

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zemědělská fakulta

Studijní program: B4101 Zemědělská specializace

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vliv rychlosti mobilních energetických prostředků na hladinu
akustického tlaku**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor: Bc. Jiří Skalička

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří SKALIČKA**
Osobní číslo: **Z13521**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Vliv rychlosti mobilních energetických prostředků na hladinu akustického tlaku**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V literární rešerši práce se zaměřte na:

1. Zvuk a jeho vznik, hluk a jeho šíření (především v reálném prostředí).
2. Zdroje hluku u mobilních energetických prostředků.
3. Legislativu pro měření a hodnocení hluku.

V praktické části práce proveďte:


1. Zjišťování hladin akustického tlaku L_A u odlišných mobilních energetických prostředků.
2. Opakovaná měření L_A při nejméně pěti rychlostech energetického prostředku.
3. Posouzení závislosti hlukových hladin na rychlosti prostředku.
4. Zhodnocení hlukové zátěže okolního prostředí (ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq}).
5. Navržení optimální provozní rychlosti energetického prostředku či jiných opatření ke snížení hlukové zátěže okolního prostředí.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


Nový, R.: Hluk a chvění. ČVUT, Praha, 2009;
Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika, 1998;
Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen, 2008;
Rasch, F. : Lokalizace hlavních zdrojů hluku spalovacího motoru s využitím akustické emise. Doktorská práce. VUT Brno, 2011;
Pastorek, Z., Syrový, O. a kol.: Využití techniky a agronomických opatření při obhospodařování travních porostů v podmínkách horských oblastí LFA a svažitých chráněných krajinných oblastí [online]. VÚZT Praha, 2009. Dostupné na: <http://svt.pi.gin.cz/vuzt/publ/P2009/041.PDF>;
Evropské životní prostředí, Stav a výhled 2010- shrnutí [online]. Dostupné na: <http://www.eea.europa.eu//soer/synthesis/translations/evropske-zivotni-prostredi-2013-stav>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marie Šístková, CSc.
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: 14. ledna 2014
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2015


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

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


doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. března 2014

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Českých Budějovicích, 28. dubna 2015

.....
Jiří Skalička

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena vyhodnocení hlukové zátěže prostředí mobilními energetickými prostředky různým tříd s ohledem na rychlost pohybu mobilního energetického prostředku. Literární rešerše je v první části zaměřena na fyzikální vlastnosti hluku a působení hluku na člověka. Druhá část popisuje důvody vzniku hluku, jeho intenzity u mobilních energetických prostředků s jeho průměrnými hodnotami. V praktické části je provedeno měření hlukových emisí do okolního prostředí. Byla též navržena opatření pro snížení hladiny akustického tlaku, případně doporučena optimální provozní rychlost pohybu vozidel.

Klíčová slova

hluk, ekvivalentní hladina akustického tlaku, rychlost mobilních energetických prostředků, šíření hluku

Abstract

The thesis is focused on evaluating of noise pollution environment of mobile energy devices of various classes with respect to the speed of mobile the energy resource. The first part oft eoretical research focuses on the physical properties of noise and effect on people. The second part describes the reasons for noise, its intensity at the mobile energy resources with its average values. In the practical part are performed measurement of noise emissions with the surrounding environment. There is suggested measures to reduce the noise level, ventually there is recommended optimal operating speed movement of vehicles.

Keywords

Noise, equivalent sound pressure level, speed of mobile devices, propagation of noise

Obsah

Obsah.....	6
1 Úvod.....	10
1.1 Cíl práce.....	10
2 Literární přehled.....	11
2.1 Zvuk a jeho vznik	11
2.2.1 Charakteristika zvuku	11
2.3 Zdroje zvuku.....	12
2.4 Šíření a rychlost zvuku	13
2.5 Vliv na životní prostředí	14
2.6 Hluk a jeho šíření.....	14
2.6.1 Charakteristika hluku	14
2.6.2 Působení hluku na člověka.....	16
2.6.3 Účinky hluku na člověka	16
2.6.4 Popis funkce sluchového orgánu	18
2.6.5 Poškození sluchového aparátu	18
2.6.6 Zhoršení řečové komunikace	18
2.7 Zdroje hluku.....	18
2.7.1 Hlavní zdroje hluku.....	19
3 Zdroje hluku silničních vozidel (mobilních energetických prostředku)	20
3.1 Vnitřní hluk.....	21
3.2 Vnější hluk.....	21
3.3 Valivý hluk	22
3.4 Aerodynamický hluk	23
3.5 Hluk hnacího ústrojí	23
3.6 Vliv rychlosti jízdy	23
4 Vliv klimatických podmínek	24
5 Hluk z pohledu legislativy.....	25
5.1 Způsob měření a hodnocení hluku.....	26
6 Veličiny	27
6.1 Decibel.....	27
6.2 Akustický tlak.....	27
6.3 Akustická rychlost	28

6.4	Vlnová délka.....	28
6.5	Intenzita vlnění	28
6.6	Kmitočet	28
7	Vnější vlivy prostředí na měření hluku	29
7.1	Atmosférický tlak	29
7.2	Teplota.....	29
7.3	Vlhkost.....	29
7.4	Vítr.....	29
8	Šíření akustických vln ve volném prostoru	30
8.1	Šíření zvuku v reálném plynném prostředí.....	30
8.2	Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu.....	30
8.2	Útlum zvuku vlivem mlhy, deště nebo sněhu.....	31
8.3	Útlum zvuku vlivem větru, teplotních gradientů, turbulencí a přízemního efektu.....	32
9	Metodika.....	35
9.1	Měření.....	35
9.1.1	Výběr měřicího místa a čas měření.....	35
9.1.2	Provedení měření	35
9.2	Stanovení ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ ustáleného signálu v podmínkách proměnného hluku pozadí.....	36
9.2.1	Vzorec pro výpočet ekvivalentní hodnoty akustického tlaku	37
9.3	Stanovení maximální hladiny akustického tlaku	37
9.4	Meteorologické vlivy.....	38
9.4.1	Atmosférické podmínky během měření	38
9.5	Použité přístroje.....	39
9.5.1	Digitální meteorologická stanice WS-1600	39
9.5.2	Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300.....	39
9.5.3	Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional	39
9.6	Kategorie vozidel použítá při měření	40
9.6.1	Kategorie M	40
9.6.2	Kategorie T	43

10 Vlastní měření	44
10.2 Místa měření	45
10.2.1 Vybrané lokality.....	45
10.2.2 Naměřené hodnoty	47
11 Výsledky a diskuze.....	52
11.1 Opatření na optimální provozní rychlosti mobilních prostředků.....	55
12 Závěr.....	58
13 Použitá literatura	59

Poděkování

Tímto bych rád chtěl poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za cenné rady, ochotu a projevenou trpělivost při konzultacích ohledně vypracování této práce.

1 Úvod

1.1 Cíl práce

Cílem této práce bylo zjištění vlivu rychlosti u mobilních energetických prostředků na hladinu akustického tlaku. Zejména zjištění hladiny hlukových emisí u odlišných mobilních prostředků. V práci je uveden přehled naměřených hodnot z jednotlivých míst měření, která se lišila rychlostmi. Na základě měření zjistit hladiny akustického tlaku u jednotlivých mobilních prostředků. Posouzení závislosti hlukových hladin na rychlosti prostředků. Na základě této analýzy vypracovat opatření na optimální provozní rychlosti mobilních prostředku a snížení hlukové zátěže okolního prostředí.

2 Literární přehled

2.1 Zvuk a jeho vznik

Zvuk obecně můžeme definovat jako mechanické kmitání, které je charakterizováno parametry pohybu částic pružného prostředí nebo u vlnového pohybu parametry zvukového pole. Část zvuků se projevuje jako slyšitelný zvuk - což je akustické kmitání pružného prostředí v pásmu frekvencí od 16 Hz do 20 kHz, schopné vyvolat zvukový vjem. Frekvenční závislost definice slyšitelného zvuku je silně individuální, jen málokdo je schopen vnímat celé pásmo frekvencí (především horní hranice je velmi proměnná a závislá mj. na věku). Zvuky mimo toto pásmo neslyšíme, přesto jsme je schopni vnímat a mohou mít i nepříznivý vliv na zdraví či psychiku. Zvuky pod slyšitelnou hranicí (0,7 - 16 Hz) označujeme jako infrazvuk (velmi nízké frekvence, lidské tělo je vnímá hmatem - jsou schopny rozvibrovat celý povrch těla či bránci), zvuky nad slyšitelnou hranicí (do 50 kHz) jako ultrazvuk.

Zvuk vzniká kmitáním bodů a bodových soustav. Kmitavý pohyb je fyzikální děj, u něhož se v závislosti na čase střídavě (periodicky) mění charakteristické veličiny, např. poloha, rozměr, tlak, rychlost apod. (internet)

[3]

2.2.1 Charakteristika zvuku

2.2.2.1 Výška tónu

Je určena frekvencí kmitání zdroje zvuku. Čím větší je frekvence zvuku, tím vyšší tón slyšíme. Výška tónu vyjádřena přímo frekvencí je absolutní výška. V hudbě se výška tónu častěji vyjadřuje relativní výškou. Je určena poměrem frekvence daného tónu a frekvence tónu vzatého za základ. Tímto základem je tón a₁ (označovaný také jako komorní a) o absolutní výšce 440 Hz. To znamená, že např. Tón o dvojnásobné frekvenci má relativní výšku 2. V technické praxi se jako základní tón, např. Pro testování akustických zařízení, používá tón o frekvenci 1 kHz (tzv. referenční tón).

[6]

2.2.2.3 Intenzita zvuku

Odpovídá subjektivním pocitům při vnímání zvukového kmitání o různé amplitudě. Poněvadž zvuk se šíří periodickým stlačováním vzduchu, je pro stanovení hlasitosti důležitá velikost změn tlaku vzduchu, které zvukové vlnění vyvolá. Zvuky o velké hlasitosti mohou vyvolat pocit bolesti v uchu nebo může dokonce dojít k poškození sluchu. Naopak existuje určitá nejmenší hlasitost zvuku, při níž ještě vzniká sluchový vjem (práh slyšení).

2.2.2.4 Barva tónu

Charakterizuje zdroj zvuku a umožňuje sluchem rozeznat např. různé hudební nástroje, které vydávají tóny o stejné výšce. Fyzikálně je barva zvuku dána tím, že zvuky nejsou harmonické, ale obsahují ještě další složky o vyšších frekvencích, které slyšíme současně, a výsledný zvukový vjem je pro tón vydávaným určitým zdrojem typický.

[1]

2.3 Zdroje zvuku

Zdrojem zvuku je chvění pružných těles. To se přenáší do okolního prostředí a vzbuzuje v něm zvukové vlnění. Periodické zvuky nazýváme hudební zvuky nebo tóny. Jestliže má zvuk harmonický průběh, je to jednoduchý tón. Periodické zvuky složitějšího průběhu označujeme jako složené tóny. Mezi hudební zvuky patří nejen zvuky hudebních nástrojů, ale např. i samohlásky řeči. Neperiodické zvuky vnímáme jako hluk (praskot, bušení, skřípání apod.). Neperiodický průběh mají také souhlásky. Zvláštním případem neperiodického zvuku je šum, který v podstatě neustále doprovází zvukové vjemy. Vzniká nahodilými neperiodickými změnami tlaku v prostředí, kterým se šíří zvuk.

[1]

Zdroje zvuku jsou velmi rozmanité (lidský hlas, struna houslí, membrána reproduktoru, výfuk automobilu apod.). Pro všechny zdroje zvuku je však charakteristické, že jsou to kmitající tělesa. Průběh kmitání zdrojů zvuku může být velmi složitý. Proto byly v historii akustiky vytvořeny zvláštní zdroje zvuku, jejichž kmitání má jednoduchý harmonický průběh. Takovým zdrojem zvuku je ladička, která se rozechvěje úderem kladívka a vydává zvuk s přesně určenou frekvencí.

[2]

2.4 Šíření a rychlost zvuku

Ze zdroje se zvuk šíří jen pružným látkovým prostředím libovolného skupenství. Nejčastěji je to vzduch, v němž se zvuk šíří jako podélné postupné vlnění. Zdrojem zvuku je reproduktor připojený k tónovému generátoru. Chvění membrány reproduktoru se přenáší do vzduchu, kde dochází k periodickému stlačování a rozpínání vzduchu. To se projevuje periodickými změnami tlaku vzduchu. Přenos zvuku je možný jen v látkovém prostředí. Zvukové vlnění se šíří nejen ve vzduchu, ale i v jiných látkových prostředích, např. ve vodě. Zvuk se šíří i v jiných kapalinách a pevných látkách, opět jako podélné vlnění. Dobře se zvuk přenáší třeba betonem, ocelí, sklem apod. Nejdůležitější charakteristikou prostředí z hlediska šíření zvuku je rychlost zvuku v daném prostředí. Rychlost zvuku ve vzduchu je 331,82 m/s. V kapalinách a pevných látkách je rychlost zvuku větší než ve vzduchu. Šíření zvuku je ovlivněno i překážkami, na které zvukové vlnění dopadá, a projevuje se odraz i ohyb zvukového vlnění.

[1]

Šíření zvuku je ovlivněno i překážkami, na které zvukové vlnění dopadá. Od rozlehlých překážek (skalních stěn, velkých budov) se zvuk odráží a může vzniknout ozvěna. Je v podstatě důsledkem vlastnosti sluchu, kterým rozlišíme dva po sobě jdoucí zvuky, pokud mezi nimi uplyne doba alespoň 0,1 s. To je přibližně doba, za kterou zvuk urazí celkovou vzdálenost 34 m (tzn. 17 m od pozorovatele k překážce a 17 m zpět). Při vzdálenosti 17 m od překážky tak vzniká tzv. jednoslabičná ozvěna. Při větší vzdálenosti mohou vznikat ozvěny víceslabičné. Jestliže je překážka blíže jak 17 m, zvuky již neodlišíme, částečně se překrývají a odražený zvuk splývá se zvukem původním. To se projevuje jako prodloužení trvání zvuku, které nazýváme dozvuk. S dozvukem je třeba počítat při projektování velkých místností, koncertních sálů apod. Působí rušivě a snižuje srozumitelnost řeči nebo zkresluje hudbu. Proto se akustické vlastnosti sálů zlepšují např. použitím materiálů, které pohlcují zvuk, závěsy apod.

