabývat tří rozdílných vztahů (Esri 2017) viz obr. 5.

- Jeden k jedné, což znamená, že k jednomu záznamu v jedné tabulce existuje jeden záznam v tabulce jiné.

- Jeden k mnoha znamená, že k jednomu záznamu v jedné tabulce je jeden a více záznamů v jiné tabulce.
- Mnoho k mnoha znamená, že k jednomu nebo více záznamům z jedné tabulky je jeden nebo více záznamů z tabulky druhé.



Obr. 5 Schéma možných relačních vztahů (zdroj: IBM 2018, <https://ibm.co/2HxQCSN>)

## 9.4 Domény

Dle Esri (2017) jsou Atributové domény pravidla, která popisují přípustné hodnoty pole. Domény se používají k omezení hodnot přípustných pro konkrétní pole v rámci tabulky nebo třídy prvků. Definují se pro celou geodatabázi. Pokud jsou aplikovány subtypy, mohou k nim být přiřazeny různé atributové domény. Po aplikaci domény akceptuje pole pouze hodnotu, která je pro něj přednastavená, to pomáhá zajistit větší integritu dat. Domény jsou dvojího typu.

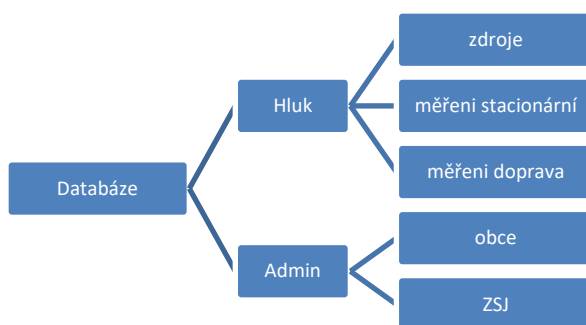
- Domény typu *range* (rozsahové) slouží k definování oboru hodnot daného pole. Definují se pomocí minimální a maximální hodnoty. Mohou být nadefinovány pro pole s datovým typem short integer, long integer, float, double a date.
- Domény typu *coded values* (kódované hodnoty) slouží k nadefinování platné sady hodnot pro dané pole. Doména obsahuje kódovanou hodnotu uloženou v databázi a také uživatelsky přívětivější popis toho, co hodnota ve skutečnosti znamená. Mohou být nadefinovány pro všechny datové typy.

## 10 Tvorba datového modelu

Průběh tvorby datového modelu probíhal dle postupu popsaného v (kap. 9.2). Ve zkratce šlo tedy o použití struktury návrhu sledující tři hlavní kroky, konceptuální, logický a fyzický návrh (Arctur, et al. 2004).

### 10.1 Konceptuální návrh

V této části jde především o stanovení, která data bude potřeba k vyhotovení databáze. Vzhledem k povaze samotné práce jsou primární tematická data prakticky daná. Jde tedy o hluková data poskytnutá KHS LK (více o datech v kap. 7). Cílovou skupinou, která bude pracovat s hotovým produktem databáze a v budoucnu by jí měla spravovat a doplňovat, jsou profesionálové v oblasti hygieny, kteří mají velmi dobré znalosti v oblasti hluku, ale nejsou GIS odborníky. Hotová databáze bude nadále používána, a to nejenom ve vymezeném rozsahu (kap. 5), ale bude všemi svými vlastnostmi připravena pro aplikaci na celou ČR. Vedlejší tematickou vrstvou bude administrativní členění na obce a základní sídelní jednotky. V případě rozšíření na větší území není v budoucnu problém rozšířit datový model o vyšší administrativní celky. Administrativní členění je v datovém modelu zastoupeno především kvůli prostorovému dotazování, které bude důležitou složkou v budoucí práci s daty. Pokud jde tedy o strukturu, tak v rámci jedné geodatabáze budou 2 datové sady (Obr. 6). První bude datová sada tematické oblasti hluk, ve které budou 3 třídy prvků. Tyto třídy budou organizovány na zdroje hluku, měření stacionárních zdrojů hluku a měření hluku z dopravy. Druhá datová sada bude obsahovat administrativní členění na obce a základní sídelní jednotky a to pouze pro vymezené území.



Obr. 6 Struktura databáze (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

## 10.2 Logický návrh

V této části přichází na řadu návrh struktury atributových tabulek, jehož součástí je struktura jednotlivých entit a atributů. Podstatnou částí je pak definice vlastností atributů a relací mezi tabulkami. Základní struktura databáze byla navržena v konceptuálním modelu a v logické části je třeba tento návrh aplikovat a dále rozvíjet až do podoby jednotlivých záznamů a polí v atributových tabulkách. Prvním krokem bylo vytvoření struktury geodatabáze KHS\_LB\_Hluk. V níž bude vytvořena datová sada hluk a datová sada admin\_cleneni. Datová sada admin\_cleneni se bude plnit hranicemi obcí Liberec a Stráž nad Nisou a jejich základními sídelními jednotkami. V datové sadě hluk budou vytvořeny 3 třídy prvků, které reprezentují zdroje hluku, měření stacionárních zdrojů hluku a měření hluku z dopravy. Definování souřadnicového systému, datových typů, číslování atd. je popsáno v kapitolách níže.

### 10.2.1 Souřadnicový systém

V současné době jsou v ČR nejvíce používány 2 souřadnicové systémy. Jde o WGS 84, který reprezentuje světový standart v souřadnicových systémech, a S-JTSK, který je naším národním systémem a je závazný dle *nařízení vlády č. 430/2006 Sb.*, pro státní mapová díla. Pro použití v této práci byl zvolen systém WGS 84, protože data budou primárně používána v online prostředí ArcGIS, kde je defaultně zvolen pouze světový standart WGS 84, a také proto, že v případném přímém určování polohy v terénu, bude pracováno s GPS, které pracuje v tomtéž systému.

### 10.2.2 Geometrie

Po výběru souřadnicového systému, ve kterém bude model budován, přichází jedno z prvních rozhodnutí na volbu geometrie. Jelikož v tomto konkrétním případě budou hluková data zobrazována pomocí vektorů, půjde o rozhodnutí mezi bodem, linií a polygonem. Struktura hlukových dat je následující. Zdroj hluku a měření hluku, která se dělí na měření hluku z dopravy a měření stacionárních zdrojů hluku

Měření hluku je dané adresou nebo polohou na určité pozemkové parcele a zpravidla je přiložen i situační plán. Z toho důvodu je vhodné ho bodově lokalizovat, protože je umístěno dle logiky měření v blízkosti fasády v chráněném venkovním prostoru stavby orientovaném ke zdroji hluku (kap. 7). Stacionární zdroje hluku jsou též lokalizovány pomocí adresy a byl pro ně, stejně jako pro body měření, zvolen pro vyjádření bod. Bohužel ne vždy bylo u vstupních dat zřejmé, kde přesně se zdroj hluku

nachází. Například konkrétní poloha zdroje hluku v průmyslovém areálu nebyla uvedena. Bylo tedy přistoupeno ke zjednodušení a určení polohy zdroje na přibližný střed parcely nebo adresní budovy. Další problém nastává až při určení geometrie zdroje hluku z dopravy. V protokolech, z nichž pocházejí hluková data, je uvedena jako zdroj hluku pouze komunikace nebo železniční trať, ne však konkrétní místo zdroje. Při komplikovanosti šíření hluku není ani možné vymezit konkrétní místo, odkud hluk pochází. Jelikož povaha zdroje hluku je liniová, nabízelo by se použití linie, ale vzhledem k tomu, že neexistuje pravidlo, dle něhož by se délka a přesné umístění určovalo, bylo přistoupeno k zobrazení pomocí bodu, který je umístěn na nejbližší vodorovné vzdálenosti na komunikaci od bodu měření.

### 10.2.3 Volba atributů

Volba atributů byla stěžejní částí logického návrhu databáze. Atributy mají dále vliv na hodnotu výsledné práce, protože databáze musí být navržena tak, aby sloužila svému účelu, ale na druhou stranu nebyla zbytečně obsáhlá. Atributy byly voleny pro 2 třídy prvků, pro zdroj hluku a měření hluku. Měření hluku je rozděleno dle kategorie zdroje hluku, rozdíl v attributech je pouze v době, po kterou se daný zdroj měří. Přehled jednotlivých tříd prvků, jejich atributů a významu, je popsán pro zdroje hluku v (tab. 4) a pro měření hluku v (tab. 5).

**Tab. 4 Atributy a popis třídy prvků zdroje\_hluk (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)**

Atribut	Popis
id_zdroje	jednoznačný identifikátor, který byl vytvořen místo čísla protokolu pro nezaměnitelnou identifikaci v rámci databáze
c_jednaci	číslo jednací je číselný systém používaný k identifikaci závazného stanoviska vydávaného jako posouzení protokolu o měření
c_protokolu	číslo protokolu je číselný systém, který používají dodavatelé měření
rok	označuje rok, ve kterém bylo provedeno měření
místo_mereni	označuje obec, ve které bylo provedeno měření
zdroj_hluku	tento atribut označuje typ zdroje hluku a může nabývat 3 hodnot, komunikace, železnice a stacionární zdroj hluku, komunikace a železnice se počítají jako zdroj z dopravy
nazev_zdroje	pojmenovává zdroj hluku, v případě stacionárního zdroje jde o název společnosti vlastníci zdroj hluku nebo název samotného zdroje a v případě komunikace jde o její kód, popřípadě název ulice
X	souřadnice x v souřadnicovém systému WGS 1984
Y	souřadnice y v souřadnicovém systému WGS 1984

Tab. 5 Atributy a popis tříd prvků mereni\_doprava a měření\_stacionar (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

Atribut	Popis
id_mereni	jednoznačný identifikátor jednotlivých měření hluku odvozený od id_zdroje
id_zdroje	jednoznačný identifikátor, který byl vytvořen místo čísla protokolu pro nezaměnitelnou identifikaci v rámci databáze
c_parcely	označuje číslo parcely, na kterém je umístěn budoucí chráněný prostor stavby, na kterém proběhlo měření hluku, pokud ještě nemá přiděleno číslo popisné
ulice	ulice, na níž se nachází objekt, u kterého proběhlo měření hluku
cp	číslo popisné, na němž se nachází objekt, u kterého proběhlo měření hluku
prostor_mereni	jde o prostor, kde proběhlo měření hluku, může nabývat tří hodnot, chráněný venkovní prostor stavby, chráněný venkovní prostor a chráněný vnitřní prostor stavby
limit_8/16	hlukový limit pro denní dobu
limit_1/8	hlukový limit pro noční dobu
vysledna_hodnota_8/16	výsledná hodnota měření hluku v denní době
vysledna_hodnota_1/8	výsledná hodnota měření hluku v noční době
nejjistota_mereni	nejjistota měření přiřazená konkrétnímu měření
hodnotici_hodnota_8/16	hodnotící hodnota je výslednou hodnotou s odečtenou nejistotou měření v denní době
hodnotici_hodnota_1/8	hodnotící hodnota je výslednou hodnotou s odečtenou nejistotou měření v noční době
splneni_limitu_8/16	porovnává hodnotící hodnotu se splněním hygienického limitu v denní době
splneni_limitu_1/8	porovnává hodnotící hodnotu se splněním hygienického limitu v noční době
X	souřadnice x v souřadnicovém systému WGS 1984
Y	souřadnice y v souřadnicovém systému WGS 1984



## 10.2.4 Datové typy

Při návrhu databáze je nutné zvolit datové typy jednotlivých polí. Datový typ definuje povahu dat, která budeme do konkrétního pole zapisovat. V rámci různých databázových systémů existují různé datové typy. Pro náš konkrétní případ použití na hlukových datech v prostředí ArcGIS budou stačit pouze 3 datové typy (Dobešová 2004).

1. **Text:** nejobecnější datový typ, jehož obsahem může být libovolný řetězec znaků v rozmezí 0 až 255 znaků. Nejde pouze o běžné znaky, ale také například mezery, speciální znaky, číslice, malá a velká písmena, interpunkční znaménka apod. V tomto případě jde o označení identifikátoru, adresy, parcely, roku, splnění hlukového limitu apod.
2. **Short Integer:** číselný datový typ, jehož obsahem může být celé číslo záporné i kladné o rozsahu -32 768 do 32 767. V tomto případě jde o označení hodnoty hlukového limitu.
3. **Float:** číselný datový typ, jehož obsahem může být desetinné číslo záporné i kladné v rozmezí -3.4E38 do 1.2E38, počet platných číslic je 15. V tomto případě slouží pro výslednou a hodnotící hodnotu hluku a souřadnice polohy.

## 10.2.5 Domény

Pro použití domén bylo rozhodnuto zejména kvůli zabránění chybovosti při zadávání nových hodnot. Byly použity obě kategorie domén a to domény typu *range* (tab. 6) a *coded values* (tab. 7). Níže jsou popsány jednotlivé domény a jejich hodnoty. Všechny domény byly nadefinovány pro databázi KHS\_LB\_Hluk.

