

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

VÝSKYT A PŮSOBENÍ ŠKODLIVÝCH AUDIOSIGNÁLŮ V ŽIVOTNÍM
PROSTŘEDÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

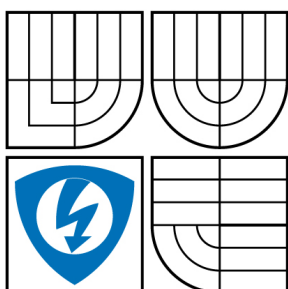
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL RENZA

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

VÝSKYT A PŮSOBENÍ ŠKODLIVÝCH AUDIOSIGNÁLŮ V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

PRESENCE AND ACTION OF NEGATIVE AUDIO SIGNALS IN ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

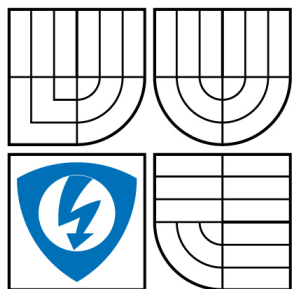
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL RENZA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MILAN SIGMUND, CSc.

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Elektronika a sdělovací technika

Student: Renza Pavel

ID: 16427

Ročník: 3

Akademický rok: 2007/2008

NÁZEV TÉMATU:

Výskyt a působení škodlivých audiosignálů v životním prostředí

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s výskytem škodlivých audiosignálů v běžném životním prostředí a metodami jejich měření. Vypracujte přehledovou studii základní literatury (včetně norem) pojednávající o této problematice. Popište vybrané škodlivé signály a způsob jejich vzniku. Samostatně zaznamenejte vybrané audiosignály v běžném prostředí (domácnost, pracoviště, město,...). Vytvořte program na analýzu škodlivých audiosignálů metodami DSP.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] ŠEBESTA, V. Systémy, procesy a signály. Skriptum FEI VUT v Brně. Brno: VUTIUM, 2001.

[2] JAN, J. Číslíková filtrace, analýza a restaurace signálů. Brno: VUTIUM, 2002.

Termín zadání: 11.2.2008

Termín odevzdání: 6.6.2008

Vedoucí práce: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Pavel Renza
Bytem: Husova 181, 56002, Česká Třebová - Parník
Narozen/a (datum a místo): 4.1.1981, Ústí nad Orlicí

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 244/53, 60200 Brno 2
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☐ diplomová práce
- ☒ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Výskyt a působení škodlivých audiosignálů v životním prostředí

Vedoucí/školicel VŠKP: prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☒ tištěné formě - počet exemplářů 1
- ☒ elektronické formě - počet exemplářů 1

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užívat, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Anotace:

Práce pojednává o vlivech a působení škodlivých audiosignálů v životním prostředí a o vlivu těchto signálů na psychiku a fyziologii člověka. Zabývá se vznikem těchto audiosignálů a ochranou před škodlivým působením. Práce obsahuje přehledovou studii norem a základní literatury. Vybrané audiosignály jsou prezentovány pomocí programu na analýzu škodlivých audiosignálů.

Anotace - anglicky:

The thesis deals with negative influences of audio signals in the environment and the impact of the signals on human in psychological and physiological point of view. The origins of such audio signals as well as protection from their negative effects are considered. The thesis includes an overview study of standards and basic literature. Selected audio signals are presented using a program for negative audio signal analysis.

Klíčová slova:

Akustika, audiosignál, hluk, normy, zvuk.

Klíčová slova - anglicky:

Acoustics, audio - signal, noise, standards, sound.