[2]

2.5 Vliv na životní prostředí

V dnešní době s vývojem techniky v každé oblasti a rozvojem dopravy přibývá na hlučnosti. Nové stroje a technologická zařízení jsou navrhována se stále vyššími výkony. Z toho plyne nárůst mechanického výkonu, který je přímo úměrný akustickému výkonu. Moderní trendy vylehčování konstrukcí staveb, strojů a zařízení vedou obvykle k úbytku zvuko izolačních vlastností a vyvolávají rychlý nárůst akustického výkonu. Hlukem nazýváme každý nežádoucí zvuk, který vyvolává nepříjemný vjem nebo má škodlivý účinek. Pro každého člověka je hluk něco jiného. Jeden člověk může brát určitý zvuk jako hluk a pro druhého může být důležitým přísunem informací. Proto se snažíme zmírnit nadměrný silný hluk a ne hluk jako takový. Nadměrný silný hluk znepříjemňuje a ruší práci, pobyt a případně škodí i zdraví člověka.

[2] [3]

2.6 Hluk a jeho šíření

2.6.1 Charakteristika hluku

Jako hluk bývá označován nepříjemný, rušivý zvuk. Tato definice je subjektivní, protože tentýž zvuk může být pro někoho obtěžující a pro jiného přijatelný nebo dokonce příjemný. Hluk jsou zvuky vyvolané neperiodickými kmity (většinou jsou lidskému uchu nepříjemné). Pro měření intenzity hluku se používá nejčastěji jednotka decibel [dB].

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

V praktickém boji proti hluku je dnes klíčovou otázkou, nakolik je v současné době technicky a ekonomicky realizovatelné jeho omezení. Z technického hlediska je u hluku výhodné např. to, že se chová relativně přesně podle fyzikálních zákonů, což umožňuje aplikaci výpočtových metod s mnohem větší přesností než např. u prognóz znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua, nekumuluje se v prostředí, jako např. některé chemické škodliviny. Pokud jde o ekonomická hlediska, je samozřejmě snižování hluku spo-

jeno s finančními náklady. Avšak opatření proti hluku mají v případě emisí mnohdy technicky příznivé účinky (např. v oblasti životnosti zařízení). V případě emisí mají zřejmě i ekonomický přínos, což lze již dnes objektivně kvantifikovat – i když je to složitý problém, ekonomové dnes dovedou spočítat ztráty či přínosy způsobené nepřikročením k protihlukovým opatřením (např. se vyhodnotí zvýšená unavenost a nemocnost a s tím spojené ztráty produktivní a ztráty na účet zdravotních a sociálních výdajů)

[4]

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

[5]

Povahu hluku můžeme charakterizovat z hlediska časového průběhu a kmitočtového složení na hluk:

- a) hluk ustálený - je takový, jehož hladina se nemění o více než 5 dB (A).
- b) hluk proměnný - má větší změny intenzity než 5 dB (A).
- c) hluk impulzní - je tvořen jednotlivými impulzy nebo sledem impulzů 1 až 200 m/s dlouhých, s intervaly mezi pulzy delšími než 10 m/s.
- d) hluk vysokofrekvenční - může být způsoben neakustickými rušivými vlivy (vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole atd.)

2.6.2 Působení hluku na člověka

Hluk působící na lidský organismus lze rozdělit do dvou základních oddílů:

a) obtěžující účinek - tento hluk lze jen těžko hodnotit, protože jeho dopad se různí podle daných hledisek. Mezi ně patří například zdravotní dispozice, pocity a dojmy

[12]

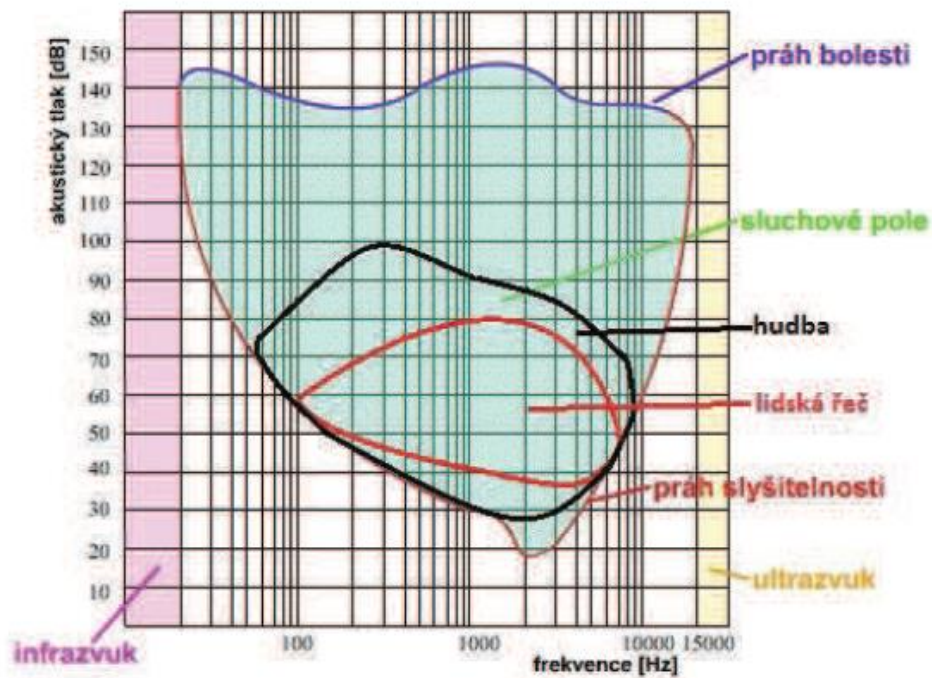
jedinice. Můžeme dále konstatovat, že také zdroje hluku mají různou rušivost. Například srovnáním silničního hluku s hlukem leteckým, bude silniční méně rušivý, atd.

b) škodlivé účinky - jsou to účinky, které přesahují přípustné hladiny hluku, viz dále. Tyto účinky mají vliv na psychiku osob a mohou dále vyvolat trvalé změny sluchového ústrojí.

2.6.3 Účinky hluku na člověka

Intenzita zvuku je základní veličinou určující povahu hluku. Mezi další faktory, které ovlivňují účinek zvuku na lidský organismus, patří frekvence, rozložení zvuku v čase a psychický vztah člověka k danému hluku. Hodnota okolo 20 dB je pro většinu populace nepřirozené ticho. Z toho důvodu je např. nezbytné vytvořit kosmonautům při letech do vesmíru zvukovou kulisu, která má přiblížit život na zemi. Hladina okolo 30 dB je brána jako příjemné ticho. Oblasti od 65 dB se začínají nepříznivě projevat na lidský organismus, zejména na vegetativní nervový systém. Při práci nebo pobytu v místě s akustickým tlakem nad 85 dB se začínají projevat trvalé sluchové vady. Jakmile akustický tlak přesáhne 130 dB, účinky hluku působí bolestivě na sluchové ústrojí. Nebezpečí v podobě prasklého bubínku začíná okolo 160 dB. Největší problém nastává v tom, že lidské tělo nemá žádné přirozené obrané prostředky proti snížení hluku jako na příkladu zraku, kde můžeme přivíít nebo zcela zavřít oči.

[3] [4]



Obrázek 1 - Kmitočtové a amplitudové složení řeči a hudby

Hluk člověku poskytuje důležité poplašné signály, které vnímá sluchovým smyslem.

Na náhlé zvuky tělo reaguje těmito mechanismy:

- zvýšení krevního tlaku
- zrychlení tepu
- stažení periferních cév
- zvýšení hladiny adrenalinu
- ztráta hořčíku

Hluk ztěžuje dorozumívání a obecně ho ruší a obtěžuje. Za předpoklad u dlouhodobě působící nadměrné hlučnosti dochází k zhoršování fyzického stavu lidského těla. Jedná se o sluchové ztráty, poruchy spánku a poruchy regulací. Psychické potíže jsou dalším negativním důsledkem působení hluku na lidský organismus. Jsou to například rozmrzelost, agresivita nebo různé depresivní stavy. Hluk způsobuje také únavu, se kterou je spojené snižování pozornosti a výkonnosti na pracovištích. Reakce organismu na daný hluk je ovlivněna několika dalšími faktory, kterými jsou např. tónovost, dynamika, spektrum, rychlost a velikost změny, časová historie, informační obsah a neméně podstatný je faktor očekávání daného hluku. Pokud není člověk připraven na náhlý nežádoucí hluk, mohou u něj nastat různé negativní zdravotní komplikace. [6] [7]

2.6.4 Popis funkce sluchového orgánu

Jedním z nejdůležitějších smyslů člověka je bezesporu sluch. Jedná se o velice komplikovaný, avšak křehký nástroj, jehož funkce se nadměrnou hlukovou zátěží snižuje. Proto je třeba tento sluchový orgán šetřit a provádět náležitá opatření k jeho ochraně. Zdravé ucho je schopno vnímat zvuk ve velkém rozsahu intenzit (10-12 až 10 Wm-2) i kmitočtů (20 Hz až 20 kHz) viz obrázek 1, ve stáří však svoji citlivost ztrácí. Nejcitlivější je pro tóny v rozmezí od 1000 Hz do 3000 Hz, což představuje lidskou řeč.

Slyšitelný rozsah kmitočtů a akustického tlaku mechanického vlnění je omezen prahem slyšení a prahem bolesti.

2.6.5 Poškození sluchového aparátu

Poškození sluchového aparátu je dostatečně prokázáno u pracovní expozice hlukem, a to v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku A (pro tento fyzikální parametr, který se používá k popisu akustických jevů, se v běžné praxi daleko častěji používá nesprávný, ale vžitý termín „ekvivalentní hladina hluku“), jakož i v závislosti trvání let expozice. Nicméně platí, že riziko sluchového poškození existuje i u hluku v mimopracovním prostředí při různých činnostech spojených s vyšší hlukovou zátěží.

2.6.6 Zhoršení řečové komunikace

V důsledku zvýšené hodnoty hluku má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti a pocitům nespokojenosti. Může však vést i k překrývání a maskování důležitých signálů, jako je domovní zvonek, telefon, alarm. Nejvíce citlivou skupinou jsou staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči.

[8]

2.7 Zdroje hluku

Hluková zátěž naší populace je způsobena přibližně ze 40 % z pracovního prostředí a z 60 % z mimopracovního prostředí. Hlavním zdrojem hluku v mimopracovním prostředí je doprava, dále se uplatňuje hluk související s bydlením a s trávením volného času. Ve městech je převažujícím hlukem mimopracovním hluk dopravní (75-85 %), kde na hlavních dopravních tazích dosahuje hladin 70-85 dB (A).

Ve stavbách jsou stížnosti obyvatel obvykle směřovány na vnitřní zdroje (výtahy, kotelny, trafostanice, vytápění, chlazení, větrání) a sousedský hluk (hlasité projevy obyvatel, reprodukční zvuková zařízení, provoz koupelen, WC, kanalizace, chladniček, digestoří, etážových kotlů apod.), ale objektivně nejzávažnější je podíl hluku přicházející zvenčí. V pracovním prostředí je vývoj hlukové situace komplikovaný, některé technologie jsou značně hlučné.

[7]

2.7.1 Hlavní zdroje hluku

1. dopravní hluk - automobilová, kolejová a letecká doprava
2. hluk v pracovním prostředí - ruční mechanizované nářadí (motorové pily, pneumatická kladiva apod.), důlní stroje, hutnictví, strojírenství (obráběcí stroje), textilní průmysl (tkalcovské stavy), vzduchotechnická zařízení, mobilní zařízení, zemědělství, lesnictví aj.
3. hluk související s bydlením - vestavěné technické vybavení domu (výtahy, trafostanice, kotelny), sanitárně-technické vybavení domu (koupelny, WC), činnost osob v bytě (hovor, rozhlas, TV, vysavač, kuchyňské stroje, myčky, pračky aj.)
4. hluk související s trávením volného času - kulturní a společenská zařízení (divadla, kina, koncertní sály, poutě aj.), sportovní zařízení (např. hřiště, bazény, střelnice), individuální reprodukce a poslech hudby (přehrávače s reproduktory nebo sluchátky).

[7]

3 Zdroje hluku silničních vozidel (mobilních energetických prostředku)

Automobilová doprava má ve městech největší podíl na tvorbě emisí hluku z dopravy jako celku. Mezi největší „výrobce hluku“ v této kategorii patří těžká nákladní a užitková vozidla. Hlučnost u těžkého nákladního automobilu dosahuje 91 dB, tramvaj jedoucí rychlostí 40 km/h působí na okolí hlukem 85 dB až 90 dB a autobus je o trochu tišší, dosahuje pouze 84 dB. Se zvyšující se rychlostí vzrůstá i hlučnost dopravních prostředků. Zdvojnásobí-li se rychlost, zvýší se hlučnost o 8 až 10 dB. Hlučnost běžného osobního automobilu činí v průměru 79 dB.

Při provozu vozidla je spousta zdrojů způsobujících hluk, např.:

- a) povrch kmitajícího strojního zařízení ve volném prostoru.
- b) běžící motor uložený do konstrukce vozidla (přesto že je uložen pružně na silentblocích, vyrábí sám hluk a vibrace, které dále přenáší na stavební prvky vozidla).
- c) motorem vyrobené spaliny, které prochází sacím a výfukovým potrubím a vytváří vibrace celého výfukového systému.
- d) styk pneumatiky s vozovkou – výrobci již uvádějí hlučnost pneumatiky v závislosti na použitém vzorku, a pneumatiky vyrobené ze zimní směsi jsou daleko hlučnější než pneumatiky letní.
- e) další zdroje jsou např.: brzdění, druh přepravovaného nákladu, nedostatečně upevněný náklad, používání výstražných zařízení, nekvalitní povrch komunikace, hlučná obsluha vozidla, aj.