Tab. 6 použití domén typu *range* (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

Atribut	Popis domény typu <i>range</i>
hodnoty_hluk	obor hodnot od 10 do 99 dB pro desetinná čísla, omezující zadání výsledné a hodnotící hodnoty z měření hluku
limity	obor hodnot od 10 do 99 dB pro celá čísla, omezující zadání hlukového limitu
nejjistota_mereni:	obor hodnot od 1 do 5 pro desetinná čísla, omezující zadání hodnoty nejistoty měření
rok	obor hodnot od 2015 do 2050 pro celá čísla, omezující zadání roku, ve kterém proběhlo měření

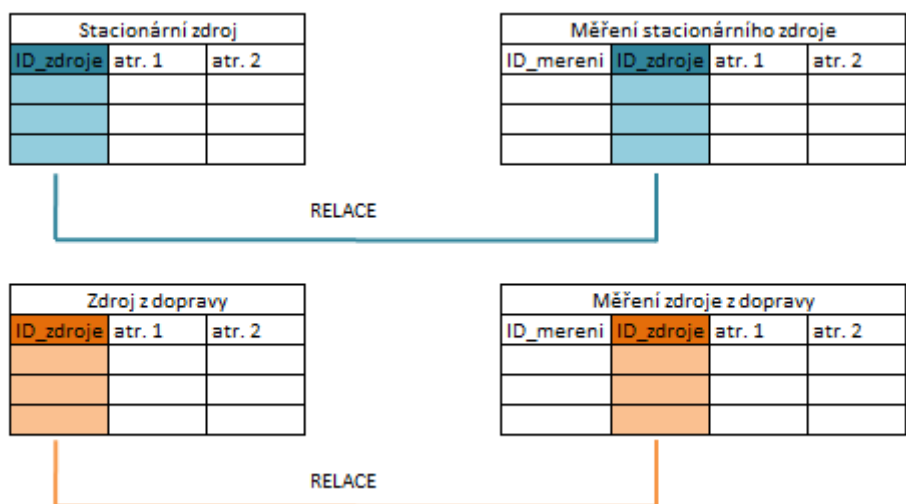
Tab. 7 použití domén typu *coded values* (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

Atribut	Popis domény typu <i>coded values</i>
místo_mereni	definuje 2 platné možnosti pro obec, ve které leží zdroj hluku, pro číslo 1 Liberec a pro číslo 2 Stráž nad Nisou
prostor_mereni	definuje 3 platné možnosti pro prostor, ve kterém proběhlo měření, pro číslo 1 chráněný venkovní prostor, pro 2 chráněný venkovní prostor stavby a pro 3 chráněný vnitřní prostor stavby
splneni_limitu	definuje 2 platné možnosti pro splnění hlukového limitu, pro 1 ano a pro 2 ne
zdroj_hluku:	definuje 3 platné možnosti pro klasifikaci zdroje hluku, pro 1 komunikace, pro 2 železnice a pro 3 stacionární zdroje hluku

### 10.2.6 Relační vztahy

Hlavním důvodem použití relačních vztahů bylo propojení tabulky obsahující zdroje hluku s tabulkou reprezentující měření tohoto zdroje. Tato situace nastala, protože databáze byla tvořena dle logiky vstupních dat, které byly ve formě protokolů. Tyto protokoly obsahovaly pro jeden zdroj hluku jedno či více měření. Přesně tento typ vztahu, kromě jiných, nabízí relace.

Před použitím relačních vztahu existovaly 3 tabulky zařazené do 2 skupin. První skupinou byla měření stacionárních zdrojů hluku a druhou měření zdrojů z dopravy. Jedna tabulka obsahovala zdroje hluku a to jak z dopravy tak stacionárních zdrojů hluku. Další dvě tabulky obsahovaly měření hluku, tentokrát však rozdělené na měření hluku z dopravy a měření stacionární zdrojů hluku. K propojení pomocí relace došlo vždy v rámci jedné skupiny, takže stacionární zdroje hluku byly propojeny s měřeními stacionárních zdrojů a zdroje hluku z dopravy byly propojeny s měřeními hluku z dopravy. Vztah, na kterém funguje celá relace, je jeden ku mnoha, protože vždy k jednomu zdroji hluku je jedno nebo více měření hluku. Samotná relace pracuje na propojení pomocí identifikátoru. Tímto identifikátorem se stalo ID\_zdroje (obr. 7), tento atribut jednoznačně identifikuje zdroj hluku a označuje také všechna měření, která byla provedena k tomuto zdroji v rámci jednoho protokolu. K identifikaci jednotlivých měření slouží atribut ID\_mereni.



Obr. 7 Schéma relačního vztahu mezi zdroji hluku a měřeními (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

### 10.2.7 Tvorba číselného kódu

V rámci tvorby databáze muselo být přistoupeno z důvodu jednoznačné identifikace k tvorbě identifikačního klíče. Tento identifikační klíč byl navrhnut společně s odborníky z KHS LK tak, aby pro ně byl po předání databáze logický a mohli ho aplikovat na nová data bez nebezpečí duplicity. Pro databázi, která reprezentuje zdroje hluku, byl vytvořen číselný kód, jehož logika je vysvětlena níže. Pro databáze, které zobrazují jednotlivá měření, byl zvolen stejný kód, který je navíc doplněn o pořadové číslo měření v rámci jednoho zdroje hluku číslované od 1. Jde vždy o jedno nebo více čísel, která mají jednoznačný význam a jsou oddělená podtržítkem. Tento kód je tvořen tak, aby byl v budoucnu aplikovatelný na celou ČR.

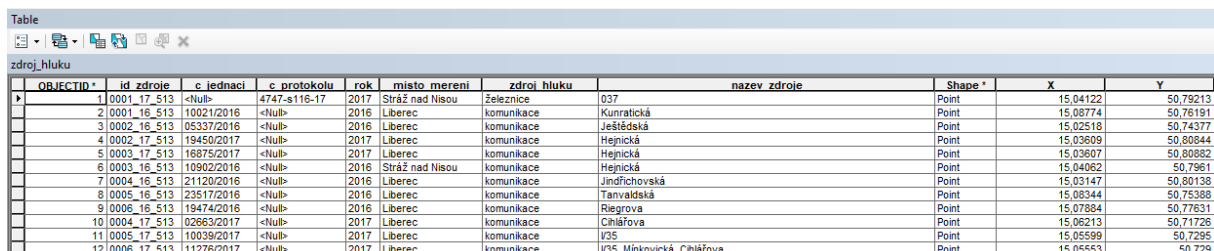
**XXXX\_YY\_ZZZ\_M**

- **XXXX**= pořadové číslo měření v rámci jednoho roku přidělované od 1 do 9 999 jednotlivým protokolům v rámci jedné hygienické stanice spravující správní oblast jednoho okresu
- **YY**= 2 poslední čísla roku, ve kterém bylo provedeno měření hluku
- **ZZZ** = kód dle IS PIVO pro jednoznačnou identifikaci KHS v rámci ČR, první dvě čísla jsou posledními dvěma čísly z kódů kraje dle klasifikace NUTS a poslední číslo je číslo územního pracoviště krajské hygienické stanice v rámci kraje
- **M**= pořadové číslo měření v rámci jednoho zdroje hluku (pouze u id\_mereni)

### 10.3 Fyzický návrh

Třetí částí v procesu tvorby a návrhu databáze je fyzický návrh. V této části se aplikují postupy navržené v předchozím kroku a databáze se plní reálnými daty. Tvorba databáze proběhla v prostředí ArcGIS 10.6, konkrétně v ArcCatalogu. Nejdříve byly v katalogu nadefinovány datasety hluk a admin\_členění. V datasetu hluk byly poté vytvořeny třídy prvků pro zdroje hluku a měření hluku s jednotlivými atributy a jejich vlastnostmi. Dále byly vytvořeny relace blíže popsané v (kap. 9.3). Třídy prvků byly po vytvoření plněny ručně daty z protokolů o měření. Body byly umístěny do prostoru pomocí ortofoto mapy ČÚZK a katastrální mapy RÚIAN. Pomocný dataset admin\_členění byl naplněn vrstvami obcí a ZSJ vybraného území.

První třídou prvků, která byla vytvořena a naplněna daty, je databáze zdrojů hluku, zobrazená pomocí bodů. Určení polohy proběhlo u komunikací na jejich ose v nejbližší vodorovné vzdálenosti k místu měření, v případě stacionárních zdrojů hluku byl bod umístěn na střed budovy nebo areálu, který je označen jako zdroj hluku. Výsledek tvorby databáze zdrojů hluku zobrazené pomocí bodové třídy prvků je zobrazen níže (obr. 8).



OBJECTID*	id zdroje	c jednaci	c protokolu	rok	místo měření	zdroj hluku	název zdroje	Shape *	X	Y
1	0001_17_513	<Nul>	4747-s116-17	2017	Stráž nad Nisou	železnice	037	Point	15,04122	50,79213
2	0001_16_513	10021/2016	<Nul>	2016	Liberec	komunikace	Kunratická	Point	15,08774	50,76191
3	0002_16_513	05337/2016	<Nul>	2016	Liberec	komunikace	Ještědská	Point	15,02518	50,74377
4	0002_17_513	19450/2017	<Nul>	2017	Liberec	komunikace	Hejnická	Point	15,03609	50,80844
5	0003_17_513	16875/2017	<Nul>	2017	Liberec	komunikace	Hejnická	Point	15,03607	50,80882
6	0003_16_513	10902/2016	<Nul>	2016	Stráž nad Nisou	komunikace	Hejnická	Point	15,04062	50,79611
7	0004_16_513	21120/2016	<Nul>	2016	Liberec	komunikace	Jindřichovská	Point	15,03147	50,80138
8	0005_16_513	23517/2016	<Nul>	2016	Liberec	komunikace	Tanvaldská	Point	15,08344	50,75388
9	0006_16_513	19474/2016	<Nul>	2016	Liberec	komunikace	Riegrova	Point	15,07884	50,77631
10	0004_17_513	02863/2017	<Nul>	2017	Liberec	komunikace	Chlářova	Point	15,06213	50,71726
11	0005_17_513	10039/2017	<Nul>	2017	Liberec	komunikace	V35	Point	15,05599	50,7295
12	0006_17_513	11276/2017	<Nul>	2017	Liberec	komunikace	V35, Minkovická, Chlářova	Point	15,05553	50,729

Obr. 8 Ukázka databáze třídy prvků zdroje\_hluk (zdroj: printscreen z ArcGIS 10.6 2018)

Dále byla vytvořena třída prvků, do které byly plněny data z měření stacionárních zdrojů hluku. Poloha jednotlivých bodů byla určována dvojím způsobem. Pokud byl dostupný situační plán ze samotného měření, přiložený v protokolu o měření, byla poloha bodu umístěna pomocí katastrální mapy přesně na určené místo. Pokud situační plán nebyl dostupný, byl dostupný pouze slovní popis, který většinou charakterizuje umístění v rámci světových stran konkrétní fasády domu, kde proběhlo měření. Stejnou logikou byla plněna daty i třída prvků zobrazující měření zdrojů hluku z dopravy. Výsledkem jsou databáze měření zdrojů hluku reprezentované bodovými třídami prvků, pro zdroje hluku z dopravy (obr. 9) a pro stacionární zdroje hluku (obr. 10), můžeme vidět na obrázku.

OBJEKTID	id_mereni	id_zdroje	c_parcely	ulice	cp	prostor_mereni	limit_16	limit_8	vysledna_hodnota_16	vysledna_hodnota_8	nejistota_mereni	hodnotici_hoc
1	0001_17_513_1	0001_17_513	607/22	Myslbetova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	40,5	38,1	1,8	
2	0001_17_513_2	0001_17_513	607/21	Myslbetova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	39,2	32,3	1,8	
3	0001_17_513_3	0001_17_513	607/19	Myslbetova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	37,3	33,4	1,8	
4	0001_16_513_1	0001_16_513	1672/2	Kunratická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	70	60	54,3	46,5	2	
5	0001_16_513_2	0001_16_513	52/1/1	Ještědská	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	70	60	51,5	44,8	2	
6	0002_17_513_1	0002_17_513	81/2	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	50	44,4	39,9	1,8	
7	0003_17_513_1	0003_17_513	741/1/1	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	50	53,2	48,7	1,8	
8	0003_17_513_2	0003_17_513	741/1/2	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	50	47	42,5	1,8	
9	0003_16_513_1	0003_16_513	783/3	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	70	60	60,7	51,5	1,8	
10	0004_16_513_1	0004_16_513	205/9	Novoveská	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	55	<Null>	49,6	<Null>	1,8	
11	0005_16_513_1	0005_16_513	2070	Kozácká	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	85	55	58,8	51,8	1,8	
12	0006_16_513_1	0006_16_513	2924/1	Riegrova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	70	60	59,1	53,7	<Null>	
13	0004_17_513_1	0004_17_513	622/71	Šimonovická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	60,5	51,1	1,8	
14	0005_17_513_1	0005_17_513	2132/2	V Lučimách	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	51,8	43,8	2	
15	0006_17_513_1	0006_17_513	2183/1	V Lučimách	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	55	56,5	48,8	2	
16	0007_17_513_1	0007_17_513	842/2	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	60	50	51,2	43,8	1,8	
17	0008_17_513_1	0008_17_513	842/3	Hejnická	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	55	50	49	49,2	1,8	
18	0009_17_513_1	0009_17_513	831	České Mládeže	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	55	45	51	43,1	2	
19	0010_17_513_1	0010_17_513	622/50	Rozdělní	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	55	45	44,6	40,3	<Null>	
20	0011_17_513_1	0011_17_513	<Null>	Česká	167	chráněný venkovní prostor stavby	85	55	72,1	66,3	1,8	

Obr. 9 Ukázka databáze třídy prvků mereni\_doprava (zdroj: printscreen z ArcGIS 10.6 2018)

OBJEKTID	id_mereni	id_zdroje	c_parcely	ulice	cp	prostor_mereni	limit_8	limit_1	vysledna_hodnota_8	vysledna_hodnota_1	nejistota_mereni	h
1	0002_16_513_1	0002_16_513	2549/3	Východní	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	43,3	37,5	1,8	
2	0020_17_513_1	0020_17_513	868/1	Máchova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	51,5	<Null>	1,8	
3	0010_16_513_1	0010_16_513	<Null>	Londýská	318	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	48,5	39,8	1,8	
4	0001_15_513_1	0001_15_513	<Null>	Třída Dr. Milady Horákové	227/51a	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	39,4	39,4	2	
5	0001_15_513_2	0001_15_513	<Null>	U Černého dolu	481/15	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	39,1	39,1	2	
6	0011_16_513_1	0011_16_513	<Null>	Třída Dr. Milady Horákové	227/51a	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	37,1	37,1	2	
7	0011_16_513_2	0011_16_513	<Null>	U Černého dolu	481/15	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	37,2	37,2	2	
8	0021_17_513_1	0021_17_513	<Null>	Třída Dr. Milady Horákové	227/51a	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	33,6	33,6	2	
9	0021_17_513_2	0021_17_513	<Null>	U Černého dolu	481/15	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	37,4	37,4	2	
10	0022_17_513_1	0022_17_513	<Null>	Nová cesta	246	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	36,7	36,7	2	
11	0023_17_513_1	0023_17_513	837/1	Dykova	<Null>	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	49,5	40,4	1,8	
12	0024_17_513_1	0024_17_513	<Null>	České Mládeže	324/5	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	49,5	39,5	1,8	
13	0025_17_513_1	0025_17_513	<Null>	Pod Strání	44	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	43,6	35,3	1,8	
14	0025_17_513_2	0025_17_513	<Null>	Sířný kopec	153	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	45,9	36	1,8	
15	0026_17_513_1	0026_17_513	<Null>	Volná	572	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	37,1	37,6	1,8	
16	0026_17_513_2	0026_17_513	<Null>	V Chlebě	242	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	41,7	41	1,8	
17	0012_16_513_1	0012_16_513	<Null>	Londýnská	478/91	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	39,2	36,7	1,8	
18	0013_16_513_1	0013_16_513	<Null>	V Horáčkách	94/5	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	51,3	39,1	1,8	
19	0014_16_513_1	0014_16_513	<Null>	Pod Strání	43	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	40,9	36,5	1,8	
20	0027_17_513_1	0027_17_513	<Null>	Volná	572	chráněný venkovní prostor stavby	50	40	48,2	44,6	1,8	