Bibliografická citace mé práce:

RENZA, P. *Výskyt a působení škodlivých audiosignálů v životním prostředí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 34 s. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Milan Sigmund, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Výskyt a působení škodlivých audiosignálů v životním prostředí jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 6. června 2008

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Milanu Sigmundovi, CSc. za účinnou metodu, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 6. června 2008

.....
podpis autora

Obsah

I.	Úvod do problematiky.....	- 1 -
a)	Audiosignály	- 1 -
b)	Lidský sluch	- 1 -
c)	Vlastnosti zvuku	- 3 -
II.	Působení škodlivých audiosignálů na člověka	- 4 -
a)	Fyziologická akustika	- 4 -
b)	Škodlivý vliv na člověka	- 4 -
c)	Účinky na psychiku člověka	- 6 -
d)	Maskování	- 8 -
e)	Ochrana před škodlivým hlukem	- 9 -
f)	Prostředky pro snižování hluku	- 10 -
III.	Vznik a výskyt hluku v životním prostředí.....	- 11 -
a)	Rozdělení prostředí a zdroje hluku	- 11 -
b)	Hlukové mapy	- 12 -
c)	Výskyt v přírodě.....	- 14 -
d)	Hluk v dopravě.....	- 14 -
IV.	Zákony a nařízení vlády	- 16 -
V.	Přehledová studie knih a zdrojů	- 19 -
a)	Přehled norem zabývající se hlukem a akustikou	- 19 -
b)	Přehled literatury zabývající se hlukem a akustikou	- 23 -
VI.	Metody měření	- 24 -
a)	Zvukoměry a hlukoměry	- 24 -
b)	Vyhodnocování hluku	- 25 -
VII.	Zpracování zaznamenaných audiosignálů.....	- 27 -
a)	Úvod do měření audiosignálu.....	- 27 -
b)	Popis programu – návod na použití.....	- 27 -
VIII.	Popis naměřených a zpracovaných audiosignálů.....	- 29 -
a)	Hluky v domácnosti	- 29 -
b)	Zvuky z pracovního prostředí	- 29 -
c)	Dopravní zvuky	- 30 -
d)	Ostatní hluky a zvuky v prostředí	- 30 -
e)	Hluky ze stavebních činností	- 31 -
f)	Kontrola funkčnosti programu	- 32 -
IX.	Závěr	- 32 -
X.	Seznam použité literatury a informačních zdrojů	- 33 -

Seznam obrázků

Obrázek č.1 [1]: Vymezení oblasti možného slyšení.....	- 2 -
Obrázek č.2 [10]: Maskovací účinek úzkopásmového zvuku.....	- 9 -
Obrázek č.3. [20]: Strategická hluková mapa aglomerace Brno, den – večer – noc.....	- 12 -
Obrázek č.4. [20]: Strategická hluková mapa aglomerace Brno, noc.....	- 13 -
Obrázek č.5. [20] : Hodnoty hlukového ukazatele.....	- 13 -
Obrázek č.6. : Průběh hluku působícího na člověka ve vlakovém kupé.....	- 15 -
Obrázek č.7. [3] : Blokové schéma zvukoměru.....	- 24 -
Obrázek č.8. : Zobrazení grafické podoby programu.....	- 28 -
Obrázek č.9.: Záznamy hluku v domácnosti.....	- 29 -
Obrázek č.10.: Průběh zvukového signálu z pracoviště ultrazvukového sváření.....	- 29 -
Obrázek č.11.: Průběh hluku v blízkosti rušné automobilové křižovatky.....	- 30 -
Obrázek č. 12.: Průběhy zvuku v prostředí.....	- 31 -
Obrázek č. 13.: Průběh hluku při stavebních činnostech.....	- 31 -
Obrázek č. 14.: Průběh signálu z tónového sinusového generátoru o frekvenci 1 kHz.....	- 32 -

Seznam tabulek

Tabulka č.1 [12]: Korekce pro stanovení hygienický limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru pro hluk ze stavebních činností.....	- 16 -
Tabulka č.2 [12]: Korekce pro stanovení hygienický limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb.....	- 17 -
Tabulka č.3 [13], [25]: Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v pracovním prostředí. Korekce na druh činnosti.....	- 18 -
Tabulka č.4 [13]: Korekce na druh vykonávané činnosti při expozici infrazvuku a nízkofrekvenčního hluku.....	- 18 -