Dále celkovou hladinu hluku podstatně ovlivňuje počet projetých vozidel, jejich zatížení, hlukové emise jednotlivých vozidel, jejich stáří, technický stav, rychlost jízdy, vzdálenost okolní zástavba a povětrnostní podmínky.

[9]

3.1 Vnitřní hluk

Na tvorbě vnitřního hluku automobilů se podílí větší či menší měrou množství nejrušnějších zdrojů hluku a vibrací, počínaje motorem a konče různým příslušenstvím určeným ke zlepšení funkce vozidla a pohodlí řidiče i spolupasažerů. Zdroje hluku, nutné pro pohyb vozidla jsou většinou mezi sebou provázány. Dalším zdrojem hluku může být nerovnoměrnost chodu motor, házivost kol, nerovnoměrnost v tuhosti pneumatik, nerovnoměrnost v brzdícím momentu při brzdění apod.

(9)

3.2 Vnější hluk

Vnější hluk je hluk, který vzniká při provozování vozidel a převážně jej registrují obyvatelé vně motorových vozidel např. chodci, osoby žijící v okolních domech apod. Závisí nejvíce na vzdálenosti od vozovky, na druhu vozovky a intenzitě a rychlosti dopravy. U městských komunikací se při malé hustotě provozu střední hladina hluku rychle zvyšuje s nárůstem dopravního toku. Důležitým činitelem hluku v dopravě je složení dopravy. Čím větší je procento těžkých nákladních vozidel, tím větší je hluk. Další veliký rozdíl hladiny hluku zjišťujeme ve stoupáních vozovky a na zastávkách. Zvýšení rychlosti u osobních automobilů má na hladinu hluku větší vliv než u nákladních. Při vysokých rychlostech je aerodynamický hluk a hluk vyvolaný stykem pneumatik s vozovkou stejně důležitý, jako hluk motoru, který u osobních automobilů současné generace nepřekračuje hranici 30 % v porovnání s nákladními automobily. Velikost hladiny hluku se také zvyšuje v blízkosti křižovatek. Na těchto místech se hladina hluku rychle mění podle toho, jak je hustý provoz a jak se mění režim, tzn. jak vozidla zpomalují, zastavují, brzdí nebo se opět rozjíždějí. Při změně tohoto režimu hladina hluku kolísá. Ve městech, zejména v úzkých uličkách s vysokými budovami po obou stranách, může vzniknout tzv. „kanónový efekt“, kdy se zvuk odráží od průčelí domů. Hladina hluku zde bude podstatně vyšší, než na otevřených komunikacích. Jako každá doprava, tak i silniční v sobě nese nejen jeden rozpor. Na jedné straně je snaha o plynulost dopravy budováním vysokorychlostních komunikací, které svou podstatou umožňují rychlý průjezd velkého množství vozidel, na druhé straně stojí fakt, že tento hustý provoz permanentně zvyšuje znečištění ovzduší, hluk a jiné negativní faktory, např. ekonomický. Dálnice jako rychlé a pohodlné spojení opravdu mnohé do regionu přivezou, ale mnohé také mohou odvézt. Dálnice na sebe soustředí pozornost investorů. Supermarkety u dálnice budují většinou velké nadnárodní firmy. To všechno znamená odliv ekonomických a obchodních aktivit z dosavadních center měst.

Přestanou tu zastavovat dálkové autobusy i náhodní návštěvníci. Kdo je dále než dvacet kilometrů od dálnice, přestává být ekonomicky zajímavý. Navíc okolo dálnic vznikají většinou pobočky velkých firem. Malým firmám a obchodům ve městech pak nezbývá nic jiného, než ukončit svoji činnost.

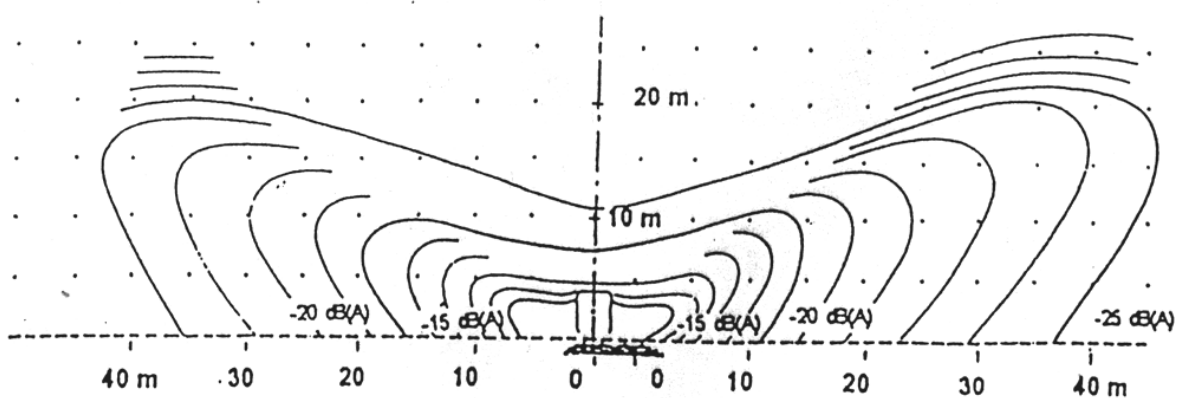
[9]

2.3 Valivý hluk

Tento hluk je vyvolán stykem dotykové plochy kola s povrchem vozovky. V místě styku vznikají vibrace, které se do vozovky a kola přenášejí jako hluk a šíří se dále do okolí, případně se vyzařují jako hluk šířený vzduchem. K šíření tohoto hluku v prostoru nedochází vlivem podlahy vozu, jakožto jeho rovnoměrné překážky, zvukové vlny se pak šíří zpravidla pod úhlem 60° vzhůru. Znázornění izofon tohoto hluku je na obrázku 2.

Největší podíl na vzniku valivého hluku má konstrukce kola vozidel. Jedná se zejména o stykové plochy pneumatik, které způsobují nežádoucí hluk, jehož frekvence i intenzita závisí na rychlosti jízdy a dále na počtu kol. Takto vzniklý hluk se projevuje do vzdálenosti 15 až 20 m od vozovky. Jako jedna z možností na snížení tohoto hluku se jeví použití pneumatik s nižším valivým odporem. Tato kola mají oproti stávajícím vyšší symetrii a jsou zde použity jiné materiály. Použitím těchto kol lze dosáhnout snížení hladiny hluku až o 5 dB (A).

[9]



Obrázek 2 - Izofony valivého hluku

3.4 Aerodynamický hluk

Jedná se o hluk vzniklý v důsledku proudění vzduchu a turbulence vzduchu kolem karoserie vozů a jejich podvozků. Jeho hodnota se zvyšuje s rychlostí jízdy, plochou vozidla, provedení karoserie a přepravovaném nákladu.

3.5 Hluk hnacího ústrojí

Hluk hnacího ústrojí řadíme mezi primární zdroj hluku, který může být jak statický, tak i dynamický. V případě motorové trakce je hluk složen z hluku hnacího motoru, chladícího ventilátoru, ventilátoru topení a tření v převodovém ústrojí. Snížení hluku lze dosáhnout použitím elektromotorů (elektromobily), případně uvedení nových nebo modernějších vozidel do provozu.

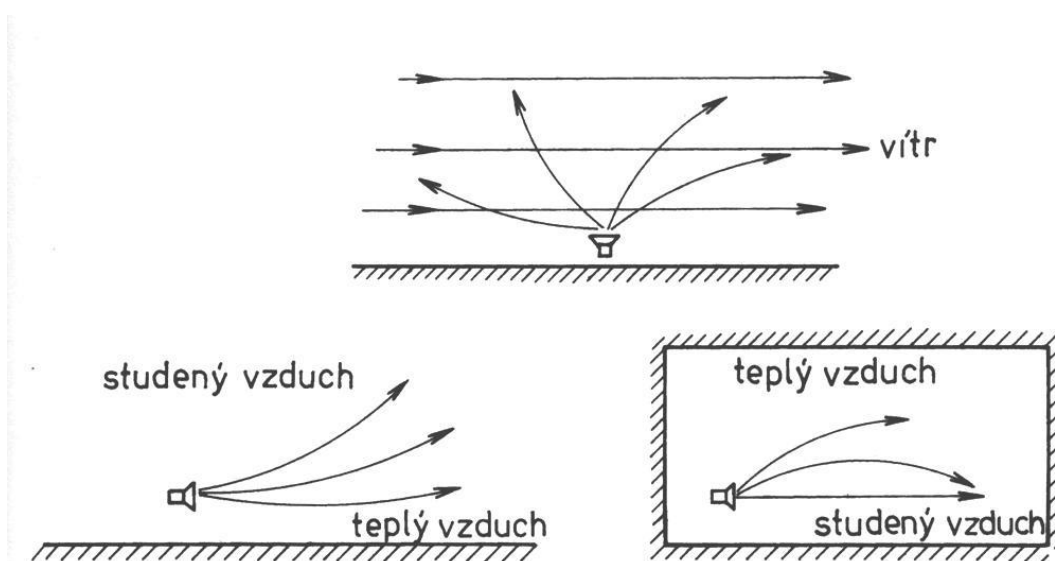
3.6 Vliv rychlosti jízdy

Vliv rychlosti jízdy projíždějících vozidel má vliv nejen na velikost hluku, ale také na jeho druh. Obecně platí, že při nízkých rychlostech bude dominantní hluk hnacího vozidla jako například hluk motoru apod., zatímco při středních rychlostech se nám projeví hluk valivý. Každý z těchto hluků roste v závislosti na rychlosti jinak.

4 Vliv klimatických podmínek

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

[9]



Obrázek 3 - Změna směru šíření zvukového paprsku lomem za obvyklých rozložení teplotních vrstev nebo unášením pohybem prostředí

5 Hluk z pohledu legislativy

(1) Hygienický limit pro osmihodinovou pracovní dobu (dále jen "přípustný expoziční limit") ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený

- a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo
- b) expozicí zvuku $A E_{A,8h}$ se rovná $3640 \text{ Pa}^2\text{s}$, pokud není dále stanoveno jinak.

(2) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště, na nichž je vykonávána duševní práce náročná na pozornost a soustředění a dále pro pracoviště určená pro tvůrčí práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 50 dB.

(3) Hygienický limit pro pracoviště, na nichž je vykonávána duševní práce rutinní povahy včetně velínu vyjádřená ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ se rovná 60 dB. Jako doba hodnocení se v tomto případě přednostně volí doba trvání rušivého hluku.

(4) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování, s výjimkou pracovišť uvedených v odstavcích 2 a 3, kde hluk nevzniká pracovní činností vykonávanou na těchto pracovištích, ale na tato pracoviště proniká ze sousedních prostor nebo je způsobován větracím nebo vytápěcím zařízením těchto pracovišť vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ se rovná 70 dB; na ostatních pracovištích nesmí tato hladina překročit 55 dB.

(5) Pokud pracovní doba v průběhu pracovního týdne není rovnoměrně rozložena nebo když se hladina hluku v průběhu týdne sice mění, avšak jednotlivé denní expozice hluku se neliší o více než 10 dB v $L_{Aeq,T}$ od dlouhodobého průměru a při žádné z expozic není překročena hladina akustického tlaku L_{Amax} 107 dB, lze použít hodnocení podle průměrné týdenní expozice hluku.

[10]

Hygienické limity hluku v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru jsou uvedeny ve vyhlášce.

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 $L_{Aeq,Tse}$ rovná 50 dB a korekcí přihlížejících ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle 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 a dráhách, a hluku s výrazně informačním charakterem se přičte další korekce -5 dB.

[16]

5.1 Způsob měření a hodnocení hluku

Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

(1) Při měření hluku a vibrací a při hodnocení hluku a vibrací se postupuje podle metod a terminologie týkajících se oborů elektroakustiky, akustiky a vibrací, obsažených v příslušných českých technických normách. Při jejich dodržení se výsledek považuje za prokázaný.

(2) Pokud nelze postupovat podle odstavce 1, musejí být u použité metody doložena její přesnost a reprodukovatelnost.

(3) Při měření hluku v chráněných venkovních prostorech staveb, chráněném venkovním prostoru a v chráněných vnitřních prostorech staveb se uvádějí nejistoty odpovídající metodě měření. Nejistoty musejí být uplatněny při hodnocení naměřených hodnot. Výsledná hodnota hladiny akustického tlaku A prokazatelně nepřekračuje hygienický limit, jestliže výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku A po odečtení hodnoty kombinované rozšířené nejistoty je rovna nebo je nižší než hygienický limit nebo výsledná hladina maximálního akustického tlaku je rovna nebo je nižší než hygienický limit.

[20]

6 Veličiny

6.1 Decibel

Decibel [dB] je míra poměru mezi dvěma kvantitami, a je používán v široké paletě měření v akustice, fyziky a elektroniky. Zatímco původně byl jen používán pro měření síly a intenzity, našel široké uplatnění ve strojírenství. Decibel je široce používán v měření hlasitosti zvuku. To je “bezrozměrná jednotka” jako procento. Decibely jsou užitečné, protože díky nim mohou být velmi velké nebo malé poměry reprezentovány pohodlně malým číslem (podobným vědecké notaci). To je dosažené používáním logaritmu.

Decibel je definován ve dvou obyčejných cestách:

$$X_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{X}{X_0} \right) \quad \text{nebo} \quad X_{\text{dB}} = 20 \log_{10} \left(\frac{X}{X_0} \right)$$

kde X_0 je specifikovaný odkaz. V některých případech, odkaz je 1 a tak je ignorován. Který jedno použití lidí závisí na konvenci a kontextu. An intenzita I nebo síla P moci být vyjádřen v decibelech se standardní rovnici

$$I_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{or} \quad P_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right),$$

kde I_0 a P_0 jsou specifikovaná odkazová intenzita a síla.