Obr. 10 Ukázka databáze třídy prvků mereni\_stacionar (zdroj: printscreen z ArcGIS 10.6 2018)

## 11 Zavedení datového modelu do webového GIS

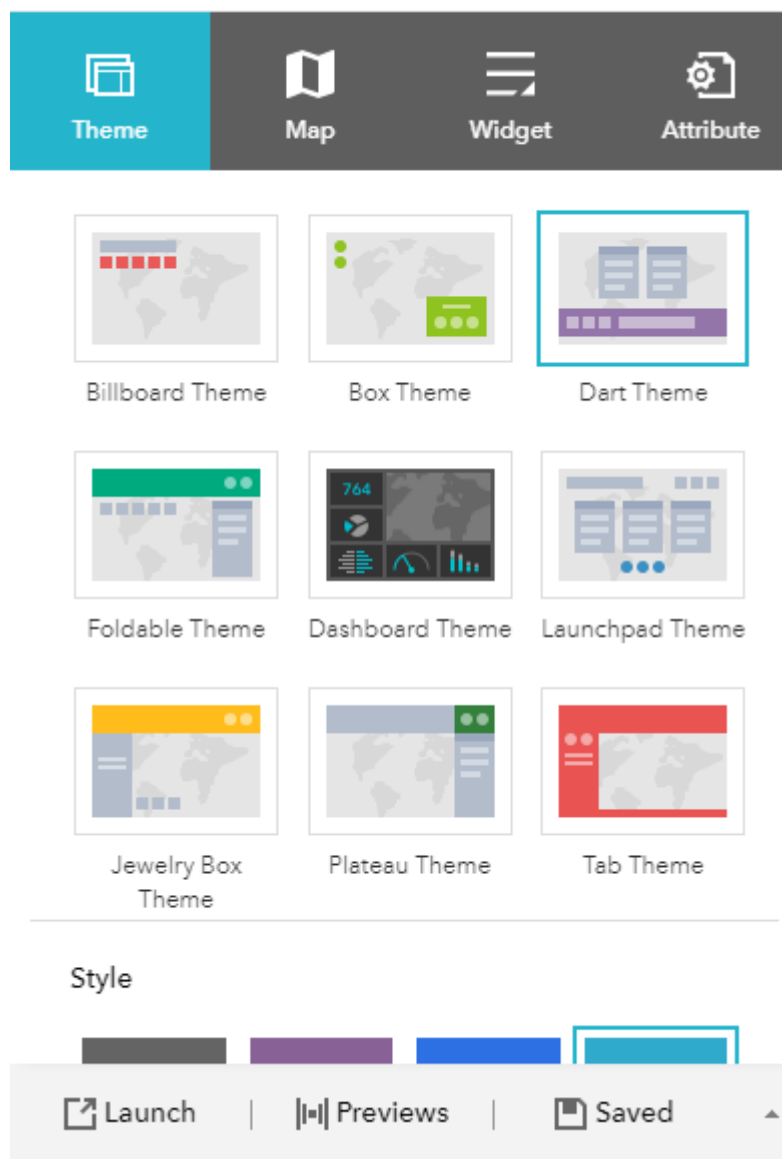
Převedení datového modelu do prostředí webového GIS proběhlo ze dvou důvodů: 1) Odborní pracovníci z KHS LK, kteří budou zodpovědní za datový model, nejsou experty v oblasti GIS. Prostředí webového GIS, je přehlednější a jednodušší. Správa dat, jejich doplňování a další operace, budou pro obsluhu mnohem méně náročné. 2) Další příkladem proč je dobré použít webový GIS je fakt, že k prohlížení dat nebudou přistupovat pouze zaměstnanci KHS LK, ale v budoucnosti také zaměstnanci jiných KHS. Z toho důvodu je velmi dobré využít tohoto řešení, které nenuť uživatele složitě zavádět desktopovou verzi GIS.

ArcGIS Online je forma webového GIS, který umožňuje používat, vytvářet a sdílet mapy, aplikace a vrstvy. Díky tomu, že je ArcGIS Online nedílnou součástí systému ArcGIS, lze jej využít jako rozšíření funkcí ArcGIS Desktop (Esri 2018a). Vzhledem k tomu, že byl datový model vybudován v prostředí ArcGIS Desktop a TU v Liberci má k dispozici i řešení ArcGIS Online, byl jeho výběr výhodný.

Abychom mohli datový model používat ve službě ArcGIS Online, je nutné jej nejdříve exportovat do cloudového úložiště jako mapovou službu. V této fázi je nutné z datového dokumentu odstranit veškeré vrstvy a podkladové mapy, které nechceme společně s datovým modelem exportovat. Následně spustíme export. V této části nastavujeme metada, jako je název služby, popis nebo tagy. Zejména důležité jsou tagy, dle kterých se data následně lépe vyhledávají.

Po exportování dat použijeme nově vzniklou *feature layer* a vytvoříme z ní webovou mapu. V této fázi probíhá nastavení symbologie, vyskakovacích oken a měřítek, ve kterých jsou vrstvy viditelné. Nově vzniklá mapa se stává základem pro tvorbu webové mapové aplikace. Pro její tvorbu byla vybrána aplikace *Web AppBuilder*. Tato aplikace umožňuje snadno vytvářet webové mapové aplikace. Obsahuje výkonné nástroje pro konfiguraci plně vybavených aplikací (Esri 2018b). Samotná tvorba aplikace probíhá ve čtyřech krocích (obr. 11). Prvním krokem, je výběr šablony, ve které bude mapová aplikace fungovat. V tomto kroku vybíráme barevné ladění aplikace a její uspořádání. Ve druhém kroku vybereme mapu, kterou chceme použít. Dále zde nastavujeme rozsah zobrazení mapy při prvním spuštění aplikace, obnovovací interval mapy nebo viditelnost v závislosti na měřítku. Ve třetím kroku určíme widgety, kterými bude aplikace ovládána. Jde o velké množství přednastavených nástrojů, ze kterých

vybíráme dle potřeby tématu naší aplikace. Použité widgety jsou popsány v (kap. 13.1). Čtvrtou částí tvorby aplikace je záložka atribut, ve které uvedeme název aplikace, logo nebo odkazy.



Obr. 11 Nastavení webové mapové aplikace v prostředí Web AppBuilder (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)

Po kontrole funkčnosti aplikace musel být vyřešen problém s oprávněním při manipulaci s daty. V tomto případě bylo přistoupeno na vytvoření kopie aplikace, ve které nelze vykonávat editaci dat, a tím ohrožit správnost datového modelu neodbornými zásahy. Vznikla tak aplikace *Hluk editace* (Příloha 2), která slouží pro správce datového modelu, a aplikace *Hluk* (Příloha 3), sloužící pro prohlížení

hlukových dat. Podrobné oprávnění k používání datového modelu ve formě aplikace je rozepsáno v (kap. 12).

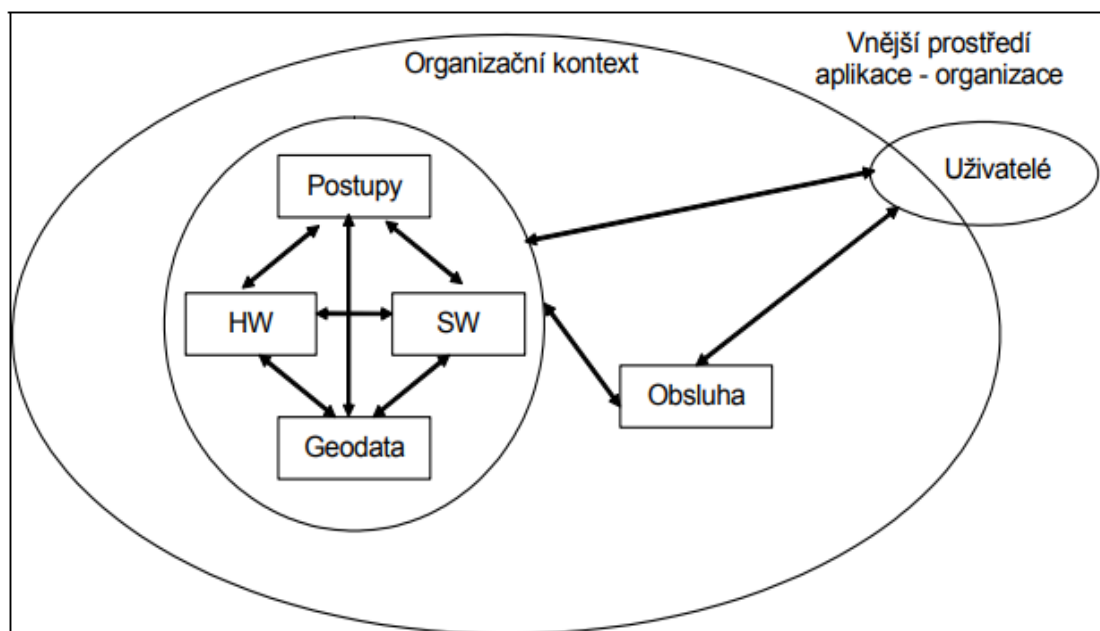


## 12 Implementace GIS do struktury KHS

V rámci této práce bude zpracován návrh jak implementovat GIS v oblasti hluku na konkrétním případě KHS LK. Pokud jde o rozsah samotné implementace, půjde především o rozdělení oprávnění jednotlivým rolím, které přijdou do styku s datovým modelem, jež bude výsledkem této práce. Jde tedy o oprávnění na správu, doplňování, odstraňování a prohlížení dat uložených v předané databázi.

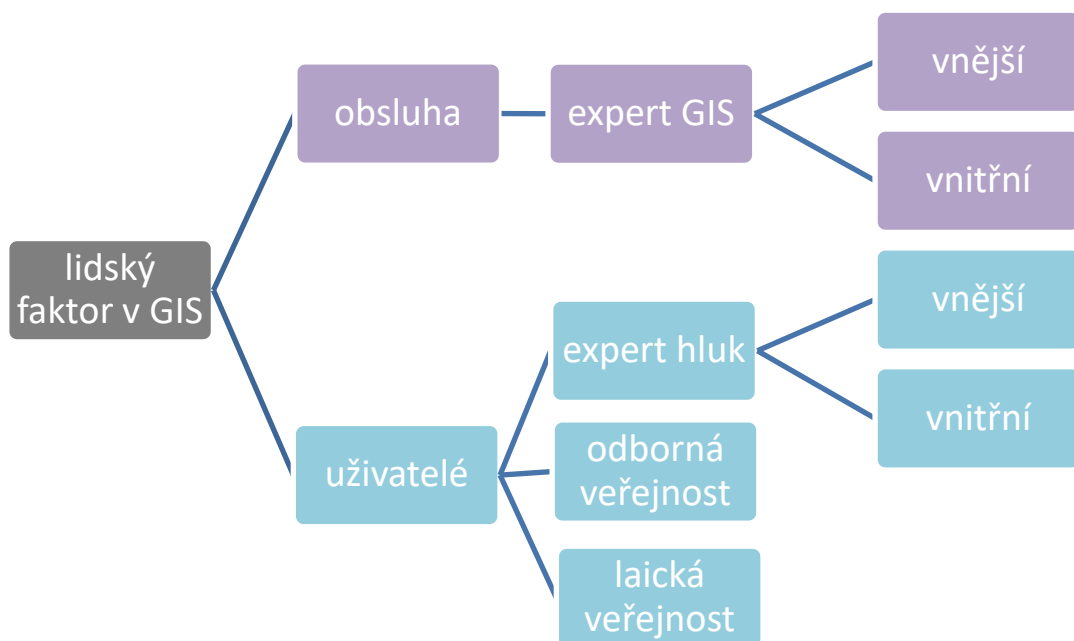
Pro implementaci GIS je nutné si nejdříve uvědomit kompletní strukturu aplikace GIS. Rapant (2005) vyčleňuje 7 základních složek aplikace geoinformačního systému:

- technické prostředky
- programové prostředky,
- geodata,
- postupy zpracování geodat, zaměřené na získání potřebných geoinformací,
- obsluha,
- uživatelé,
- organizační kontext.



Obr. 12 Schéma struktury aplikace GIS (Rapant 2005)

Při vypracování samotného návodu na práci a užívání datového modelu bude největší důraz kladen na postupy, obsluhu a uživatele. Základní sada geodat bude dodána spolu s datovým modelem a další data budou generována již podle postupů navržených v této práci. Lidský faktor, který vymezuje Rapant (2005) jako uživatele a obsluhu, bych dále rozdělil dle následujícího schématu (obr. 13), protože musí dojít k jednoznačnému vymezení nakládání s daty. Důležitým je však už základní rozdělení dle Rapanta (2005), protože definitivní oddělení obsluhy od uživatele napomáhá k tomu, aby byl datový model konzistentní a udržitelný. Musí proto existovat přesná pravidla pro jeho užívání.