I. Úvod do problematiky

a) Audiosignály

Audiosignály nás odklopují každý den, neustále v každém okamžiku našeho života, lze sice před nimi uniknout, ale jen na krátký čas, a navíc se tím dostáváme do určité izolace vůči okolí. Člověk je často audiosignály upozorňován na nebezpečí, které mu bezprostředně hrozí, například pomocí hluku rychle přijíždějícího automobilu nebo upozorněním na nebezpečí křikem od jiných lidí. Naše tělo a zvláště sluchové orgány jsou uzpůsobeny přijímat audiosignály v rozmezí 20 až 20 000 Hz, to ale neznamená že nás neovlivňují i jiné audiosignály. V pásmu pod 20 Hz je to infrazvuk a v pásmu nad 20 kHz je to ultrazvuk [1].

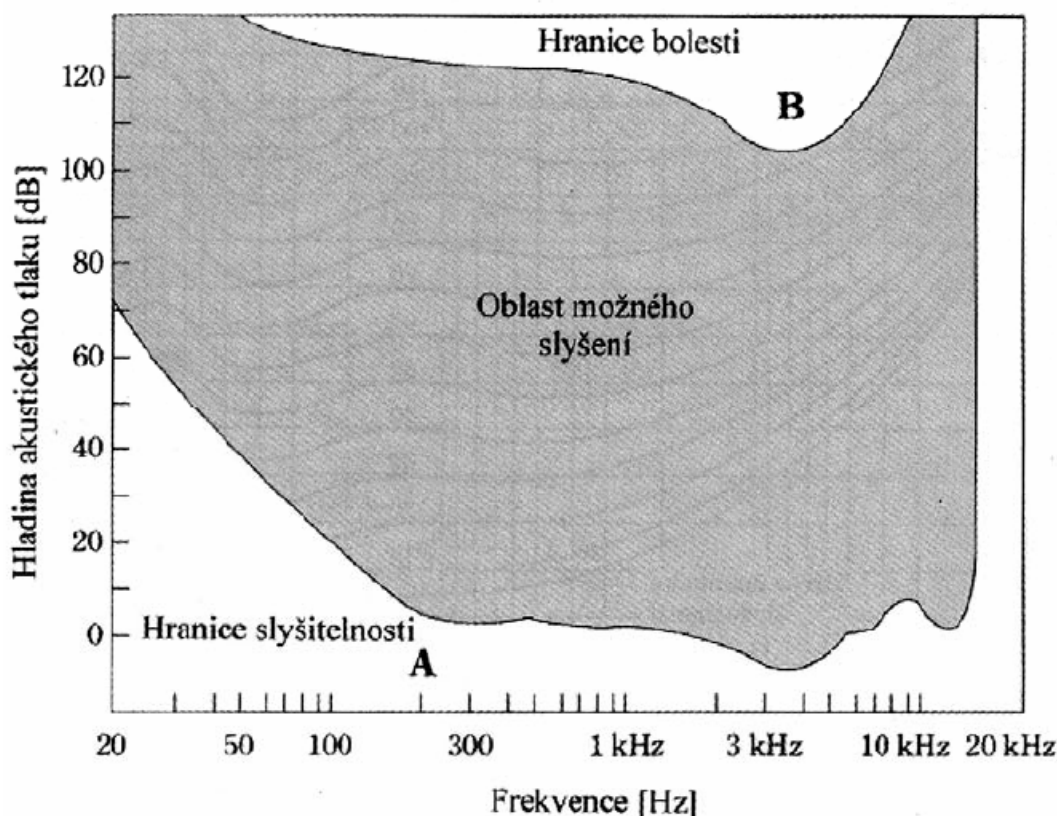
Jak ale správně definovat audiosignál? Je to jakýkoliv zvukový signál, který jsme a nebo nejsme schopni vnímat. Zvuk vzniká ve zdroji zvuku, to může být každé chvějící se pružné těleso, které kmitá vlastními kmity a nebo vynucenými kmity, jako jsou například elektromagnetické akustické měniče. Svým pohybem se mechanické chvění přenáší do okolního prostředí, ve kterém se šíří pomocí zvukové vlnění. Prostředím bývá nejčastěji vzduch, ale zvuk se šíří i kapalinami, nejčastěji vodou, a dále i pevnými předměty, například stěnami domu. Obecně tedy zvuk vzniká ve zdroji, šíří se ve hmotném prostředí a zpracovává se v přijímači, ať se již jedná o lidské ucho, mikrofon nebo jiné elektromechanické snímače.