[11]

6.2 Akustický tlak

Akustický tlak [Pa], nebo hladina akustického tlaku, je následkem změn tlaku vzduchu, způsobených zvukovými vlnami. Nejnižší akustický tlak, který je ještě lidským uchem vnímán, se nazývá práh slyšitelnosti. Nejvyšší akustický tlak, který ještě lidské ucho snese, se nazývá práh bolesti. Zvukový tlak prahu bolesti je milionkrát vyšší, než tlak prahu slyšitelnosti.

[12]

6.3 Akustická rychlost

Je rychlost, se kterou se částice vzduchu pohybují pod působením akustického tlaku kolem své rovnovážné polohy. Akustická rychlost se pohybuje v rozmezí $5 \cdot 10^{-8}$ m.s⁻¹ (práh slyšitelnosti) až $1,6 \cdot 10^{-1}$ m.s⁻¹ (práh bolestivosti).

[4]

6.4 Vlnová délka

Vlnová délka je vzdálenost, do které se vlnění rozšířilo za dobu kmitu, tj. za dobu T (je to nejbližší vzdálenost dvou částic, které kmitají se stejnou fází). Jednotka i rozměr je metr [m].

6.5 Intenzita vlnění

Intenzita vlnění je číselně určena střední hodnotou energie, která projde při prostorovém vlnění za jednotku času jednotkovou plochou kolmo na směr šíření vlnění (plošná hustota toku akustické energie). Hlavní jednotkou je watt na čtverečný metr [W.m⁻²].

6.6 Kmitočet

Kmitočet nebo-li frekvence je počet kmitů za jednu sekundu. Hlavní jednotkou kmitočtu je hertz [Hz]. Hertz je kmitočet periodického jevu, jehož jedna perioda trvá jednu sekundu.

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

T... doba kmitu, f... frekvence

[13]

7 Vnější vlivy prostředí na měření hluku

7.1 Atmosférický tlak

Se zvyšujícím se atmosférickým tlakem citlivost měřícího zařízení klesá. Při obvyklých změnách atmosférického tlaku se citlivost mění o asi desetiny decibelu (asi $-0,1$ dB/kPa) a prakticky to nemusíme většinou respektovat.

7.2 Teplota

Na citlivosti měřícího zařízení se výrazněji neprojeví ani vliv teploty, kde korekce dosahuje až $0,01$ dB/°C, ale ani tuto korekci není za běžných teplot většinou nutno uvažovat. I když se vliv teploty uplatňuje hlavně u nejvyšších kmitočtů (rezonančního kmitočtu mikrofonní vložky), nepřesáhne korekce hodnotu 1 dB.

7.3 Vlhkost

Vliv vlhkosti může být závažný (i 1 dB/10% relativní vlhkosti), ale není-li překročen rosný bod, počítáme s poklesem pouze desetin dB.

7.4 Vítr

Již při rychlostech větru asi 3 m/s mohou být hodnoty nižších hladin (asi 40 dB) ovlivňovány. Vhodný kryt proti větru zeslabí větrem vyvolané šumy o asi 15 dB a přitom potlačení nejvyšších kmitočtů vlivem krytu (v oblasti kolem 10 kHz) nepřesahuje asi 1 dB. Pro běžná měření se proto doporučuje používat vždy alespoň jednoduchý kryt proti větru a to i z důvodu, že kryt chrání částečně mikrofonní vložku i proti slabému dešti, prachu a náhodnému poškození.

[14]

8 Šíření akustických vln ve volném prostoru

8.1 Šíření zvuku v reálném plynném prostředí

Doposud bylo uvažováno šíření zvuku v ideálním prostředí beze ztrát, kde pokles akustických veličin byl způsoben rozptylem akustické energie do prostoru jenom vlivem zvětšující se vzdáleností. V praxi se musí pracovat pouze s reálným prostředím, které vykazuje určité ztráty při přenosu energie (např. přeměna akustické energie na teplo vlivem nevratných změn). V tomto odstavci budou diskutovány nejdůležitější složky útlumu:

- a) útlum vlivem absorpce ve vzduchu,
- b) útlum vlivem mlhy, deště nebo sněhu,
- c) útlum vlivem větru, teplotních gradientů, atmosférické turbulence a přízemního efektu,
- d) útlum vlivem překážek.

[15]

8.2 Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu

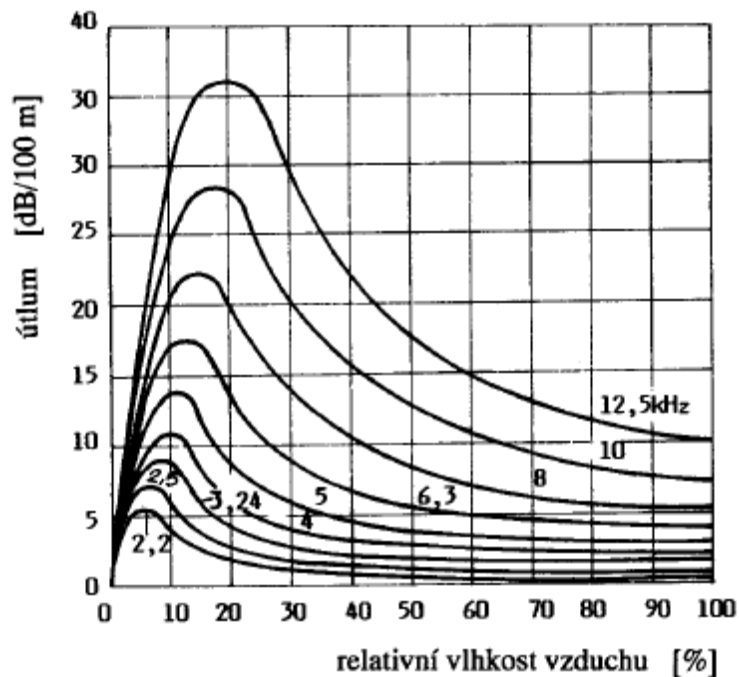
Při šíření zvuku v homogenním prostředí lze přeměnu zvukové energie na tepelnou rozdělit do dvou bodů:

- a) intenzita zvuku bude klesat se vzdáleností od zdroje rychleji vlivem tepelné vodivosti a vyzařování tepelné energie, vlivem viskozity vzduchu a difúze. Tyto dílčí hodnoty snížení intenzity zvuku nejsou závislé na vlhkosti vzduchu, ale jsou úměrné druhé mocnině kmitočtu přenášeného akustického signálu.
- b) k úbytkům zvukové energie dochází vlivem tzv. molekulární absorpce, která je založena na relaxaci při pohybu molekul kyslíku. Toto snížení intenzity zvuku je výrazně závislé na relativní vlhkosti vzduchu.

[15]

Celkový útlum vlivem absorpce ve vzduchu je možno vyjádřit graficky, jak je ukázáno na obr. 4. Z diagramu je zřejmé, že útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu je výrazně závislý

na relativní vlhkosti vzduchu a kmitočtovém složení zvuku. Zvuky, které jsou vysokofrekvenční, budou při stometrových vzdálenostech vykazovat dodatečný útlum v desítkách dB. Naopak nízkofrekvenční zvuky nebudou prakticky zeslabovány. Maximální útlum zvuku absorpcí je při relativních vlhkostech cca 10 až 20 %.



Obrázek 4 - Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu o teplotě 20°C podle Knudsena

8.2 Útlum zvuku vlivem mlhy, deště nebo sněhu

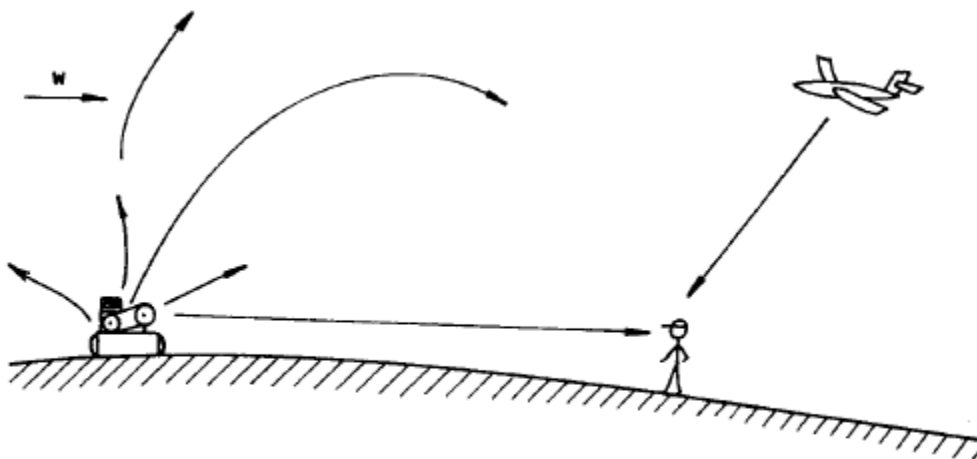
O tomto vlivu na šíření akustické energie je v technické literatuře velice málo údajů. Řešení tohoto bodu by si vyžádalo mnoho experimentálních pokusů. Vlivem proměnných povětrnostních podmínek je obtížné se přesvědčit o reprodukovatelnosti získaných informací. Při boji s hlukem je však třeba dodržet podmínky hygienických předpisů i při normálním počasí a proto nebude tento bod do větší hloubky probírán, protože pro navrhování protihlukových opatření nemá zásadní význam.

[15]

8.3 Útlum zvuku vlivem větru, teplotních gradientů, turbulencí a přízemního efektu

Pohyb vzduchu v atmosféře je neustálý. V určitém objemu vzduchu není nikdy rovnoměrně rozložená hmotnost, teplota a vlhkost. Tato nerovnoměrnost není jenom prostorová, ale je také funkcí času. Všechny uvedené vlivy se v akustickém poli projeví jako změny intenzity přijímaného signálu v místě posluchače při konstantním akustickém výkonu zdroje. Čím větší je vzdálenost mezi zdrojem a přijímacím místem, tím bude amplituda kolísání větší. Střední

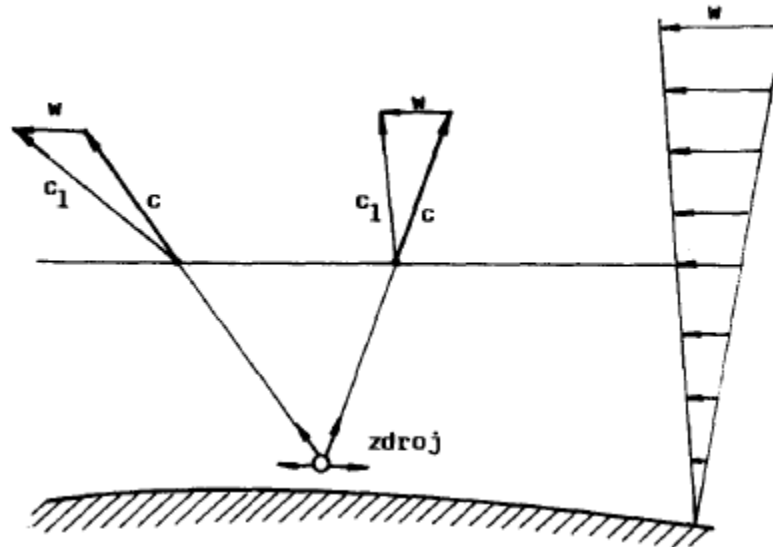
hodnota poklesu intenzity zvuku od teoretické hodnoty bude záviset na středních hodnotách parametrů atmosféry. Na obr. 5 je znázorněno šíření zvuku ve třech praktických případech. Nejběžnější bývá šíření zvuku mezi zdrojem a posluchačem, které jsou těsně nad zemí. Zde je postupující vlna zeslabována přirozenou pohltivostí terénu, která je však různá podle druhu povrchu. Druhým příkladem je hluk od letadla letícího vysoko nad zemí.



Obrázek 5 - Šíření zvuku v atmosféře nad zemským povrchem

Třetím příkladem je prostorová vlna, která se šíří od zdroje do volného prostoru a vlivem velkých teplotních i rychlostních gradientů v atmosféře se může ohýbat nahoru nebo dolů k zemi. Za určitých atmosférických podmínek může tedy být určitá oblast prostoru zásobována menším množstvím akustické energie. Někteří autoři hovoří o možnosti vzniku akustického stínu, který však není ostře ohraničen. S oblastí stínu se obvykle setkáváme v místech položených od zdroje ve směru proti větru. Nelze to však vykládat jako přímý vliv pohybu vzduchu (rych-

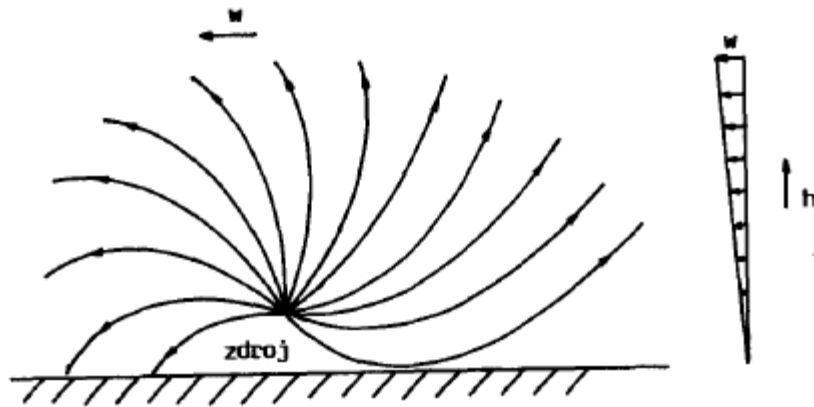
lost větru je zanedbatelná proti rychlosti šíření zvuků), ale jako vliv gradientu větru, který ohýbá zvukové vlny vzhůru. Naopak je možno nalézt místa, kde vlivem ohybu vln směrem dolů dojde k zesílení signálu. Mechanismus vzniku akustického stínu vlivem větru je vysvětlen pomocí rychlostních trojúhelníků zakreslených v obrázku 6 a 7.