**Obr. 13** Schéma rolí lidského faktoru v GIS (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

Mimo rozdělení na obsluhu a uživatele, které použil Rapant (2005) je schéma (obr. 13) doplněno o další rozdělení těchto dvou kategorií. Níže (tab. 8) jsou role určené ve schématu (obr. 13) blíže popsány. Jde o rozdělení oprávnění k používání webové mapové aplikace a oprávnění k použití dat, pro další zpracování.

Tab. 8 Rozdělení rolí lidského faktoru v GIS na příkladu KHS LK (zdroj: vlastní zpracování autora 2018)

role	popis
vnější expert GIS	komplikovanější údržba datového modelu, složitější analýzy dat, používá aplikaci <i>Hluk editace</i> , externí odborník
vnitřní expert GIS	standardní správa, vkládání a údržba dat, jednoduché analýzy, zodpovědnost za funkčnost a správnost dat a datového modelu, používá aplikaci <i>Hluk editace</i> , odborník z KHS
vnější expert na hluk	pouze prohlíží data, popřípadě výsledky analýz, používá aplikaci <i>Hluk</i> s povolením KHS LK, například odborníci ze SZÚ a ZÚ
vnitřní expert na hluk	prohlíží data, výsledky analýz a spolupracuje s GIS experty, používá aplikaci <i>Hluk</i> , pracovník KHS.
odborná veřejnost	pouze prohlíží data, případně výsledky analýz, používá aplikaci <i>Hluk</i> s povolením KHS LK, například odborníci z územního plánování.
laická veřejnost	prohlíží výsledky vybraných analýz, používá aplikaci <i>Hluk</i> s povolením KHS LK

## 13 Návod na práci s databází

Tento návod slouží primárně pracovníkům KHS LK, kteří budou zodpovědní za správu předaného datového modelu, jehož tvorba je cíle této práce. Částečně také slouží těm, kteří si budou data pouze prohlížet a vyhledávat, aby se seznámili s prostředím samotné aplikace. Nejdříve bude popsána struktura samotné webové mapové aplikace, která byla vybrána jako prostředí pro používání datového modelu. Výhody tohoto řešení jsou popsány v (kap. 11). Dále budou uvedeny možnosti samotné aplikace, zejména pro správu dat.

### 13.1 Struktura webové mapové aplikace

Pro tvorbu webové mapové aplikace byla použita šablona *Dart Theme*. Tato šablona seskupuje všechny ovládací prvky do jedné lišty, na dolním okraji obrazovky (obr. 14) a je tak velmi jednoduchá na ovládání.



Obr. 14 Ovládací lišta aplikace Hluk (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)

Kromě těchto ovládacích prvků je při vstupu do aplikace nastaveno bezpečnostní vyskakovací okno (Příloha 4), kde musí uživatel odsouhlasit, že je oprávněn manipulovat s daty a má povolení KHS LK. Dále je zde možnost přepínat tlačítkem v pravém horním rohu zobrazení na celou obrazovku. Dalším tlačítkem, které se nachází též v pravém rohu, se zobrazuje přehledka pro lepší orientaci při větším přiblížení.

## 13.2 Možnosti v práci s webovou mapovou aplikací

Jediným podstatným rozdílem v obou aplikacích je především nemožnost u uživatelské aplikace *Hluk* editovat data, z čehož vyplývá, že jejich používání bude obdobné.

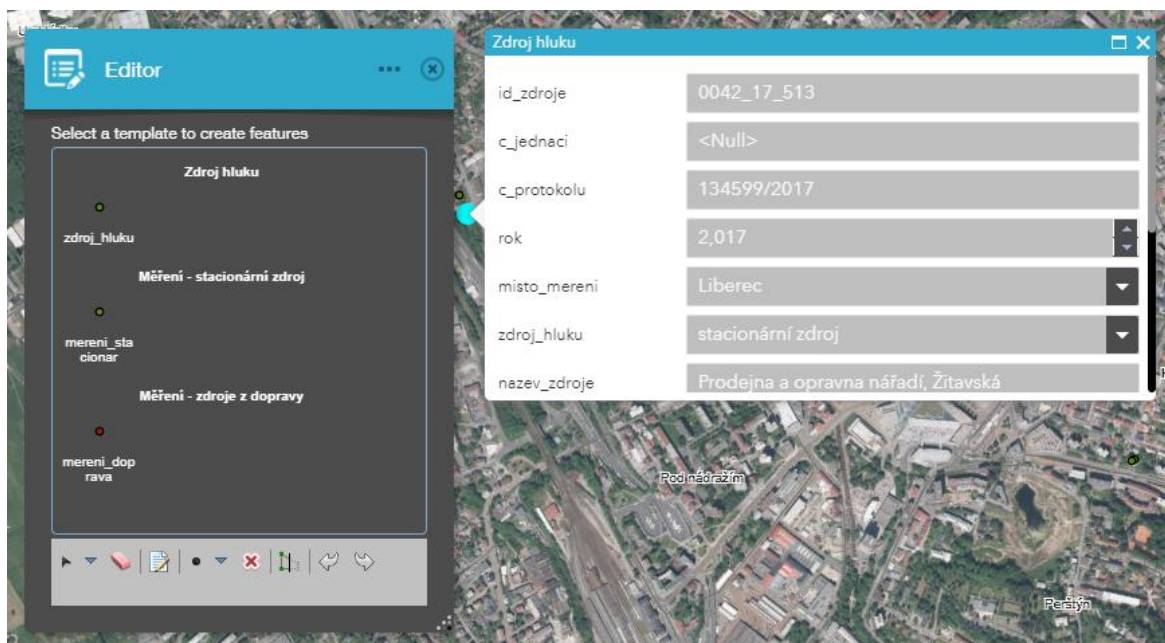
### 13.2.1 Ovládací prvky na liště

Funkce jednotlivých ovládacích prvků mapy bude popsána hierarchicky zleva doprava.

- **Zoom** tlačítka plus a mínus. Těmito tlačítky se přibližuje a oddaluje mapa. Obdobně lze využít i ovládání kolečkem na myši.
- **Vyhledávání**, do kterého jde zadat přesná adresa nebo místo, které požadujeme vyhledat.
- **Legenda**, ve které jsou zobrazeny symboly, jimiž jsou zobrazeny jednotlivé vrstvy v mapě.
- **Seznam vrstev** vypíná zobrazení jednotlivých vrstev, které jsou dostupné v aplikaci.
- **Editor** slouží k editaci a tvorbě vrstev, více v (kap. 13.2.2)
- **Výběr** pomáhá zjistit identitu a počet prvků v ručně definovaném čtverci o libovolné velikosti.
- **Filtrování** slouží k výběru dat s určitou hodnotou nebo oborem hodnot. Jsou zde formulovány jednoduché dotazy. Nejdříve dojde k výběru vrstvy, pro kterou chceme výraz definovat, následně vybereme konkrétní atribut a zadáme podmínku pomocí předpřipravených operátorů.
- **Měření** slouží k zjištění vzdálenosti, výměry nebo souřadnic.

### 13.2.2 Editor

Nejdůležitějším ovládacím prvkem a také jediným prvkem, který může poškodit stávající data, je editor. Slouží k editaci stávajících dat a ke tvorbě dat nových. Mohou tedy nastat dvě situace. Chceme-li přidat nová data, klikneme na editor a v nabídce (obr. 15) klikneme na ikonu vrstvy, ze které je námi přidávaný prvek. Dále už jen umístíme do mapy, vyplníme atributovou tabulku (obr. 15) a uložíme. Samozřejmě je potřeba vždy přidat jak bod zdroje, tak bod měření. Pokud chceme bod editovat, stačí kliknout na editor a poté na libovolný bod, který chceme editovat.



Obr. 15 Editor v mapové aplikaci Hluk - editace (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)

### 13.2.3 Atributová tabulka

Atributová tabulka nese kompletní výpis atributů pro vrstvy zdroje hluku a měření stacionárních zdrojů a zdrojů z dopravy (obr. 16). K jejímu otevření dojde při kliknutí na tlačítko šipky umístěné uprostřed na spodní straně okna aplikace (obr. 14). V rámci atributové tabulky je možná volba mezi jednotlivými vrstvami, jejich filtrování a označení. Po označení se lze přiblížit na libovolný záznam.

id_zdroje	c_jednaci	c_protokolu	rok	misto_mereni
0001_17_513		4747-s116-17	2,017	Stráž nad Nisou
0001_16_513	10021/2016		2,016	Liberec
0002_16_513	05337/2016		2,016	Liberec

70 features 0 selected

Obr. 16 Atributová tabulka v mapové aplikaci Hluk - editace (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)

## 14 Výsledky

Hlavním cílem byl především návrh datového modelu pro správu, analýzu a sdílení dat měření hluku. Pro naplnění cíle byla navržena databáze formátu Esri GDB vytvořená v prostředí Esri ArcGIS. Požadavek na sdílení dat byl naplněn přesunutím databáze na ArcGIS Online a vybudováním webová mapová aplikace, která je výsledkem předkládané bakalářské práce. Dále byl vypracován návod na práci s databází v prostředí ArcGIS Online. Nakonec byly interpretovány hlukové hodnoty pomocí mapových výstupů a tabulek.

### 14.1 Datový model

Práce na vybudování modelu začala rešerší odborné literatury zabývající se tvorbou databáze. Dále bylo nutné prezentovat možnosti GIS při tvorbě datového modelu odborníkům z KHS LK. Získané poznatky pak byly konfrontovány s jejich požadavky na datový model a následně došlo k jeho návrhu. Zde byly aplikovány obecné poznatky získané v rešerši. Návrh datového modelu proběhl dle Arctur (2004) ve třech krocích. Byly jimi konceptuální, logický a fyzický návrh. Dle této šablony byl datový model vybudován v prostředí ArcCatalog. V rámci tohoto procesu došlo k nastavení důležitých parametrů datového modelu jako je geometrie, souřadnicový systém, atributy, datový typ, jednoznačné identifikátory, domény a relační vztahy. Následně byla databáze částečně naplněna daty a testována. Po zjištění funkčnosti byla naplněna všemi získanými daty. Konečným výsledkem této části práce je prostorová databáze ve formátu gdb. Databáze je strukturována na dva datasety. První obsahuje hluková data a druhý administrativní členění. Hluková data jsou členěna na 3 třídy prvků. První obsahuje zdroje hluku, druhá měření hluku z dopravy a třetí měření hluku ze stacionárních zdrojů hluku. Zdroje hluku a jednotlivá měření jsou propojeny pomocí relačního vztahu, který používají navržený jednoznačný identifikátor jako identifikační klíč.

### 14.2 Webová mapová aplikace a návod pro práci s daty a aplikací

Vzniklá geodatabáze v desktopové verzi programu ArcGIS je plně funkční a připravena k následnému používání. Kvůli objektivním důvodům, mezi které patří zejména uživatelská přívětivost a lepší možnost sdílení, bylo přistoupeno k přesunutí databáze do prostředí webového GIS. Volba padla na prostředí ArcGIS Online. Po přesunutí databáze do cloudového prostředí spravovaného FP TUL byla pro databázi

vytvořena webová mapová aplikace, která slouží jako prostor pro její používání. Aplikace byla tvořena v prostředí Web AppBuilder for ArcGIS, které umožňuje velké množství individuálního nastavení. Výsledná aplikace umožňuje editovat, přidávat a mazat hluková data, pro které byla navržena. Navíc zde figurují i některé pomocné vrstvy, například katastrální mapa nebo ortofoto mapa, které usnadňují orientaci při přidávání nových bodů. Pro zachování bezpečnosti dat byla vytvořena druhá aplikace s omezenými právy na editaci, která bude sloužit pouze k prohlížení hlukových dat. Výsledkem jsou tedy dvě webové mapové aplikace, které jsou připraveny k uplatnění v praxi na KHS LK. Obě mapové aplikace jsou dostupné pouze uživatelům, kteří mají povolený přístup. Náhledy mapových aplikací jsou doloženy v přílohách 2 a 3.

Podpůrnou částí k připravené webové mapové aplikaci obsahující prostor pro práci s hlukovými daty byl vytvořen návod pro práci s aplikací a návrh rozvržení rolí v procesu přístupu k hlukovým datům. Kap. 13. obsahuje ukázkou ovládacích prvků a analytických možností aplikace. Vysvětleno je to pomocí snímků obrazovky, které ukazují konkrétní nástroje a popis.

### 14.3 Interpretace hlukových dat

Počet zaměření zdroje hluku za zkoumané období je vyčíslen na 69 (tab. 9) a počet jednotlivých měření těchto zdrojů na 97 (tab. 10). Přičemž je vidět, že množství realizovaných měření stacionárních zdrojů přibližně dvojnásobně převyšuje četnost měření zdroje hluku z dopravy. Pro posouzení prostorového uspořádání studovaných dat je nutno připustit, že jejich soubor nemusí reprezentovat hlukovou zátěž zájmového území, tedy obcí Liberec a Stráž nad Nisou, To je způsobeno způsobem výběru míst měření, který ze statistického hlediska nepředstavuje reprezentativní ani náhodný vzorek. To se dle mapy (obr. 17) odráží zejména na velké koncentraci měření průmyslových areálů. Největší množství bodů je zejména v průmyslových zónách Sever a Jih., kde neustále probíhá nová výstavba nebo rekonstrukce stávajících objektů. Z toho vyplývá, že je zde iniciováno velké množství podnětů k měření hluku.