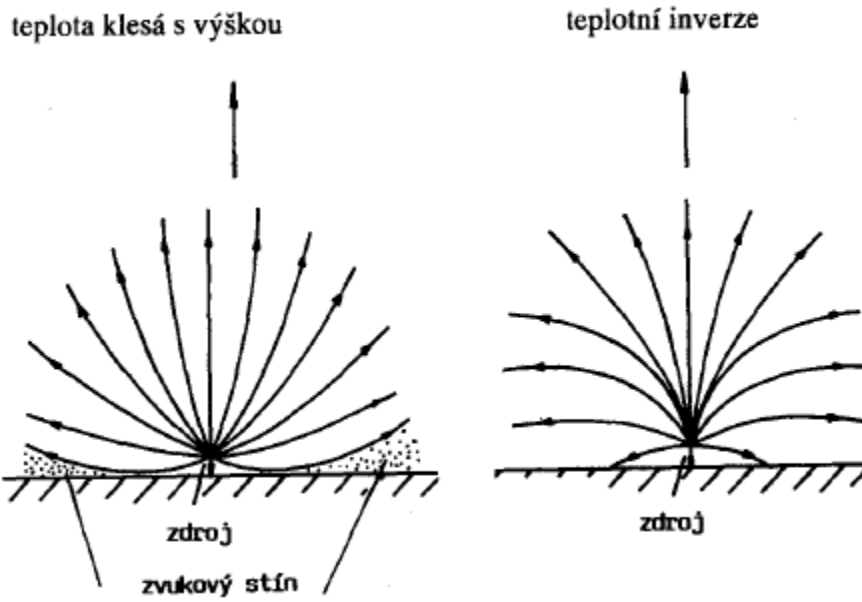
Obrázek 6 - Vliv gradientu rychlosti na ohyb zvukového paprsku

Na dalším obrázku je podobný efekt vyvolán gradientem teplot v atmosféře, který může být dvojího druhu. Normálně teplota vzduchu s výškou nadzemským povrchem klesá (klesá rychlost šíření zvuku) a v důsledku toho se zvukové paprsky odklánějí od zemského povrchu. Naopak při teplotní inverzi, kdy do určitých výšek teplota vzduchu narůstá, dojde k ohybu zvukových paprsků k zemi, což je dokumentováno na obr. 8. Při ohybu zvukových paprsků směrem od země, se může vytvořit v přízemní zóně akustický stín. Teplotní inverze bude zase způsobovat v blízkosti zemského povrchu větší hustotu zvukových paprsků a vyšší hladiny akustického tlaku. Pokud se zvukový paprsek pohybuje v blízkosti zemského povrchu, tak dochází k částečnému pohlcování akustické energie do povrchové vrstvy zemského masivu. Tyto útlumy zvuku v terénu byly zkoumány pro šíření hluku v okolí komunikací, které je možno považovat za lineární zářiče. Pro pohltivý terén (tráva, obilí, nízké zemědělské kultury) lze kvalifikovaně odhadnout útlum hladiny akustického tlaku A v závislosti na vzdálenosti d [m] a výšce nad terénem H [m] podle vztahu

$$D = 3,21 \log d - 14,84 H^{0,1113}$$



Obrázek 7 - Ohyb zvuku vlivem větru



Obrázek8 - Ohyb zvuku a vznik akustického stínu vlivem teplotních gradientů

[15]

9 Metodika

9.1 Měření

Při měření hluku je nutné respektovat ustanovení ČSN ISO 1996-1:2004 a ČSN ISO 1996-2:2009 pokud tento metodický návod nestanoví jinak.

Pro měření je možné použít:

- a) mikrofonu upevněného na stativu a propojeného kabelem s měřicím přístrojem;
- b) mikrofonu upevněného spolu s měřicím přístrojem na stativu; pro spojení mikrofonu s přístrojem je možné použít ohebný nástavec; obsluha musí být při měření nejméně 50 cm za mikrofonem.

Používá se typ mikrofonu podle druhu zvukového pole nebo přístroj umožňující korekci na druh zvukového pole.

9.1.1 Výběr měřicího místa a čas měření

Uvedení lokality měření a uvedení dalších informací o měřicích místech jsou součástí výsledků. Měření je třeba provádět v uvedeném místě. Jestliže to není z technických nebo jiných důvodů možné, je nezbytně nutné změnu měřicího místa uvést v protokolu měření. Pokud se v průběhu měření zjistí, že v měřicím místě došlo ke změnám oproti očekávaným údajům (např. změny v dopravní situaci), je třeba tyto změny zaznamenat. Jestliže k žádným změnám v měřicím místě nedošlo, zaznamená se tato skutečnost do průvodního listu k měření. Měření se provádí v běžný pracovní den, tj. v úterý, středu a čtvrtek, pokud jsou pracovními dny a pokud nenavazují na den pracovního volna nebo klidu nebo státní svátek. Sčítání četnosti a intenzity dopravy se provádí po celou dobu všech měření.

[14]

9.1.2 Provedení měření

Systému monitorování je prováděno dle Metodického návodu MZdr. ČR pro měření hluku v mimopracovním prostředí (Č. j. HEM-300-11.12.01-34065). Z tohoto dokumentu vyplývají i možné typy zvukoměrů použitelných pro měření hluku v rámci monitoringu např.: (B&K 2231, B&K 2260, B&K 2250, Norsonic Nor118 a Nor140). Během měření je zjišťováno a následně uváděno v jednotném datovém formuláři v 15 min. měřicích intervalech:

- a) čas začátku měřicího intervalu ve formátu hh:mm (hodina:minuta, start v celou hodinu)
- b) ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$ [dB]
- c) pravděpodobnostní hladiny LAN [dB] (N=1, 10, 50, 90, 99)
- d) hladiny L_{Amin} a L_{Amax} [dB]
- e) sčítání dopravy ve skupinách M, OA, NA, NS, BUS, O (motocykly, osobní automobily, nákladní automobily, nákladní soupravy, autobusy a ostatní dopravní prostředky). Za nákladní automobily se považují automobily s hmotností nad 3,5 t (orientačně vozidla s dvojmontáží). Nákladní soupravy jsou návěsy a nákladní vozidla s přívěsy. Mezi ostatní vozidla patří např. traktory, zemědělské a stavební stroje, vojenská technika a všechna ostatní jinam nezařazená motorová vozidla. Připouští se následné sčítání dopravy ze záznamu (tzn. lze provést měření se současným záznamem zvuku a obrazu sčítaného profilu a toto vyhodnotit následně). Výsledky sčítání dopravy jsou součástí naměřených hodnot.
- f) Poznámky o netypických hlučných událostech (co, kdy, jak). Mezi netypické hlučné události patří jakákoliv (i zařazená a sčítaná) vozidla, která ovlivní hluk za 15 minut (např. silná motorka, sanitka), ale také hluky nesouvisející s pozemní dopravou (např. lidé, psi, vysypávání popelnic, cirkulárka...). V 60-ti minutových intervalech.
- g) počasí (teplota, vlhkost, rychlost větru, tlak, srážky, oblačnost ve formátu X/4, 0 je jasno, 1/4 skoro jasno, 2/4 polojasno 3/4 oblačno, 4/4 zataženo, – tyto údaje jsou uváděny v jednotném datovém formuláři vždy k první čtvrtině měřeného intervalu. Formát jednotlivých polí jednotného datového formuláře je uveden pod tabulkou.

[14]

9.2 Stanovení ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ ustáleného signálu v podmínkách proměnného hluku pozadí

V případech, kdy hluk zdroje je ustálený a kdy je technicky obtížné, resp. nemožné časově oddělené měření hluku zdroje a hluku pozadí, tvořeného nepravidelně proměnným hlukem např. dopravy, je možno považovat za $L_{Aeq,T}$ zdroje hluku distribuční hladinu L_{A90} nebo v odůvodněných případech L_{A99} . Orientačně lze použít i vizuálně odečítanou často se opakující nejmenší hodnotu hladiny akustického tlaku A.

Přitom je třeba sluchem kontrolovat evidentní výskyt hlukem pozadí nerušených intervalů během měření.

9.2.1 Vzorec pro výpočet ekvivalentní hodnoty akustického tlaku

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{A_{eq,T_i}/10} \right) \text{ [dB]}$$

T...celkový počet vzorků

n...celkový počet intervalů měření

9.3 Stanovení maximální hladiny akustického tlaku

Maximální hladiny L_{pAmax} se zjišťují:

a) přímým odečtem L_{pAmax} z měřicího přístroje;

b) odečtením L_{pAmax} při následném vyhodnocení z časového záznamu.

Celková délka měření, resp. počet událostí se volí tak, aby zahrnovalo reprezentativní část posuzovaného děje. Při měření jednotlivých událostí by měl být počet odečtů n vždy větší než 10 a musí být uváděn v protokolu z měření; v případě menšího počtu odečtů je třeba tento postup zdůvodnit.

Je-li n počet odečtů, pak se výsledná hodnota L_{pAmax} získá statistickým vyhodnocením souboru $L \equiv \{L_{pAmax,i}\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, kde $L_{pAmax,i}$ je maximální hladina akustického tlaku i -tého odečtu.

Na základě sluchové kontroly je třeba vyřadit naměřené hodnoty prokazatelně nesouvisející s měřeným zdrojem hluku. Při zpracování je u odlehlých hodnot třeba posoudit jejich ovlivnění těmito hluky a poté rozhodnout o jejich ponechání nebo vyřazení ze souboru.

Na základě statistické analýzy (např. s pomocí standardních statistických funkcí tabulkových procesorů) se stanoví rozšířená nejistota U_A jako 95% oboustranný konfidenční interval souboru L .

Výsledná hodnota L_{pAmax} se stanoví:

$$L_{pAmax} = \bar{X} (L_{pApA}) + U$$

Kde $\bar{X} (L_{pApA})$ je střední hodnota souboru L

9.4 Meteorologické vlivy

Meteorologické podmínky musí být reprezentativní pro posuzovanou hlukovou expozici. Povrch silnic a železničních tratí musí být suchý, povrch země nesmí být pokryt sněhem nebo ledem, nesmí být ani zmrzlý ani nasáklý velkým množstvím vody a měření nesmí probíhat za podmínek teplotní inverze (např. v časných ranních hodinách), pokud tyto podmínky nejsou předmětem zkoumání. Rychlost proudícího vzduchu musí být měřena a uváděna v protokolu o měření. Při rychlosti větru větší než 5 m/s není měření přípustné, pokud se nejedná o speciální metody

9.4.1 Atmosférické podmínky během měření

Tabulka 1

Atmosférické podmínky ze dne 9. 11.2014

Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m.s ⁻¹]
9,4	86	996,7	bezvětrí

Tabulka 2

Atmosférické podmínky ze dne 24. 11.2014

Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m.s ⁻¹]
5	91	1019,7	bezvětrí

Tabulka 3

Atmosférické podmínky ze dne 30. 11.2014

Teplota vzduchu [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m.s ⁻¹]
1,8	87	994,5	bezvětrí

9.5 Použité přístroje

9.5.1 Digitální meteorologická stanice WS-1600

Digitální meteorologická stanice WS-1600 disponuje měřicím rozsahem teplot od -40 do +59,9 °C (rozlišení 0,1 °C) s přesností +/- 1°C, relativní vlhkosti vzduchu 1 až 99 % (rozlišení 1 %) s přesností +/- 5 %, tlaku vzduchu 919 až 1080 hPa a rychlosti větru (a jeho směru) 0 až 180 km/h (nebo 1 až 50 m/s).

9.5.2 Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300

Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300 (č. 08019000) s měřicí hladinou zvuku v rozpětí 30 – 130 dB s přesností třídy 2 dle normy IEC 61672-1:2002 (94dB/1kHz ± 1,4 dB) má kmitočtový rozsah 31,5 - 8000 Hz, je napájen baterií 9V. Tento přístroj disponuje funkcí uložení naměřených hodnot (okamžité hodnoty hladiny akustického tlaku v dB) a možností jejich přenosu přes USB rozhraní do počítače k dalšímu zpracování

9.5.3 Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional

Tento přístroj pro bezkontaktní měření vzdálenosti je vybaven laserovým zářičem třídy II, umožňuje měření vzdáleností od 0,5 do 50 m. Napájen je čtyřmi bateriemi LR03. Udávaná přesnost dle výrobce je +/- 1,5 mm.

9.6 Kategorie vozidel použita při měření

9.6.1 Kategorie M

Motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob a malých břemen. Tato kategorie zahrnuje automobily, kterými lze převážet břemena v prostoru za sedáčkami posádky (automobily osobní kombi, MPV).

Vozidlo 1.



Obrázek 9 - Peugeot 307 1.6 16V

Objem motoru: 1587 cm³

Druh motoru: zážehový

Výkon: 80kW

Hmotnost 1425 kg

Rozměry: délka 4429 mm, šířka 1762 mm, výška 1560 mm

Rok výroby: 2005

Vozidlo 2.



Obrázek 10 - Ford Fiesta 1.4 TDCI

Objem motoru: 1399 cm³

Druh motoru: vznětový

Výkon: 51 kW

Hmotnost 1145 kg

Rozměry: délka 3920 mm, šířka 1690 mm, výška 1440 mm

Rok výroby: 2003

Vozidlo 3.



Obrázek 11 - Fiat Ducato Maxi 2.3 JTD

Objem motoru: 2286 cm³

Druh motoru: vznětový

Výkon: 81 kW

Hmotnost 1975 kg

Rozměry: délka 5998 mm, šířka 2050 mm, výška 2534 mm

Rok výroby: 2008

9.6.2 Kategorie T

Traktory zemědělské nebo lesnické (jsou mobilními energetickými zařízeními pro tlačení nebo tažení přípojných vozidel, které slouží pro dopravu nákladů).

Vozidlo 4.



Obrázek 12 - Zetor 6718

Objem motoru: 3456 cm³

Druh motoru: diesel

Výkon: 43 kW

Hmotnost 4640 kg

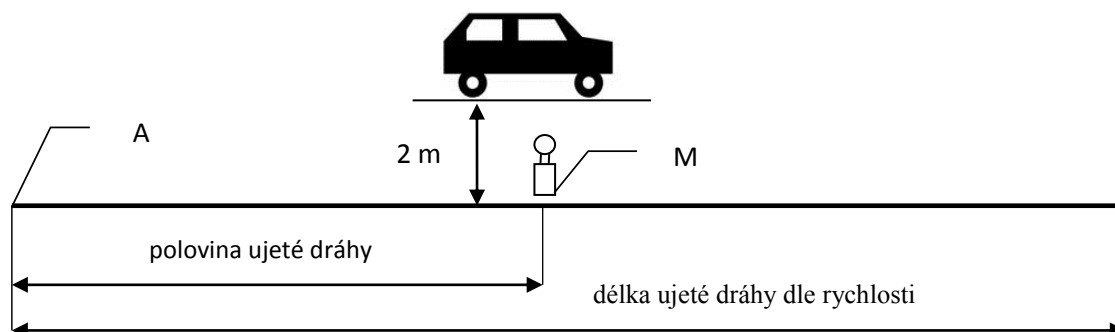
Rozměry: délka 3640 mm, šířka 1800 mm, výška 2595 mm

Rok výroby: 1974

10 Vlastní měření

Cílem této práce je provedení měření vlivu rychlosti mobilních energetických prostředků na hladinu akustického tlaku. Měření se prováděla na čtyřech mobilních zařízeních. Dvou osobních automobilech, traktoru a nákladním automobilem typu dodávka. Dopravní prostředky jsem zvolil na základě svých možností a metodiky měření. Samotné měření bylo provedeno na komunikaci třetí třídy v obci Libnič na předměstí Českých Budějovic a v ulici Slévárenská v Českých Budějovicích. Pro měření byl vybrán rovný úsek komunikace v délce cca 2 km. Přibližně v polovině této dráhy byl umístěn hlukoměr Voltcraft Plus SL-300. Přístroj byl při každém měření umístěn na stojanu ve výšce 1.5 m a 2 m od projíždějícího vozidla. Přístroj v intervalu 2 minut provedl cca 30 měření. Na závěr byly vypočítány ujeté dráhy mobilních prostředků při jednotlivých rychlostech, viz tabulka č. 4.

Měření u traktoru byla prováděna při rychlostech 5, 10, 15, 20, 25 km/hod. z důvodu omezené konstrukční rychlosti vozidla. Ostatní vozidla byla měřena při rychlostech 10, 20, 30, 40 a 50 km/h.



Legenda:

Bod A..... Start

Bod M.....Mikrofon

Obrázek 13 – Schéma měření

Tabulka 4

Ujeté dráhy vozidel

Rychlost [km/h]	5	10	15	20	25	30	40	50
Dráha [km]	0,165	0,330	0,495	0,660	0,825	0,990	1,320	1,650

10.2 Místa měření

Vlastní měření byla prováděna ve dnech od 9.11.2014 do 30.11.2014. na dopravních trasách v obcích České Budějovice a Libnič, resp. v jejich blízkém okolí. Zvolené lokality byly vybrány záměrně tak, aby bylo možné bez omezení dopravy provést potřebná měření a zjistit stav hlukového zatížení u jednotlivých dopravních prostředků.

10.2.1 Vybrané lokality

1. Lokalita Libnič, 49°1'18.383"N, 14°32'29.090"E



Obrázek 14 - Letecký pohled místa měření v Libnič
[Zdroj:mapy.cz]

V této lokalitě se provedla měření třech mobilních energetických prostředku. Dvou automobily a jednoho traktoru. Prostor na této komunikaci je otevřený a v době měření bez větší vegetace. Dopravní trasa je z převážné většiny využívána zemědělskými a osobními vozidly. Klimatické podmínky v době měření byly vyhovující s ohledem na stanovenou metodiku měření, viz tabulka 1 a 3. Povrch vozovky byl zpevněný. Rychlost jízdy vozidel na stanovené dráze se pohybovala od 10 do 50 km/h pro osobní automobily. Pro traktor se rychlosti pohybovali od 5 do 25 km/h.

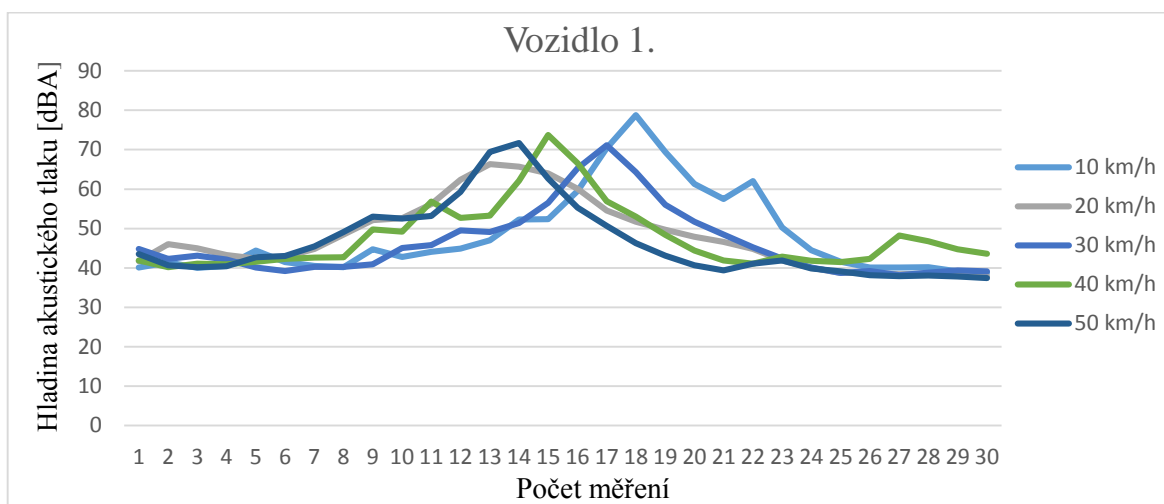
2. Lokalita České Budějovice, ulice Slévárenská, 48.9958856N, 14.5052256E



Obrázek 15 - Letecký pohled místa měření v ulici Slévárenská, České Budějovice
[Zdroj: mapy.cz]

V této lokalitě se provedlo měření jednoho mobilního energetického prostředku, a to skříňové dodávky. Prostor na této komunikaci je otevřený. Dopravní trasa je zpevněná, a z většiny případů využívána vozidly do přilehlých průmyslových objektů. Klimatické podmínky při měření byly vyhovující s ohledem na stanovenou metodiku měření, viz tabulka 2. Rychlost jízdy vozidla na stanovené dráze se pohyboval od 10 do 50 km/h.

10.2.2 Naměřené hodnoty

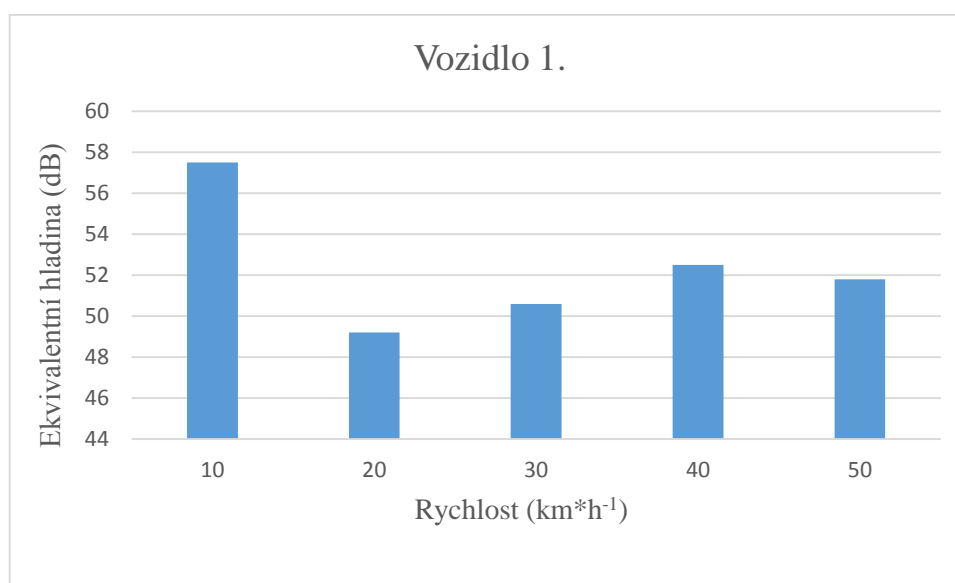


Graf 1 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě 1

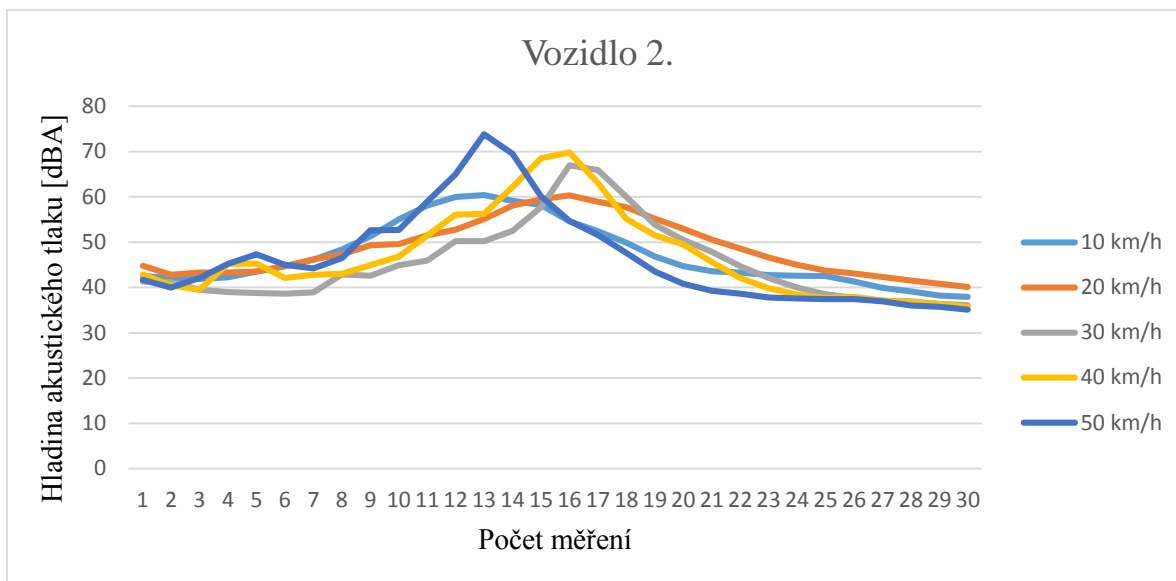
Tabulka 5

Naměřené hodnoty hluku pro vozidlo 1.

Rychlost [km/h]	Ekv. Hladina [dBA]	Min naměřená hodnota [dBA]	Max naměřená hodnota [dBA]
10	57,5	38,7	78,8
20	49,2	37,9	66,3
30	50,6	38,2	71,1
40	52,5	40,2	73,7
50	51,8	37,4	71,7



Graf 2 -Výpočet ekvivalentní hladiny u jednotlivých rychlostí

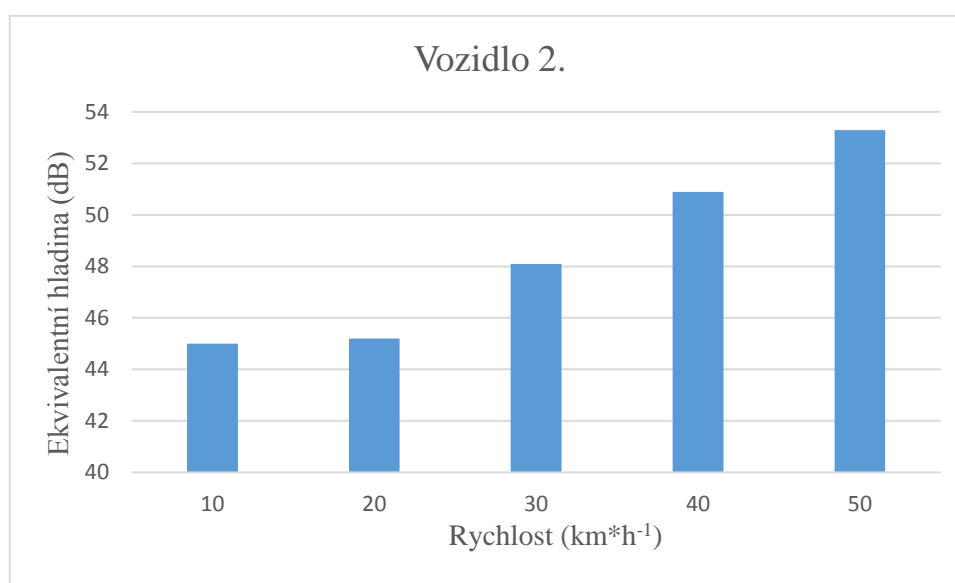


Graf 3 – Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě 1

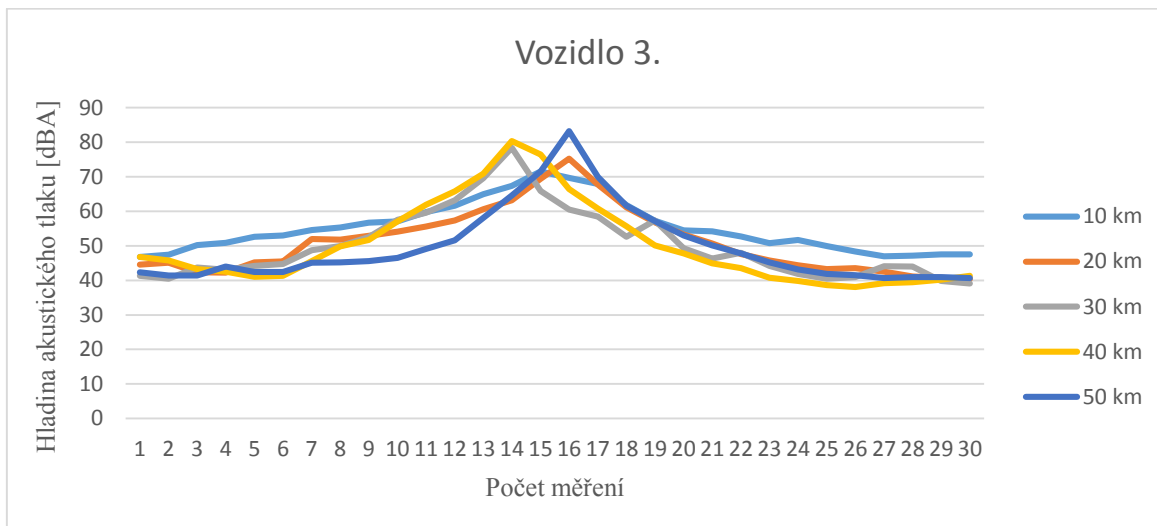
Tabulka 6

Naměřené hodnoty hluku pro vozidlo 2.