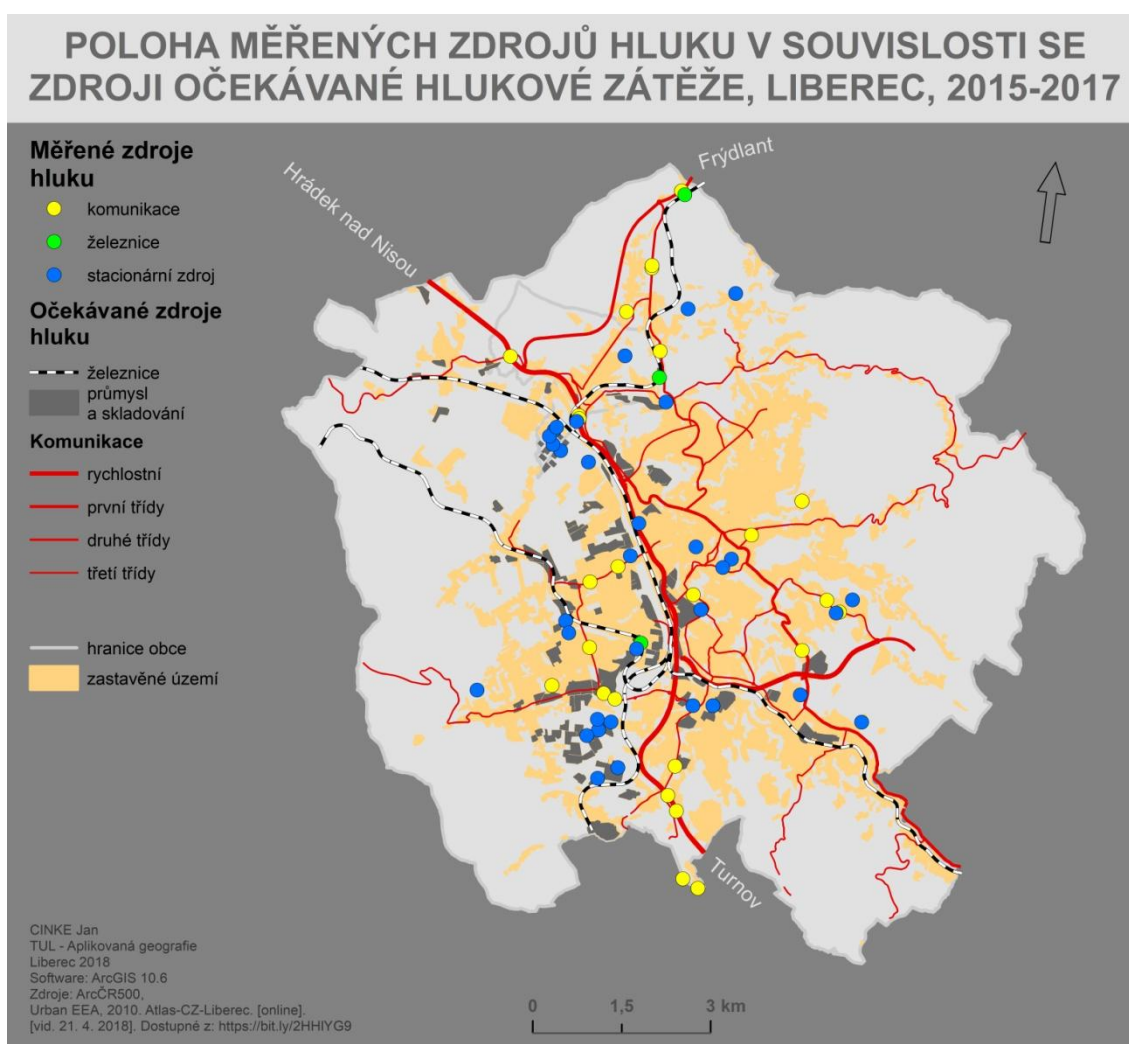
Tab. 9 Počet měření zdrojů hluku za roky (zdroj: KHS LK 2018, na základě vlastních propočtů)

typ zdroje	2015	2016	2017	2018	součet
komunikace	0	9	16	0	25
železnice	0	2	1	0	3
stacionární zdroj	4	12	24	1	41
součet	4	23	41	1	69



Tab. 10 Počet jednotlivých měření hluku (zdroj: KHS LK 2018, na základě vlastních propočtů)

typ měření	počet měření	podíl [%]
komunikace	30	30,93
železnice	5	5,15
stacionární zdroj	62	63,92
součet	97	100

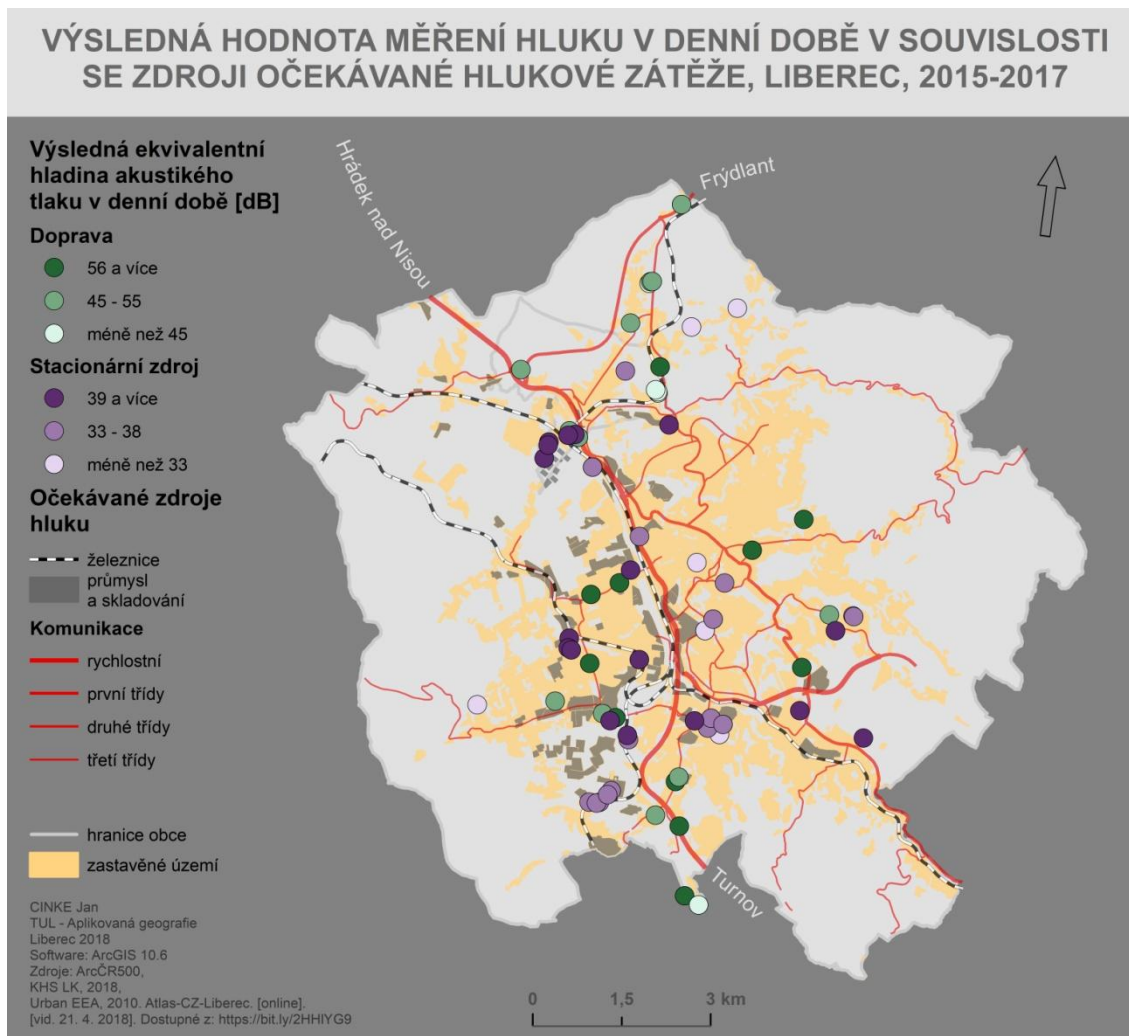


Obr. 17 Mapa měřených zdrojů hluku v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže (Cinke 2018)

Na mapě (obr. 17) je také možné vidět, že největší koncentrace měření hluku z dopravy není na hlavním silničním tahu, u kterého se dá díky velké hustotě dopravy předpokládat vyšší expozice hluku, ale na komunikacích druhé a třetí třídy.

Na mapě zobrazující výsledné hodnoty z měření hluku v denní době (obr. 18) můžeme vidět, že nejvyšší hodnoty se shlukují zejména v průmyslových zónách a poté

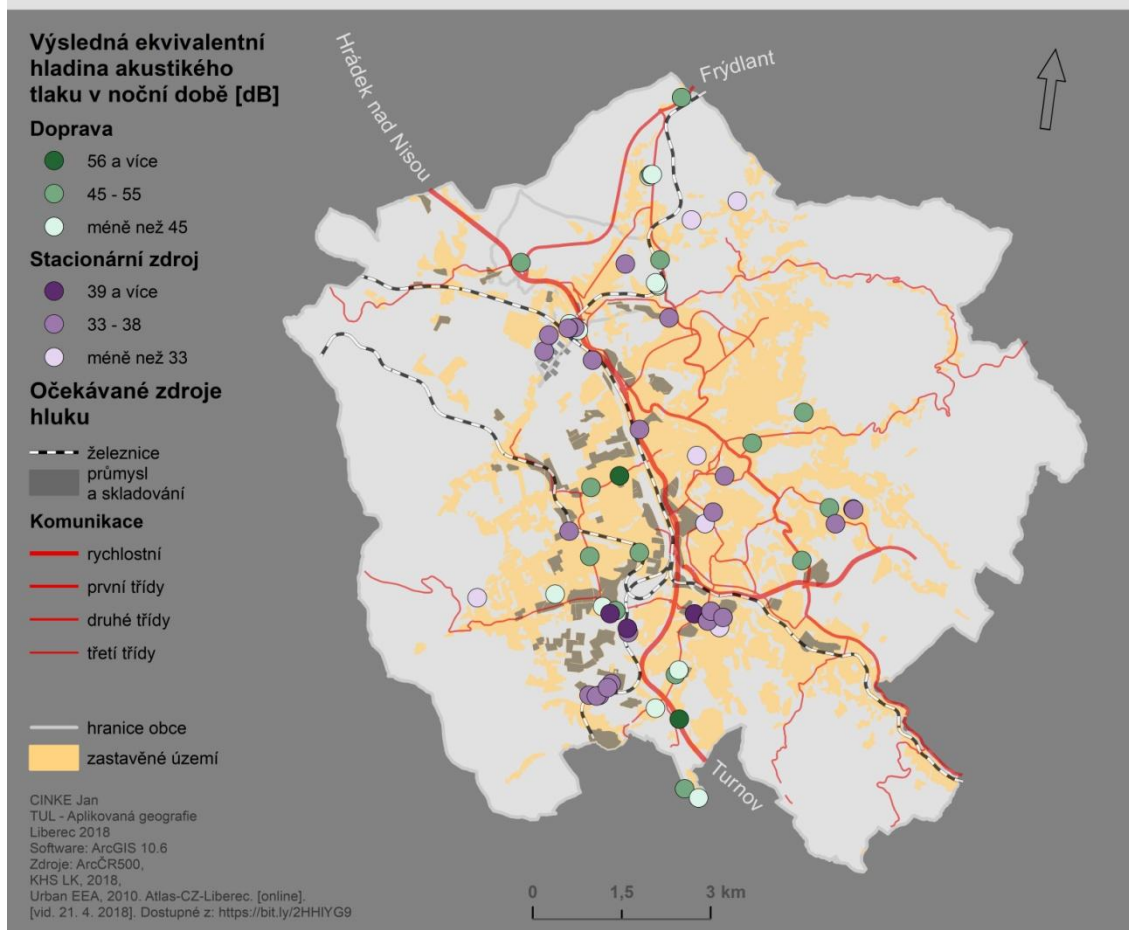
zpravidla jednotlivě v menších průmyslových podnicích, zejména v jihovýchodní a západní části města.



**Obr. 18** Mapa výsledných hodnot měření hluku v denní době v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže (Cínke 2018)

Srovnáním mapy pro denní a noční dobu zjistíme, že celková expozice hluku v noční době se snížila. To platí pro zdroje hluku z dopravy i pro stacionární zdroje hluku. Pokud se podíváme podrobněji na stacionární zdroje, můžeme vidět místa, která se v rámci zvolených intervalů nezměnila a zůstala v nejvyšších hodnotách. Lze tedy konstatovat, že jedná o stacionární zdroje s 24 hodinovým provozem. Pokud jde o zdroje hluku z dopravy je vidět také plošné „ztišení“ nejméně na střední hodnotu zvolených intervalů až na dvě výjimky. 1) Na jihu I/35 na výjezdu z Liberce na Turnov. 2) Na západě ulice Švermova. Jde tak odhadnout, že z míst kde proběhlo měření hluku z dopravy, jsou tyto komunikace intenzivně využívány i v nočních hodinách a tudíž se neprojevil klesající trend hodnoty hluku.

## VÝSLEDNÁ HODNOTA MĚŘENÍ HLUKU V NOČNÍ DOBĚ V SOUVISLOSTI SE ZDROJI OČEKÁVANÉ HLUKOVÉ ZÁTĚŽE, LIBEREC, 2015-2017



Obr. 19 Mapa výsledných hodnot měření hluku v noční době v souvislosti s očekávanými zdroji hlukové zátěže (Cinke 2018)

## 15 Diskuze

Data pro tuto práci byla ve formě protokolů o měření hluku (příloha 1). Jediné co chybělo pro tvorbu prostorové databáze, bylo určení polohy měření hluku a zdroje hluku. Data sama o sobě už byla více či méně prostorová v původním stavu. Zdroj hluku nebo místo, kde bylo měřeno, byly vždy označeny adresou nebo parcelním číslem. Adresa je sama o sobě dost přesným určením polohy a jde s ní dále pracovat, ale nepopisuje, na které konkrétní fasádě daného domu byla hodnota naměřena. V tomto většinou napomáhá situační plán nebo slovní popis daného měření, který přesně vymezuje světovou stranu, případně na nákresu určuje přesnou polohu měření. Dále pak už napomáhá definice typu chráněného prostoru, která je uvedena v (kap. 7.1) U zdroje hluku a jeho určení polohy je to o něco komplikovanější. Jde totiž o to, zda jde o stacionární zdroj hluku nebo o zdroj hluku z dopravy. Stacionární zdroj hluku je lokalizován stejným způsobem jako měření, tedy adresou nebo parcelní číslem. Platí zde stejné podmínky, jako jsou výše popsány pro polohové určení měření hluku. Problém však nastává, když nákres přehledu situace v protokolu o měření není. U zdroje hluku z dopravy ale přesné polohové určení nenajdeme. Jde pouze o označení komunikace nebo železnice příslušným kódem nebo názvem ulice. Tady nastává problém jak určit polohu a jaký typ geometrie k tomu použít. Vzhledem k tomu, že je z vlastní povahy tento hluk liniový, nabízelo by se použít liniovou reprezentaci. Bohužel neexistuje přesné vymezení, kde je ještě pro měřené místo stejná ekvivalentní hladina akustického tlaku (ucelený úsek komunikace). Tak musí jít vždy o kompromisní řešení jako v případě této práce, kdy byl zdroj hluku umístěn na nejbližší vodorovnou spojnicí mezi linií komunikace a místem měření. Toto řešení však neuvažuje překážky ani reliéf. Ideálním řešením by v případě určování polohy ve všech třech případech bylo zaznamenání polohy pomocí GPS. Toto řešení však klade poměrně velké finanční náklady na vlastní měření hluku a také nároky na obsluhu. Kompromisní řešení nabízí použití vyznačení do mapy samotným zhotovitelem měření. Tato mapa by měla obecně topografický podklad a bylo by z ní zřejmé, kde se daný bod nachází. Správce databáze by tak mohl jednoznačně všechny body identifikovat a umístit do mapy.

Při tvorbě webového prostředí pro sdílení hygienických dat je nutné se zamyslet nad etikou jejich využívání. Jde především o neodbornou veřejnost, která bude konfrontována s daty. Dle rozhodnutí správce dat pak půjde buď o bodové přímé hodnoty z měření hluku, nebo o výsledky analýz těchto dat. Zvláště u přímých hodnot

je to rozhodnutí velmi složité. Jedná se totiž o velmi citlivá data. U analýz hluku jde především o formu, jakou budou představeny. Je nutné vyčíslit míru nejistoty takovýchto analýz a také měřítko, ve kterém budou mapové výstupy zobrazující jednotlivé analýzy zobrazeny. Při nesprávné interpretaci uvedená data mohou poskytovat nesprávné výsledky.

Výhodou mapové aplikace je především její umístění do platformy ArcGIS Online, protože jde o intuitivní prostředí bez potřeby instalovat desktopové verze GIS softwaru. Toto prostředí umožňuje snadnou tvorbu analýz pro následnou vhodnou prezentaci surových dat z měření hluku. Jednoznačná výhoda je pak ve snadném sdílení napříč okruhem uživatelů, kteří mají oprávnění k datům přistupovat. S tím souvisí i předkládaný návrh rozdělení rolí v přistupování k datům (kap. 12). Další nespornou výhodou je, že potřebná technická podpora může při správě databáze přistupovat k datům online.

Datový model byl vystavěn v desktopové verzi programu ArcGIS se školní licenci Technické univerzity v Liberci. Následně byl přesunut pro jednodušší manipulaci a sdílení do cloudového řešení ArcGIS Online, které je též spravováno Technickou univerzitou. Toto řešení je možné dlouhodobě udržovat pouze za účasti správce z řad Technické univerzity a dle mého názoru není dlouhodobě udržitelné. Za velmi dobré řešení považuji zavedení platformy ArcGIS Online na KHS LK jako standart pro správu a sdílení hygienických dat. Nejde pouze o data z oblasti hluku, ale i o data podobná. Výhodou je shromáždění dat a velmi jednoduchý a intuitivní přístup. KHS LK má k dispozici velké množství dat s hygienickou tematikou, z nichž některá jsou vhodná k přímému sdílení s veřejností. Pro tento úkol je platforma ArcGIS Online velmi vhodná a její obsluha nevyžaduje experta GIS. Velmi vhodná je také pro sdílení citlivých dat v rámci organizace, protože má velmi dobré zabezpečení. Již existující datový model byl v případě vytvoření platformy ArcGIS Online na KHS LK přesunut a dále by byl pod její správou. Důležitou částí v přistupování k databázi je rozdělení rolí při jejím používání. To přispívá zejména k zabezpečení dat proti nekvalifikovaným zásahům a také chrání data před neoprávněným vstupem. Co se týče vlastního zavedení platformy ArcGIS Online, nabízí například ARCDATA Praha svůj produkt Jumpstart. Funguje na bázi školení, v rámci kterého pomohou implementovat ArcGIS Online do konkrétní organizace a naučí ho následně používat a provádět v něm základní operace.

Analytické možnosti hlukových dat jsou velmi široké. Od geografických analýz vyhledávajících souvislosti mezi hodnotami hluku a jejich potenciálními zdroji nebo rozmístěním obyvatelstva, až po komplexní interpolační analýzy, ze kterých vznikají hlukové mapy. Pokus o korelaci mezi potenciálními zdroji hluku a rozmístěním skutečných měřených zdrojů nebo měřených hodnot hluku, bylo provedeno v kap. 14. Dle zhodnocení cílů práce a konzultace s odborníky ze ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem, bylo rozhodnuto, že komplexní analýzy hlukových dat nebudou prováděny, protože jejich realizace by byla nad rámec této bakalářské práce. Výsledná databáze je však kvalitním základem pro budoucí analytické zpracování dat z měření hluku.

Řešení této bakalářské práce, která ukazuje postup od surových dat v protokolech k webové databázi, umožňuje obdobným způsobem zpracovávat data s hygienickou tematikou na krajských hygienických stanicích. Vždy je potřeba, při návrhu databáze na určité téma, nejdříve realizovat diskuzi mezi odborníky GIS a odborníky na řešenou tematiku. V případě této práce proběhla diskuze s odborníky na hluk z KHS LK a ZÚ se sídlem v Ústí nad Labem. Výsledkem aplikace výše zmíněných postupů by mohl být mapový portál spravovaný KHS LK, který ukazuje vhodným způsobem hygienická data na jednom místě.

Důležitou částí podobných prací je validace dat uložených v databázi. V rámci poslední konzultační schůzky s odborníky z KHS LK konané 25. 4. 2018 proběhla kontrola správnosti databáze a představení webové mapové aplikace. Důležitou částí bylo rozhodnutí o další spolupráci při zaškolení a manipulaci s daty a webovou mapovou aplikací. Zejména proškolení personálu KHS LK zodpovědného za správu databáze. To by mělo podpořit zavedení předkládaného řešení do praxe.

## 16 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout způsoby využití nástrojů a metod geografických informačních systémů pro správu, analýzu a sdílení geografických dat vznikajících při posuzování hygienických aspektů hluku v lidských sídlech.

Před tvorbu datového modelu bylo nejdříve potřeba získat teoretický základ. Tento cíl byl naplněn rešerší ve dvou okruzích. Prvním byla rešerše praktické části práce, kde jsou rozebrány zejména postupy pro tvorbu datového modelu a analytické možnosti hlukových dat. Druhým byla rešerše hlukové problematiky z pohledu měření hluku, hodnocení hluku a zdravotních rizik.

Tvorba datového modelu probíhala v součinnosti s odborníky z KHS LK, aby bylo docíleno požadovaných vlastností výsledné databáze, která bude na KHS LK fungovat pro správu a sdílení hlukových dat. Datový model byl vystavěn dle teoretických poznatků získaných v aplikační části rešerše.

Seznámení s možnými analýzami hluku proběhlo v teoretické rovině a na konkrétních případech komplexních analýz. V rámci práce nebylo nakonec přistoupeno k realizaci podobných analýz, které jsou uvedeny v konkrétních případech. Na základě konzultace s odborníky z oblasti hluku bylo jejich řešení vyhodnoceno jako přesahující rámec této bakalářské práce.

Pro jednodušší sdílení dat z měření hluku byla výsledná prostorová databáze přesunuta do prostředí ArcGIS Online. Byla pro ni vytvořena webová mapová aplikace, ve které je možné upravovat, přidávat a mazat hluková data. Aby byla zaručena bezpečnost vytvořeného řešení, byla vytvořena druhá aplikace s omezenými právy zaměřenými pouze na prohlížení dat.

Datový model, který byl navrhován a realizován v rámci této práce, byl vytvořen za účelem uplatnění na KHS LK. Byl proto navržen, tak aby splňoval požadavky odborných pracovníků oblasti hygieny hluku a zároveň bylo jednoduché a srozumitelné s ním manipulovat. V rámci výše uvedeného je v předkládané bakalářské práci uveden podrobný pracovní postup se jmenovaným datovým modelem v prostředí ArcGIS Online.

## 17 Seznam použitých zdrojů

### Literatura

EEA, 2010. *Good practice guide on noise exposure* [online]. [vid. 18. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/publications/good-practice-guide-on-noise>

ESRI, 2017. *About joining and relating tables* [online]. [vid. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/manage-data/tables/about-joining-and-relating-tables.htm>

ESRI, 2018a. *What is ArcGIS Online?* [online]. [vid. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/what-is-agol.htm>

ESRI, 2018b. *What is Web AppBuilder for ArcGIS?* [online]. [vid. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://doc.arcgis.com/en/web-appbuilder/create-apps/what-is-web-appbuilder.htm>

ARCTUR, D., ZEILER, M., 2004. *Designing geodatabases: case studies in GIS data modeling*. 1st ed. Redlands: ESRI Press. ISBN 978-158948021-6.

BELOJEVIC, G., KIM, R., KEPHALOPOULOS, S., 2012. *Assessment of needs for capacity-building for health risk assessment of environmental noise: Case studies* [online]. WHO [vid. 8. 4. 2018]. Dostupné z: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0007/179116/Assessment-of-needs-for-capacity-building-for-health-risk-assessment-of-environmental-noise,-case-studies-ver-2.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/179116/Assessment-of-needs-for-capacity-building-for-health-risk-assessment-of-environmental-noise,-case-studies-ver-2.pdf?ua=1)

BŘEHOVSKÝ, M., JEDLIČKA, K., 2003. *Úvod do geografických informačních systémů: Přednáškové texty* [online]. [vid. 11. 4. 2018]. Dostupné z: <http://gis.zcu.cz/studium/ugi/e-skripta/ugi.pdf>. ZČU

CENIA, 2012. *Problémy životního prostředí* [online]. [vid. 12. 4. 2018]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/environmentalni-ekonomika/problemy-zivotniho-prostredi>

ČSÚ, 2016. *Databáze demografických údajů za obce ČR: Liberec* [online]. [vid. 20. 4. 2018]. [formát dat: xslx]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/staticke/cz/obce\\_d/pohyb/cz0513.xlsx](https://www.czso.cz/staticke/cz/obce_d/pohyb/cz0513.xlsx)



- ČSÚ, 2018. *Městské obvody, městské části* [online]. [vid. 20. 4. 2018]. [formát dat: shapefile]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/rso/mestske\\_obvody\\_mestske\\_casti](https://www.czso.cz/csu/rso/mestske_obvody_mestske_casti)
- DOBEŠOVÁ, Z., 2004. *Databázové systémy v GIS*. Olomouc: Univerzita Palackého. ISBN 80-244-0891-0
- HELLMUTH, T., POTUŽNÍKOVÁ, D., JUNEK, P., FIALA, Z., 2016. *Obtěžování hlukem: zdravotní problém nebo akustický komfort*. Hygiena. 2016, číslo 61(1), rozsah str. 33-35.
- Hluk a akustické výpočty* [online]. 2013 [vid. 25. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.greif.cz/pruvodce/profesional.html?detail=1>
- HURTLEY, Ch., 2009. *Night noise guidelines for Europe*. Copenhagen, Denmark: World Health Organization Europe. ISBN 9789289041737.
- JUNEK, P., 2015. *Strategické hlukové mapování* [online]. [vid. 19. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.nrl.cz/Content/files/zajimavosti/SHM/SHM.pdf>
- MEHDI, M. R., KIM, M., SEONG, J. S., ARSALAN, M. H., 2010. *Spatio-temporal patterns of road traffic noise pollution in Karachi, Pakistan* [online]. NED University of Engineering & Technology [vid. 12. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412010001534>
- Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí* [online]. 2017 [vid. 21. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/legislativa/Soubor.ashx?souborID=31444&typ=application/pdf&nnaze=Vestnik-MZ-2017-11.pdf>
- MURPHY, E., KING, E. A., 2014. *Environmental noise pollution: noise mapping, public health, and policy*. Boston: Elsevier. ISBN 9780124115958.
- NYERGES, T., 2004. *Developing a Geodatabase* [online]. University of Washington [vid. 5. 4. 2018]. Dostupné z: [http://courses.washington.edu/geog464/geodatabase\\_development.doc](http://courses.washington.edu/geog464/geodatabase_development.doc)
- RAPANT, P., 2002. *Úvod do geografických informačních systémů*. VŠB – TU. Ostrava
- RAPANT, P., 2005. *Geoinformační technologie*. VŠB – TU. Ostrava

SOMMER, S., WADE, T., 2006. *A to Z GIS*. 2 nd. ed. Redlands: ESRI Press. ISBN 978-1-58948-140-4.

SHIM, E., DOHYEONG, K., HYEKYUNG, WOO., YOUNGTAE, C., 2016. *Designing a Sustainable Noise Mapping System Based on Citizen Scientists Smartphone Sensor Data* [online]. [vid. 12. 3. 2018]. Dostupné z: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0161835>

*Správa území* [online]. 2017 [vid. 12. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.liberec.cz/cz/mesto-samosprava/profil-statut-mesta/sprava-uzemi/>

VALEŠOVÁ, K., 2006. *Škodlivý vliv hluku na lidský organismus*. Praktický lékař 2006, 86, č. 6, str. 310 - 311.

ZEILER, M., 2010. *Modeling our world. The ESRI guide to geodatabase concepts*. 2nd ed. Redlands: ESRI Press. ISBN 978-158948278-4.