Rychlost [km/h]	Ekv. Hladina [dBA]	Min naměřená hodnota [dBA]	Max naměřená hodnota [dBA]
10	40	37,9	60,4
20	45,2	40,1	60,3
30	48,1	36,1	67
40	50,9	35,7	69,8
50	53,3	35,1	73,6



Graf 4 - Výpočet ekvivalentní hladiny u jednotlivých rychlostí

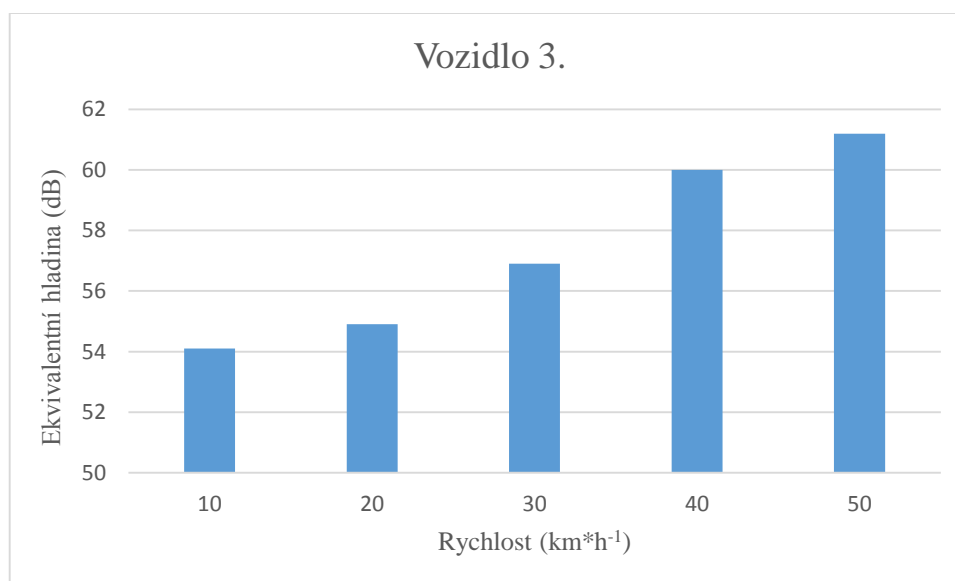


Graf 5 - Naměřené hodnoty hluku v měřicím místě 1.

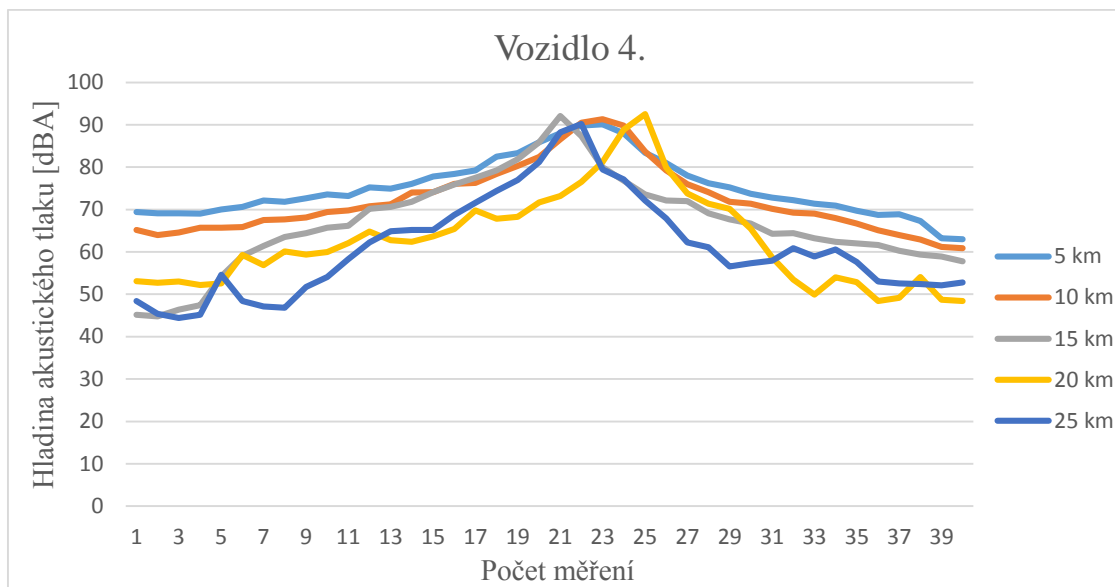
Tabulka 8

Naměřené hodnoty hluku pro vozidlo 3.

Rychlost [km/h]	Ekv. Hladina [dBA]	Min naměřená hodnota [dBA]	Max naměřená hodnota [dBA]
10	54,1	42	71,5
20	54,9	40,8	75,3
30	56,9	40,5	78,4
40	60	38,1	80,4
50	61,2	40,7	83,3



Graf 6 - Výpočet ekvivalentní hladiny u jednotlivých rychlostí

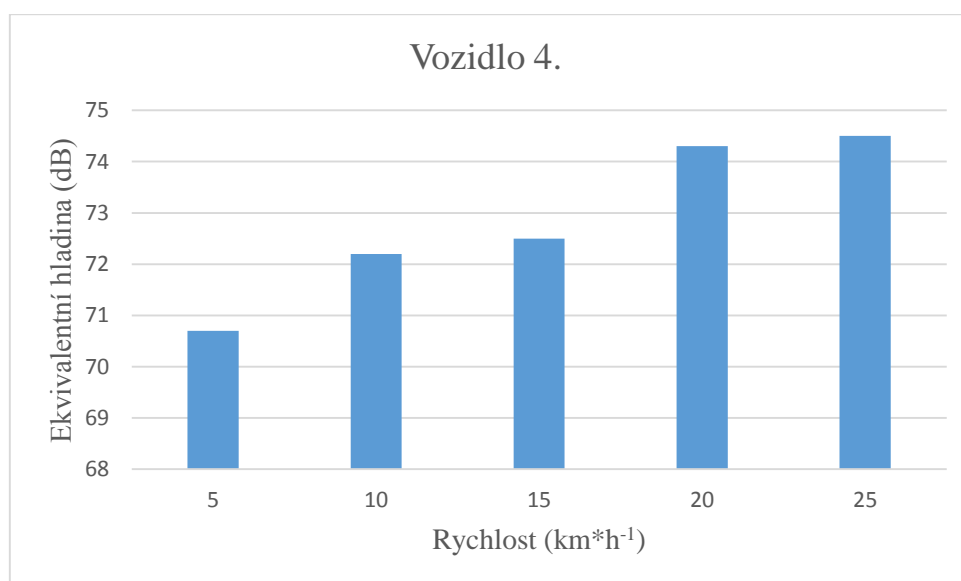


Graf 7 - Naměřené hodnoty hluku v měřícím místě 1

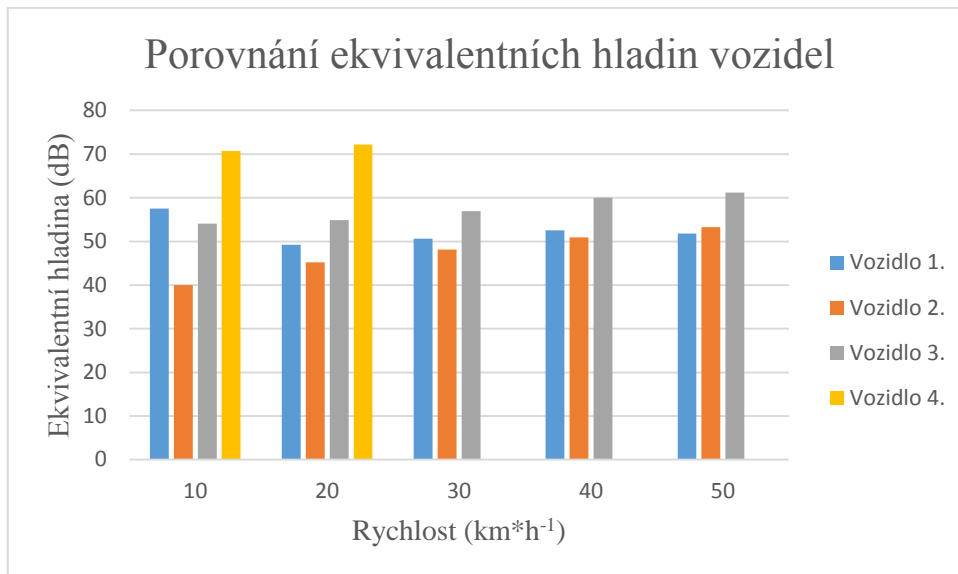
Tabulka 9

Naměřené hodnoty hluku pro vozidlo 4.

Rychlost [km/h]	Ekv. Hladina [dBA]	Min naměřená hodnota [dBA]	Max naměřená hodnota [dBA]
5	70,7	48,9	90,1
10	72,2	45,9	91,3
15	72,5	44,8	92,1
20	74,3	48,4	92,5
25	74,5	44,4	90,2



Graf 8 - Výpočet ekvivalentní hladiny u jednotlivých rychlostí



Graf 9 – Výsledný graf ekvivalentních hladin prostředků u jednotlivých rychlostí

V grafu 9. nejsou uvedeny ekvivalentní hladiny akustického tlaku traktoru při rychlostech nad 20 km/h z důvodu konstrukční rychlosti omezené na 25 km/h.

11 Výsledky a diskuze

V této kapitole uvádím stručné vyhodnocení provedených měření u čtyřech dopravních energetických prostředků. Měření hlukové zátěže pro osobní automobily bylo provedeno při rychlostech 10 až 50 km/h. U traktoru, kde byla konstrukční rychlost omezena na 25 km/h, byly rychlosti zvoleny v rozmezí od 5 do 25 km/h. Celkem bylo naměřeno 20 hodnot. Tématem této kapitoly bude komparace naměřených údajů s hygienickou normou č.272/2011. Bude uveden dopad dlouhodobého působení průměrného akustického hluku na lidský organismus, vyplývající z aktuálních výzkumů.

U vozidla č. 1, které představoval vůz značky Peugeot 307 sw byly ekvivalentní hladiny hluku ve třech případech v normě. Při rychlosti 10 km/hod byla ekvivalentní hladina hluku 57,5 dB. To je o 2,5 dB nad rámec povoleného limitu. Překročení hladiny v tak nízké rychlosti připisují technickému stavu vozidla, drobné disproporci na karoserii vozidla.

Vozidlo značky Ford Fiesta 1.4 TDCI, uváděné jako vozidlo č.2. Jeho ekvivalentní hladiny nepřesahovaly maximální povolený limit, pohybovaly se v normě. Jeho maximální naměřená hladina hluku byla 52,3 dB a to při rychlosti 50 km/h.

Vozidlo č. 3, značka Fiat Ducato Maxi 2.3 JTD překračovalo povolený limit pro venkovní hluk ve třech případech. A to při rychlostech 30 km/h, kdy ekvivalentní hladina hluku dosahovala 56,9 dB a o 1,9dB přesahovala povolený limit; dále při rychlosti 40 km/h, ekvivalentní hladina dosáhla úrovně 60 dB, to je o 5 dB nad povolený limit, a při rychlosti 50 km/h, kdy ekvivalentní hladina byla 61,2 dB, o 6,2 dB nad povolený limit.

Jako poslední vozidlo při měření byl použit traktor, značka Zetor 6718 rok výroby 1974. V práci uváděn jako vozidlo č. 4. Toto vozidlo překračovalo ekvivalentní hladiny akustického hluku ve všech pěti zvolených rychlostech. Při rychlostech od 5 do 25 km/h, byla ekvivalentní hladina hluku v průměru 72,8 dB.

Vezmeme-li v úvahu průměrné stáří vozového parku v České republice k 31.12.2014, které pro autobusy představovalo 14,85 roku, pro užitková vozidla 12,5 roku, traktory 9,5 roku a osobní vozidla 14,49 roku, můžeme říci, že vybraný vzorek dopravních energetických prostředků odpovídá struktuře dopravních prostředků pohybujících se na našich silnicích.

S jakými hlukovými zátěžemi se můžeme setkat uvádí následující tabulka.