## **Legislativa**

Nariadení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2011, částka 97. ISSN 1211 – 1244. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/narizeni-c-272-2011-sb-o-ochrane-zdravi-pred-nepriznivymi-ucinky-hluku-a-vibraci>

Směrnice Evropského parlamentu a rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. In: *Úřední věstník*, L 189, 18. 7. 2002. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/ris/ais-risdb-ec-table.nsf/0AFDB9C4B0120F61C1256DDA003D8B3B/\\$file/32002L0049Fin.pdf](http://www.mzp.cz/ris/ais-risdb-ec-table.nsf/0AFDB9C4B0120F61C1256DDA003D8B3B/$file/32002L0049Fin.pdf)

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, částka 74. ISSN 1211 – 1244. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>

Zákon č. 267/2015 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2015, částka 108. ISSN 1211 – 1244. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-267>

## **Software**

ESRI, 2016. *ArcGIS* [software]. Verze 10.2. Redlands: ESRI [přístup 12. 1. 2018].




## **18 Seznam příloh**

Příloha 1 Protokol z měření hluku

Příloha 2 Ukázka webové mapové aplikace Hluk - editace

Příloha 3 Ukázka webové mapové aplikace Hluk

Příloha 4 Ukázka úvodního upozornění při vstupu do webové mapové aplikace Hluk - editace

	<b>Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem</b> Centrum hygienických laboratoří Moskevská 15, 400 01 Ústí nad Labem Zkušební laboratoř č. 1388 akreditovaná ČIA podle ČSN EN ISO/IEC 17025:2005		
			L 1388

## Protokol č. 137387/2017

Měření hluku v mimopracovním prostředí


**Zákazník:** Krajská hygienická stanice Libereckého kraje se sídlem v Liberci  
Husova 186/64  
460 05 Liberec

<b>Vzorek číslo</b>	: 137387/2017
<b>Objednávka číslo</b>	: H101L 2 LB 423/22.09.17
<b>Datum měření</b>	: 17.10.2017
<b>Místo měření</b>	: [REDACTED]
<b>Účel měření</b>	: SZD - výkon státního zdravotního dozoru
<b>Měřil, vzorkoval</b>	: Mrázek Petr Ing. Ph.D. - pracovník ZÚ Pracoviště P2 U Síla 1139, 463 11 Liberec 30
<b>a další osoby</b>	: Marková Jitka
<b>Metodika měření</b>	: SOP 456 Měření hluku
<b>Typ měření</b>	: odběr vzorku (měření) je akreditován
<b>Přítomné osoby</b>	: Ing. Petříčková

**Rozsah udělené akreditace:**

Chemické, fyzikální, mikrobiologické, senzorické analýzy vod, potravin, lihovin, peloidů, biologických materiálů, odpadů, azbestu, ovzduší. Odběry. Analýzy výluhů pevných materiálů, stěrů, interiérů vozidel. Testy toxicity. Měření faktorů prostředí, kontrola sterilizátorů a dezinfekčních prostředků. Plný rozsah je uveden v příloze platného akreditačního osvědčení vydaného ČIA pro zkušební laboratoř č. 1388.

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý. Výsledky se týkají pouze vzorků, které byly předmětem zkoušení. Laboratoř na požádání poskytne údaje o použitých metodách a souvisejících předpisech.

  
Schválil : **Mrázek Petr Ing. Ph.D.**  
**odborný pracovník OPP**  
Liberec, U Síla 1139



Datum vystavení protokolu: 11.12.2017

Protokol vyhotovil: Mrázek Petr Ing. Ph.D. E-mail: petr.mrazek@zuusti.cz tel.: 482411643 mobil: 721269342

Počet stran protokolu: 8

Počet příloh protokolu: 0

Stránka č. 1

El.konverze provedena dne: 22.12/12 počt.: 5 podpis: 

### 1. Předmět měření

Předmětem měření bylo stanovit hladiny akustického tlaku v chráněném venkovním prostoru stavby objektu k bydlení [redacted] Měřeným zdrojem byl hluk z automobilové dopravy po komunikaci Švermova, Liberec.

Charakteristika : A: F

Deskriptor :  $L_{Aeq,16h}$ ,  $L_{Aeq,8h}$  [dB]

### 2. Použité metody

Přesný název zkušebního postupu / metody	Identifikace zkušebního postupu/metody	A/N	Pracoviště
Měření hluku: pracovní a mimopracovní prostředí	<p><b>SOP 456</b></p> <p>ČSN ISO 1996-1, ČSN ISO 1996-2, 62545/2010-OVZ-32.3-1. 11. 2010 Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb.</p> <p>HEM-300-11.12.01-34065 Metodický návod MZ ČR – Měření hluku v mimopracovním prostředí, Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, v platném znění.</p> <p>OVZ-32.0-19.02.2007/6306, OVZ-32.3-1.11.2010/62545 Novela metodiky pro výpočet hluku silniční dopravy, Planeta 2/2005, MŽP ČR, Ročník XII</p> <p>Příloha Zpravodaje MŽP 3/1996, část 4 –Metodika měření hluku silniční dopravy</p>	A	P2

Vysvětlivky: SOP - standardní operační postup  
 A – akreditovaná zkouška  
 N – neakreditovaná zkouška  
 P2 – Pracoviště č.2 Liberec, U Sila 1139, 463 11 Liberec

### 3. Použité přístroje

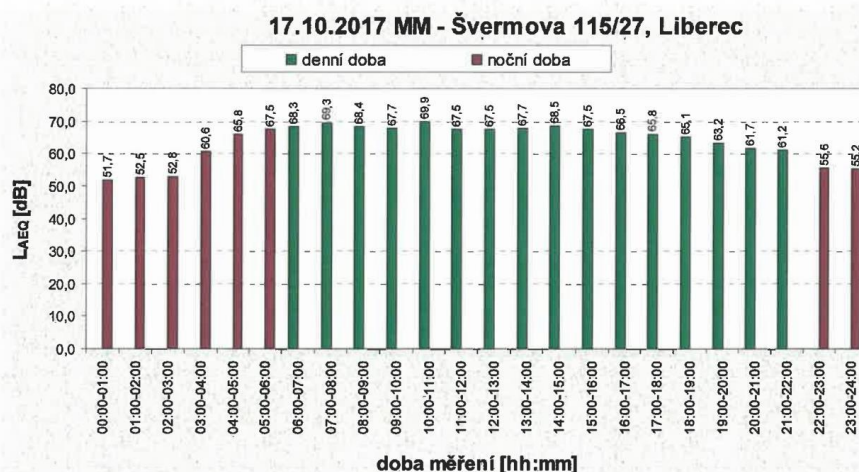
Použitá měřicí technika	typ :	výrobce :	výr. číslo	ověřovací – kalibrační list č.	ověření – kalibrace od / do	
OFP/FFLI-M01	Zvukoměr – spektrální analyzátor	NOR 140	NORSONIC, Norsko	1402950	8012-OL-10153-16	8.4.2016 / 7.4.2018
OFP/FFLI-M23	Měřicí mikrofon	NOR 1225	NORSONIC, Norsko	48073	8012-OL-10154-16	8.4.2016 / 7.4.2018
OFP/FFLI-M06	Akustický kalibrátor	1251	NORSONIC, Norsko	20844	8012-KL-10541-16	2.11.2016 / 1.11.2018
OFP/FFLI-M19	Testo 445 + kombinovaná sonda	445	TESTO AG, Postfach	přístroj: 00807617/ 302 sonda: 0635 1540/902	6015-KL-P0828-16 6036-KL-V0602-16	12.12.2016 19.12.2016 / 11.12.2021

Měřicí přístroje jsou ověřeny Českým metrologickým institutem Praha, laboratořemi primární metrologie. Hodnoty uložené v paměti přístrojů byly přeneseny do počítače a výpis slouží pro vyhodnocení naměřených hodnot. Před začátkem a po skončení měření byla provedena kalibrace měřicí techniky.

### 4. Charakteristika prostoru měření

Měření bylo provedeno na objednávku KHS Libereckého kraje se sídlem v Liberci, Husova 64, Liberec, IČO: 71009302, dne 17.10.2017 od 00:00 hodin do 24:00 hodin. Zdrojem měřeného hluku byl provoz po komunikaci Švermova, Liberec.

Měření bylo provedeno za běžných podmínek stanovených metodikou pro měření hluku z automobilové dopravy. Za dobu měření byl pořízen audio+videozáznam dopravní situace a následně provedeno sčítání dopravy. Po dobu měření nebylo na komunikaci u měřicího místa žádné dopravní omezení, povolená rychlost v kontrolovaném úseku je 40km/hod. Zdrojem hluku na měřicím místě byla silniční doprava na komunikaci Švermova. Provozovatelem je STATUTÁRNÍ MĚSTO LIBEREC, nám. Dr. E. Beneše 1/1, Liberec I - Staré Město, IČO: 00262978.



**Graf:** Grafické zobrazení vypočtených hodinových hladin akustického tlaku  $L_{Aeq,1h}$  na MM, korigovaných na ZH.

**Klimatické podmínky v průběhu měření dne 17.10.2017**

Čas měření:	Barometrický tlak [ hPa ]	Teplota vzduchu [°C ]	Relativní vlhkost vzduchu [% ]	Oblačnost [%]	Proudění [m/s]
0:00	1022	8,6	93	0	< 1
1:00	1022	8,9	93	0	< 1
2:00	1022	9	93	0	< 1
3:00	1022	9	94	0	< 1
4:00	1022	9,1	94	0	< 1
5:00	1022	9,2	95	0	< 1
6:00	1022	9,3	94	0	< 1
7:00	1022	9,5	89	0	< 1
8:00	1022	9,8	85	0	< 1
9:00	1022	10,2	82	0	< 1
10:00	1021	13,4	79	0	< 1
11:00	1021	17,1	69	0	< 1
12:00	1021	17,5	67	0	< 1
13:00	1021	19	66	0	< 1
14:00	1021	19,3	67	0	< 1
15:00	1021	19,7	69	0	< 1
16:00	1021	19,5	70	0	< 1
17:00	1021	17,5	73	0	< 1
18:00	1020	14	76	0	< 1
19:00	1020	13,9	81	0	< 1
20:00	1020	13,7	85	0	< 1
21:00	1020	11,2	87	0	< 1
22:00	1019	9	89	0	< 1
23:00	1019	8,7	91	0	< 1



Sčítání dopravy na komunikaci Švermova – Liberec: dne 17.10.2017 směr Centrum (A)									
čas	MOTO	OA	Lehký NA	Těžký NA	TIR	BUS	traktor	ostatní	celkem
00:00-01:00	0	4	0	0	0	0	0	0	4
01:00-02:00	0	5	0	0	0	0	0	0	5
02:00-03:00	0	7	2	0	0	0	0	0	9
03:00-04:00	0	8	1	0	0	0	0	0	9
04:00-05:00	0	38	1	1	1	2	0	0	43
05:00-06:00	0	158	3	3	1	11	0	0	176
06:00-07:00	0	324	12	17	3	10	0	0	366
07:00-08:00	0	374	14	21	5	10	0	1	425
08:00-09:00	0	289	7	18	1	8	0	0	323
09:00-10:00	1	264	9	15	2	6	0	0	297
10:00-11:00	0	285	11	9	1	5	0	0	311
11:00-12:00	0	291	8	16	3	6	0	0	324
12:00-13:00	0	296	12	12	2	6	0	0	328
13:00-14:00	0	308	6	8	4	7	0	0	333
14:00-15:00	0	324	7	14	3	11	0	1	360
15:00-16:00	1	301	5	9	2	9	0	0	327
16:00-17:00	0	298	3	7	1	8	0	1	318
17:00-18:00	0	283	2	8	0	8	0	0	301
18:00-19:00	0	261	1	6	2	7	0	0	277
19:00-20:00	0	184	1	3	4	6	0	0	198
20:00-21:00	0	134	0	1	1	4	0	0	140
21:00-22:00	0	105	0	0	1	5	0	0	111
22:00-23:00	0	52	0	1	0	4	0	1	58
23:00-24:00	0	34	0	0	0	3	0	0	37
<b>den</b>									<b>4739</b>
<b>noc</b>									<b>341</b>

Sčítání dopravy na komunikaci Švermova – Liberec: dne 17.10.2017 směr Ostašov (B)									
čas	MOTO	OA	Lehký NA	Těžký NA	TIR	BUS	traktor	ostatní	celkem
00:00-01:00	0	7	0	0	0	0	0	0	7
01:00-02:00	0	5	1	1	0	0	0	0	7
02:00-03:00	0	3	0	0	0	0	0	0	3
03:00-04:00	0	11	0	0	0	0	0	0	11
04:00-05:00	0	84	1	0	0	7	0	0	92
05:00-06:00	0	201	8	6	1	11	0	0	227
06:00-07:00	0	284	10	8	3	11	0	0	316
07:00-08:00	0	311	12	11	2	6	0	0	342
08:00-09:00	0	303	11	21	4	6	0	1	346
09:00-10:00	0	287	16	23	5	4	0	0	335
10:00-11:00	1	345	8	24	8	3	0	0	389
11:00-12:00	0	256	11	22	4	4	0	0	297
12:00-13:00	0	278	7	17	2	5	0	0	309
13:00-14:00	0	294	6	18	3	9	0	0	330
14:00-15:00	0	265	3	21	1	8	0	0	298
15:00-16:00	0	254	9	13	2	8	0	1	287
16:00-17:00	0	243	6	11	1	9	0	0	270
17:00-18:00	0	265	3	7	1	7	0	0	283
18:00-19:00	0	234	2	3	2	5	0	0	246
19:00-20:00	0	223	2	2	1	5	0	0	233
20:00-21:00	0	156	1	2	0	4	0	0	163
21:00-22:00	0	126	0	0	0	5	0	0	131
22:00-23:00	0	64	0	0	0	4	0	0	68
23:00-24:00	0	32	0	0	0	1	0	0	33
<b>den</b>									<b>4575</b>
<b>noc</b>									<b>448</b>

Sčítání dopravy celkem	den	9314
	noc	789



Dle Přílohy Zpravodaje MŽP 3/2096, část 4 – Metodika měření hluku silniční dopravy je součástí měření sčítání dopravy.