Tabulka 10

Příklady hladin hluku

0 dB	práh vnímání zvuků a bezzvukovost – nejslabší zvuk, který slyší lidské ucho
20 dB	šeptaný hlas, zvuky v tiché knihovně
30 dB	zahrady, tichá obydlí
40 dB	tiché kanceláře
50 dB	normální hovor, tiše jedoucí automobil, tiché ulice
60 dB	středně hlučné ulice, šicí stroj, zvuky psacího stroje
70 dB	statické (nehybné) stroje
80 dB	auta, motocykly, hlučné ulice, posluchačem vnímaný zvuk orchestru, křik
90 dB	hlučné křižovatky, pneumatická vrtačka, sekačka na trávu – maximálně 8 hodin denně bez následků na sluch
100 dB	v blízkosti vlaků, těžkých nákladních aut, lanovek, řetězová pila – maximálně 2 hodiny denně bez ochrany sluchu
110 dB	přádelny, hlučné dílny, uvnitř velkého orchestru, klakson auta – maximálně 15 minut denně bez ochrany a bez rizika poškození sluchu
120 dB	válčovací stolice, buchary, velmi hlučné dílny, nízko přeletující letadla, rachot hromu
130 dB	kotlářny apod., ale i vypouštění páry a plynů pod tlakem
140 dB	proudová letadla, některé sirény, např. sirény námořních lodí, střelné zbraně, petardy zábavné pyrotechniky - tento hluk už způsobuje bolest a i krátká expozice může vážně poškodit sluch
150 dB	některé sopečné výbuchy
160 dB	start kosmických lodí (až 200 dB)

Tabulka 11

Základní limity pro venkovní hluk

venkovní hluk	den (6:00-22:00)	noc (22:00-6:00)
základní limit – pro hluk jiný, než z dopravy	50 dB	40 dB
pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
pro hluk ze železniční dopravy	55 dB	50 dB
pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
pro hluk v ochranných pásmech drah	60 dB	55 dB
pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

Tabulka 12

Limitní hodnoty komunálního hluku v různých prostředích - výběr

Specifické prostředí	Kritické zdravotní vlivy	L _{Amin} (dB)	Časový základ (hod)	L _{Amax} (dB)
Venkovní obytná oblast	Vážná rozmrzelost, denní doba a večer	55	16	-
	Mírná rozmrzelost, denní doba a večer	50	16	-
Bytová jednotka, vnitřní prostředí, ložnice	Srozumitelnost řeči a mírná rozmrzelost, denní doba a večer, rušení spánku, noc	35 30	16 8	45
	Rušení spánku, otevřené okno, (venkovní hodnoty)	45	8	60
Školní třídy, předškolní zařízení, uvnitř	Srozumitelnost řeči, rušení při získávání informací, komunikace	35	během výuky	-
Ložnice v předškolních zařízení, uvnitř	Rušení spánku	30	během spánku	45
Školy, hřiště, venkovní prostředí	Rozmrzelost vnější zdroj	55	během hry	-
Nemocniční pokoj, uvnitř	Rušení spánku noc	30	16	40
	Rušení spánku den a večer	30	8	-
Nemocnice – ošetrovny uvnitř	Rušení odpočinku, léčení, zotavení	-		-
Průmyslové, obchodní a dopravní oblasti uvnitř i venku	Poškození sluchu	70	24	110
Veřejné prostory uvnitř i venku	Poškození sluchu	85	1	110

Místo, kde probíhalo měření nebylo uzavřeno zástavbou, pole byla ve vegetačním klidu. Výsledky nebyly „zkresleny“ odražením hluku od zástavby ani pohlcením okolní vegetací.

Výsledky provedeného měření ukázaly překračování povolených hlukových limitů na nepatrném vzorku dopravních energetických prostředků již při rychlostech do 50 km/h. Můžeme předpokládat, že zvolené dopravní prostředky stářím i technickým stavem odpovídají struktuře dopravních prostředků pohybujících se denně na našich komunikacích.

Z naměřených hodnot je patrné zvyšování akustického hluku v závislosti na zvyšování rychlosti. Škoda, že nebyla možnost změřit hlukové zatížení i při vyšších rychlostech a výrazněji prokázat zvyšování této hladiny.

11.1 Opatření na optimální provozní rychlosti mobilních prostředků

Snížení rychlosti jízdy

Z hlediska nákladů nejsnazší a nepopulární opatření. Je účinný, pohybuje ji se dopravní proud vyššími rychlostmi. Předpokládá se za každých 10 km/hod snížení rychlosti pokles hluchnosti o 2 dB. Nevýhodou tohoto opatření je skutečnost, že jej řidiči často porušují.

Pomalá jízda uvnitř obytného území

V mnoha zemích evropské unie se provádějí opatření, aby v obytných čtvrtích a na ulicích, které jsou využívány dopravní obsluhou, se jezdilo rychlostí, nepřevyšující 30 km/h. Důvodem je zabránit průjezdům cizích automobilů obytnými čtvrtěmi a vyhýbat se světelným křižovatkám. Dochází pak k celkovému zklidnění dopravy v daném území a zvýšení bezpečnosti pro chodce, cyklisty. Samozřejmostí je snížení emisí škodlivin například prašnosti a hluchnosti od projíždějících vozidel. Instalací retardéru, zúžením vozovky, vybudováním ostrůvků přinutí i neukázněné řidiče ke snížení rychlosti.

Zelená vlna

Do zelené vlny se vkládaly naděje na docílení plynulé jízdy bez brzdění a zrychlování, a s tím spojené naděje na snížení a udržení nízké úrovně hluku. Po vyhodnocení některých případů ani na dlouhé ulici, se synchronizací světelného řízení, však skutečný účinek nepřesáhl jeden decibel.

Zákaz vjezdu těžkých vozidel

Jeví se jako účinné opatření. Ze studií však vyplývá, kdyby se ze smíšeného provozu vyloučila všechna nákladní a těžká vozidla, je možné počítat s výrazným poklesem hluku v dané lokalitě a to o 10 decibelů. Daný zákaz by bylo nutné dodržovat. Ale pokud je komunikace využívána například městskou autobusovou dopravou, může být toto opatření znehodnoceno.

Úprava povrchu vozovky

Na různých površích vozovky produkuje stejná doprava podstatně rozdílný hluk. Z vlastní zkušenosti mohu porovnat hluk vozidla na dlážděné komunikaci a na stejné s asfaltovým povrchem, kdy rozdíl může za jistých podmínek činit i více než 10 dB. Rozdíl se snižuje, když se zmenšuje jízdní rychlost a podíl nákladních aut.

V praxi to znamená, že pro městské ulice je z hlediska hluku nejlepší rovný nepoškozený asfaltový povrch. Byly konány pokusy se speciálními zvuk pohlcujícími povrchy pro městské ulice. Při zkouškách byl prokazován dobrý účinek, ale do praxe se nové vozovky neprosadily pro malou trvanlivost a náročnou údržbu.

Protihlukové bariéry

Mezi rušnou komunikací a budovami nebo územím, vyžadující ochranu před hlukem, je možno postavit překážku, která brání volnému šíření zvukových vln. Může to být prkenný plot, keramická stěna, zeď, zemní val, budova, která nepotřebuje, aby byla chráněna před hlukem apod.

Očekávaný účinek překážky je možno vcelku velmi přesně stanovit výpočtem. Překážka omezí šíření hluku tím účinněji, čím je blíže u zdroje, čím je vyšší a čím blíže na opačné straně se nachází chráněné místo. Záleží na kmitočtovém složení hluku (nízké frekvence se tlumí hůře v důsledku ohybu delších zvukových vln).

V praxi je to jinak: zeď nemůže být příliš blízko u vozovky z bezpečnostních příčin a může mít jen "rozumnou" výšku, tak, aby odolala větru a byla přijatelná esteticky. Proto se zdi málokdy navrhnou vyšší než 2,5 až 4,5 m. Teoreticky může překážka snížit hluk o 15 a více decibelů. V praxi je to realizovatelné výstavbou budov – bariér. U běžných protihlukových zdí jsou efektivní účinky podstatně menší. Tam, kde se v projektu objeví hodnoty okolo 10 – 12 dB, je vhodné zařídit, aby se k výpočtu vyslovil nezávislý odborník.

[17]

Obchvat

Jde o odvedení dopravy, která doposud procházela městem na komunikaci, která se městu vyhýbá a prochází ve vhodném odstupu od okraje jeho území, takže nebude budoucím rozvojem města pohlcena a překročena. Stává se, že se za obchvat vydává řešení, které přeloží dopravu, procházející jádrem města, do jehož historických ulic se nemůže vejít, na okruh, tvořený ulicemi novějších částí města.

[18]

Po zlikvidování zeleně a zúžení chodníků je možno zřídit čtyři jízdní pruhy a auta mají kde jezdit. Technokrat je spokojen, ale okruh vede zástavbou s vícepodlažními domy. Hladiny hluku jsou mnohdy stejně vysoké jako na původním průjezdu centrem, a tak je nyní hlukem postiženo mnohem více občanů. Obchvat je zpravidla průjezdní dopravou využíván, protože umožní plynulejší a rychlejší jízdu. Není-li spontánní motivace k využívání obchvatu dostatečná, je třeba použití vynutit dopravním značením nebo i záměrným zhoršením průjezdnosti města.

[19]

12 Závěr

Hlukové znečištění se často ignoruje a není považováno za důležité. Opak je však pravdou. V předchozích kapitolách byl popsán vliv hluku na zdraví člověka. Jsme svědky zvýšeného počtu nespecifických psychických onemocnění, jako jsou stresy a neurózy. Nebezpečí zde spočívá ve faktu, že totiž hluk mnohdy ani nevnímáme jako škodlivinu, a přesto s velkým časovým odstupem - po několika letech - onemocníme chorobou, jejíž příčinou je právě hluk. Samozřejmě nadměrný hluk při vysokých expozicích může vést k okamžitým poruchám sluchu, což však není případ typický pro komunální, ale spíše pro pracovní prostředí

Při sledování prognóz vývoje dopravy, kdy se očekává spíše zvýšení přepravy zboží po silnicích a kdy obnova vozového parku bude postupovat stejným tempem, bude ochrana proti hluku nadále aktuálním tématem, které bude zaměstnávat politiky i správce našich měst.

Důkazem jsou první realizována opatření na snížení hladiny zvuku viz pražský okruh, kde byla snížena rychlost na 50 km/h. Protihlukové stěny lemující rychlostní komunikace a dálnice vedoucí v těsné blízkosti obytné zástavby se stávají součástí projektové dokumentace a architekti jimi tvoří novou architektonickou tvář krajiny.

V práci byl na konkrétních měřeních prokázán vliv rychlosti na hladinu akustického tlaku a porovnáním s Nařízením vlády č.272/2011. Ochrana proti nadměrnému hluku, součástí našeho životního prostředí se stává globálním problémem naší planety. Jsme jedním z mála států ve světě, který má ochranu životního prostředí zakotvenou v ústavě.

Proti nadměrnému hluku je potřeba bojovat. Přesto, že jej nevidíme, ovlivňuje naše zdraví, pracovní výkonnost a náladu. Je potřeba se neustále snažit o zpřísnování hlukových limitů, dodržování legislativně stanovených pravidel, která v důsledku budou zlepšovat naše životní prostředí.

13 Použitá literatura

- [1] LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia : Mechanické kmitání a vlnění*. Praha : Prometheus, 2010. 132 s. ISBN 978-80-7196-387-5.
- [3] BERNAT, Petr; ZACHARSKI, Konrad. *Akustika, vznik a šíření zvuku....* [online]. 2001 [cit. 2011-03-13]. Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu. Dostupné z WWW: <http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm>.
- [4] MADVEDCOVÁ, Ivana. *Greif.cz* [online]. 23.2.2009 [cit. 2011-03-13]. Základy akustiky. Dostupné z WWW: <<http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>>.
- [5] *Analýza a rozbor audio formát*. Praha, 2012. Dostupné z: http://is.bivs.cz/th/6500/bivs_b/Bakalarska_prace_sytsy.pdf. Bakalářská práce. Bankovní institut vysoká škola, Katedra matematiky, statistiky a informačních technologií. Vedoucí práce Ing. Bohuslav Růžička, CS c.
- [6] LEPIL, Oldřich ; BEDNAŘÍK, Milan; HÝBLOVÁ, Radmila. *Fyzika pro střední školy*. Praha : Prometheus, 2003. 311 s. ISBN 80-7196-185-X.
- [7] *Szu.cz* [online]. Kolektiv pracovníků SZÚ, 2000 [cit. 2011-03-13]. Zdroje hluku a jeho měření. Dostupné z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdroje-hluku-a-jeho-mereni>>.
- [8] LIBERKO, Miloš. *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004. 25 s.
- [9] HLAVŇA, V. a kol *Dopravní prostředek a životní prostředí*. Žilina: Ediční středisko VŠDS, 1996. 215 s.
- [10] Česká republika. Nařízení č. 148/2006 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2006, částka 51, s. 1842.

[11] Decibel. In *Navajo* [online]. [s.l.] : [s.n.], 1999 [cit. 2011-03-25]. Dostupné z WWW: <<http://decibel.navajo.cz/>>.

[12] *Ecophon.com* [online]. c2002-2009 [cit. 2011-03-13]. Akustický tlak a decibely. Dostupné z WWW: <<http://www.ecophon.com/cz/Akustika/ Uivatel/Akustikazvuk-e-a-slyitelnost/Akusticky-tlak-a-decibely/>>.

[13] PLISKA, Vojtěch ; HLAVIČKA, Alois; KUBÍČEK, Zbyněk. Přehled nejdůležitějších fyzikálních veličin a jednotek. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1966. 82 s. ISBN 17-210-66.

[14] SMETANA, Ctirad, et al. *Hluk a vibrace : Měření a hodnocení*. 1.vydání. Praha : Sdělovací technika, 1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.

[15] NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2009, 393 s. ISBN 978-80-01-04847-9.

[16] Ministerstvo zdravotnictví – hlavní hygienik české republiky. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí. Dostupné z: http://apps.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/hluk_v_mimoprac_prostredi.pdf

[17] KAŇKA, J. *Akustika v architektuře*. Praha: ČVUT, 1994

[18] HAVRÁNEK, J. a kol. *Hluk a zdraví*. Praha: Avicenum, 1990

[19] HAVRÁNEK, Jiří. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. Praha: 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy, Úplný text je v časopise Veřejná správa č.9/2001. ©2001 [cit. 2001-09-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.mvcr.cz/casopisy/s/2001/0009/9konz.html>>.

Internetové zdroje

[20] Sbírka zákonů č.272/2011 Sb. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Dostupné z: <http://www.nrl.cz/legislativa/narizeni-272-2011.pdf>