Jak vyplývá ze sčítání dopravy, měření bylo provedeno za průměrné standardní situace provozu zdroje hluku.

**Vypočtená hladina akustického tlaku z naměřených hodnot (po eliminaci výstražných signálů – vozidel integrovaného záchranného sboru).**

**MM1: denní doba  $L_{Aeq,16h} = 67,0$  dB                      noční doba  $L_{Aeq,8h} = 60,7$  dB**

**Dle NV č. 272/2011 Sb. se u hluku z dopravy tónová složka neproklazuje. V zájmové lokalitě nebyl zjištěn jiný zdroj hluku, který by mohl ovlivnit naměřené hodnoty.**

Nejistota měření je stanovena jako rozšířená nejistota U, získaná z kombinované standardní nejistoty  $u_C$  násobením koeficientem rozšíření  $k=2$ , odpovídající normálnímu rozdělení a hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  (95 % konfidenčnímu intervalu střední hodnoty). Rozšířená nejistota měření použita v souladu s Dokumentem MZD: HEM-300-11.12.01-34065: Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, příloha D, tab. D1:  $U_{AB} = 1,8$  dB.

Veškeré uvedené nejistoty jsou v souladu s dokumentem EA-4/16.

Laboratoř je způsobilá aktualizovat normativní dokumenty identifikující zkušební postupy.

#### 7. Legislativa pro limitní hodnoty, interpretace

Měření a vyhodnocení bylo provedeno dle Nařízení vlády č.272/2011 Sb., v platném znění, § 12. Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a chráněném venkovním prostoru

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

(3) Hygienický limit ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $A$ , s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku  $A$   $L_{Aeq,T}$  50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době, které jsou uvedeny v tabulce č. 1 části A přílohy č. 3 k tomuto nařízení. Pro vysoce impulsní hluk se přičte další korekce -12 dB. V případě hluku s tónovými složkami, s výjimkou hluku z dopravy na pozemních komunikacích, drahách a z leteckého provozu, se přičte další korekce -5 dB.

Druh chráněného prostoru	Denní doba 06:00 – 22:00 hodin	Noční doba 22:00 – 06:00 hodin
Chráněný venkovní prostor staveb	70	60

Naměřené hladiny akustického tlaku:

Naměřená hladina - výpočet nebo výstup z měřicího přístroje

Výsledná hladina - naměřená hladina po odečtu korekcí na dopad, popř. dobu provozu

Hodnocená hladina – výsledná hladina po odečtu nejistoty měření

Dle Dokumentu MZ: Metodický návod č.j.: 62545/2010-0VZ-32.3-1.11.2010, použití korekce na dopadající hluk dle ČSN ISO 2096-2: nerovnoměrnost fasády, odečte se korekce 2 dB.

[dB]	$L_{Aeq,T}$	Vypočtená $L_{Aeq,T}$	Korekce dopad	Rozšířená nejistota měření	Výsledná $L_{Aeq,T}$	Hygienický limit
MM1	$L_{Aeq,16h}$	67,0	2	1,8	65,0	70
	$L_{Aeq,8h}$	60,7	2	1,8	58,7	60

Situační snímek:



Konec protokolu

### Stanovení limitu:

Pro účely stanovení limitu byl proveden přepočít pro porovnání situace existující k rozhodnému datu pro přiznání korekce pro starou hlukovou zátěž a posuzované situace v roce 2017. Vstupními hodnotami jsou údaje RPDI pro rok 2000 dle CSD-2000 a pro posuzovaný rok 2017 podle níže uvedené tabulky (kategorie vozidel dle TP 189).

Pro hodnocení hluku (pro přepočít průjezdů na  $L_{Aeq,16h}$  a  $L_{Aeq,8h}$ ) byl použit program HLUK+ verze 9.1 (RNDr. Miloš Liberko, Mgr. Jaroslav Polášek). Algoritmy výpočtu hluku pozemní dopravy vycházejí z Metodických pokynů pro výpočet hladin hluku z dopravy, autorizovaného pro použití v hygienické službě rozhodnutím hlavního hygienika České republiky a z novelizované metodiky pro výpočet hluku z dopravy. Tímto způsobem byly porovnány hladiny hluku vypočtené pro oba případy stejným způsobem, tedy podle stejné výpočtové metodiky.

Tabulka s výslednými hodnotami  $L_{Aeq,16h}$  a  $L_{Aeq,8h}$ :

rok	stanovení hodnoty	$L_{Aeq,16h}$ [dB]	$L_{Aeq,8h}$ [dB]
2000	z průjezdů ŘSD	65,6	59,2
2017	z průjezdů ZÚ	67,0	60,7
<b>rozdíl v dB</b>	-	<b>+1,4</b>	<b>+1,5</b>

Z tohoto vyplývá, že hygienický limit stanoven dle NV 272/2011 Sb., §12, odst. 1, 3, Příloha 3 - uplatněna korekce +20 dB.

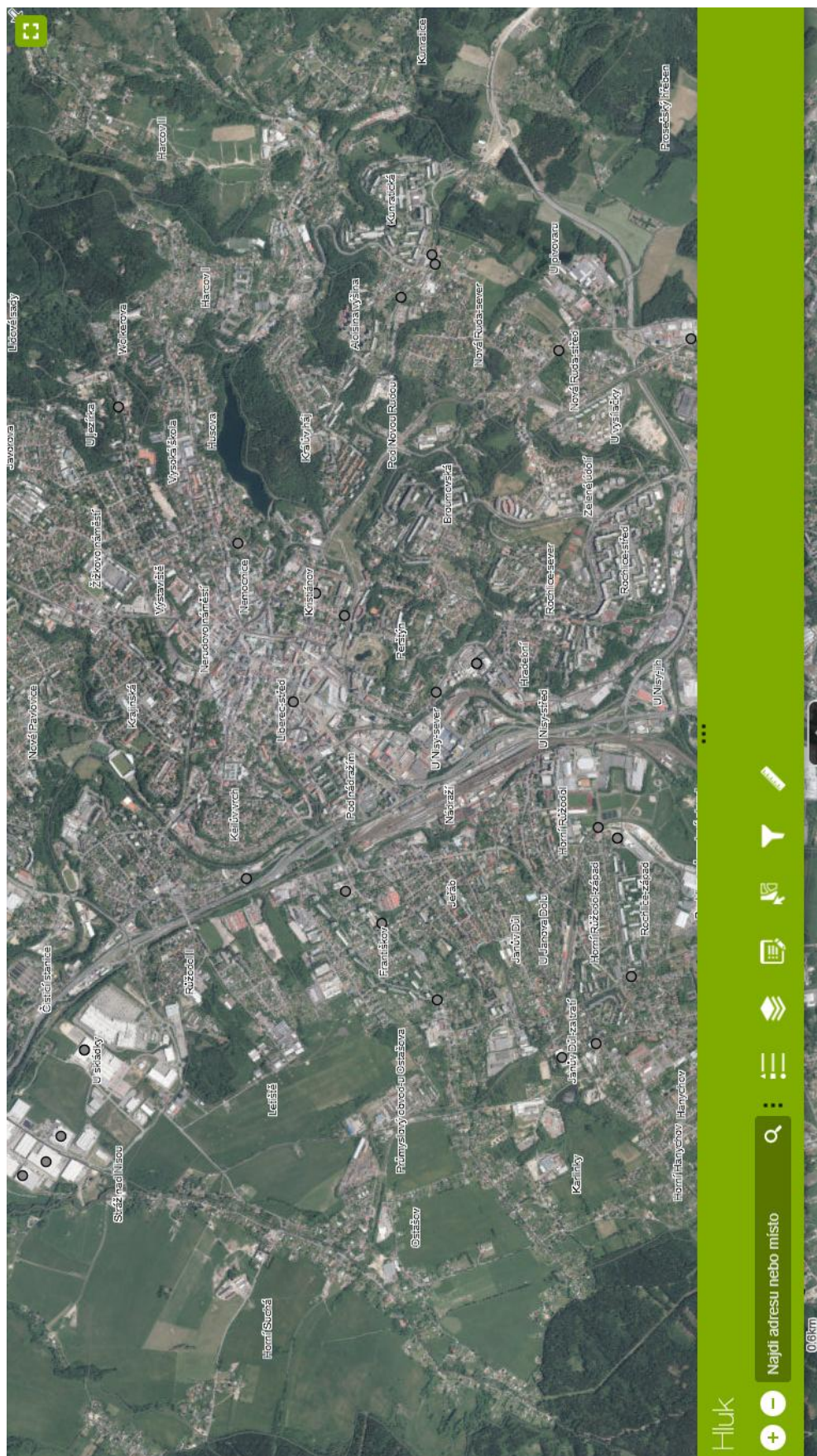
### Porovnání výsledků s hygienickým limitem:

Dle NV 272/2011 Sb., v platném znění,

§ 20 odst. 4 – Při měření hluku v chráněných venkovních prostorech staveb, chráněném venkovním prostoru a v chráněných vnitřních prostorech staveb se uvádí nejistota, kterou se rozumí rozšířená kombinovaná standardní nejistota měření. Nejistota musí být uplatněna při hodnocení naměřených hodnot. Výsledná hodnota hladiny akustického tlaku nepřekračuje hygienický limit, jestliže výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku po odečtení hodnoty nejistoty je rovna nebo je nižší než hygienický limit nebo výsledná maximální hladina akustického tlaku je rovna nebo je nižší než hygienický limit.

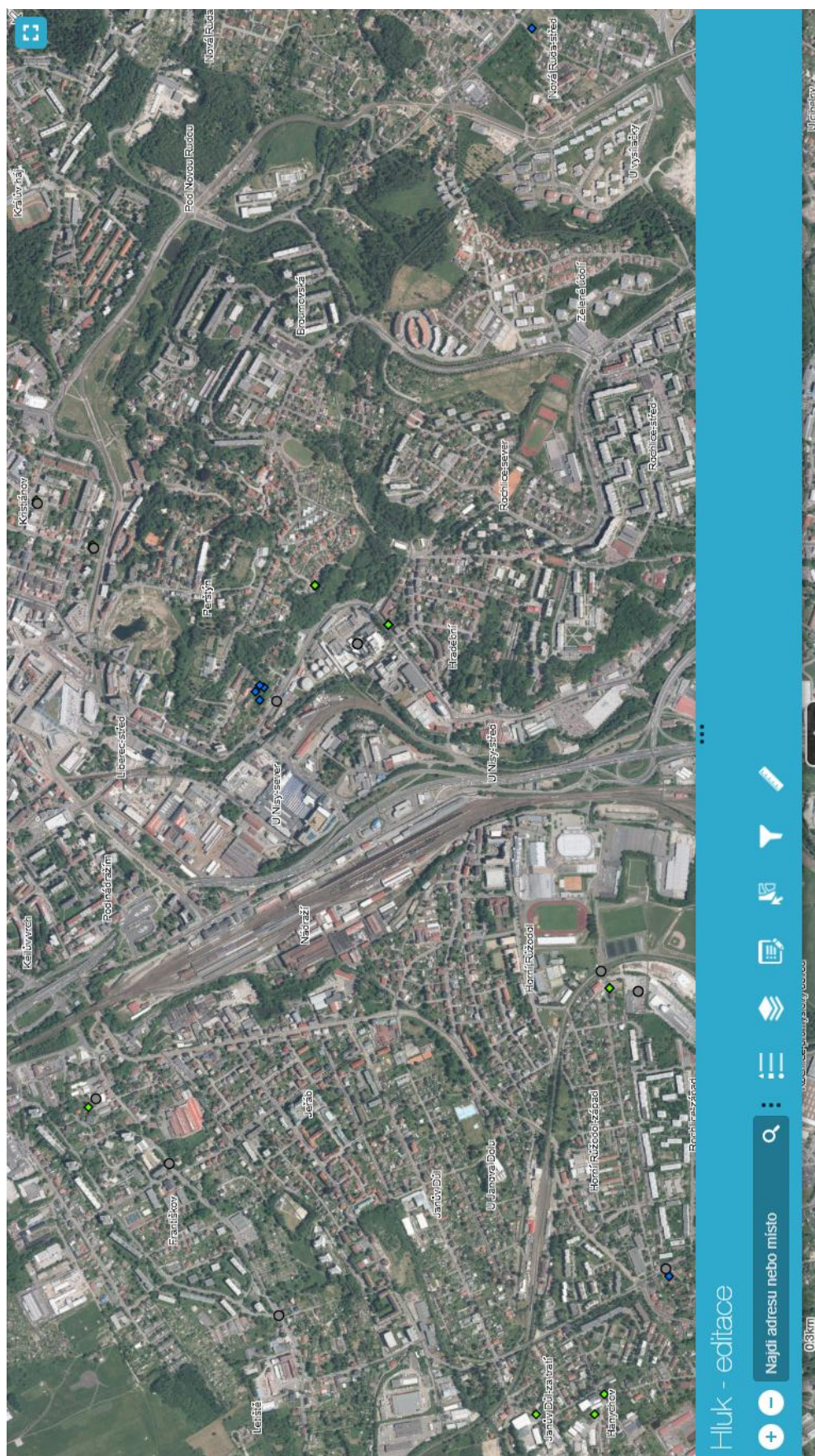
[dB]	$L_{Aeq,T}$	vypočtená $L_{Aeq,T}$	Korekce Dopad	Rozšířená nejistota měření	Výsledná $L_{Aeq,T}$	Hodnocená $L_{Aeq,T}$	Hygienický limit	překročení
MM	$L_{Aeq,16h}$	<b>67,0</b>	2	1,8	<b>65,0</b>	<b>63,2</b>	<b>70</b>	<b>NE</b>
	$L_{Aeq,8h}$	<b>60,7</b>	2	1,8	<b>58,7</b>	<b>56,9</b>	<b>60</b>	<b>NE</b>

Příloha 2 Ukázka webové mapové aplikace Hluk - editace (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)





Příloha 3 Ukázka webové mapové aplikace Hluk (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)





Příloha 4 Ukázka úvodního upozornění při vstupu do webové mapové aplikace Hluk - editace (zdroj: printscreen z ArcGIS Online 2018)