Ze zdroje zvuku se mohou šířit různé zvuky, základní dělení je na periodické a neperiodické. Periodické zvuky vnímáme jako hudební tóny, které vznikají při pravidelném, v čase periodickém, kmitání zdroje zvuku (hudební nástroj). Lidské ucho je vnímá jako zvuky o určité výšce, a proto se využívají v hudbě. Tyto hudební tóny vznikají za pomoci lidských hlasivek nebo za pomoci hudebních nástrojů, kam se ale nepočítají bicí nástroje, které produkují neperiodický zvuk. Mezi periodické zvuky řadíme také samohlásky řeči. Další druhy zvuku jsou neperiodické signály, které označujeme jako hluk a těmito signály se v této práci budeme více zabývat. Jde o nepravidelné vlnění, které vzniká za pomoci nepravidelného a mnohdy složitého kmitání těles, případně o krátké nepravidelné vlnění, většinou o velké intenzitě. Sem patří různé srážky, třesky a výbuchy. Mezi neperiodické, tedy neopakující se signály řadíme taktéž souhlásky v mluvené řeči.

Pomocí fyzikální intenzity určujeme veličinu, která se označuje jako hladina intenzity zvuku a je měřená v decibelech (dB) a fyziologickou hladinou její hlasitosti. Další důležité parametry jsou frekvence, která určuje výšku a průběh kmitání, který ovlivňuje zabarvení daného audiosignálu.

b) Lidský sluch

Náš sluch si dokáže mezi periodickými a neperiodickými zvukovými signály vybírat ty důležité, tedy ty periodické, jako například řeč, hudbu, příjemné zvuky z přírody, zpěvy ptáku a zvuky zvířat. Tyto audiosignály působí na člověka příjemně, ale na druhou stranu změt' rušivých hluků zase může působit škodlivě na člověka a jeho sluchový orgán a při velké intenzitě jej může poškodit. Lidské ucho si nevšimne změn tlaku o velikosti 95 – 100 kPa [1], které často způsobují změny počasí a atmosférického tlaku, ale změn malých a dostatečně rychlých, někde kolem jednotek pascalu, si všimne. Proto lidský sluch zaznamená signály v rozsahu kmitočtu 20 až 20 000 Hz jen pokud mají intenzitu, resp. akustický tlak přesahující prahovou hodnotu.



Obrázek č.1 [1]: Vymezení oblasti možného slyšení.

Na obrázku č.1 je dobře vidět oblast možného slyšení. Nezáleží pouze na frekvenci, ale také na hladině akustického tlaku. Oblast je zdola ohraničena křivkou prahu slyšitelnosti a shora křivkou prahu bolesti. V grafu je možný posun křivek v důsledku věku a zdraví člověka. V oblasti kolem 3,5 kHz je lidské ucho nejvíce citlivé. V této oblasti nejlépe slyší signály, ale zase je zde nižší práh bolesti. Nejvyšší informační hodnota řeči je přenášena v pásmu 0,5 až 2 KHz. Mezi další vlastnosti lidského ucha patří jeho dynamický rozsah slyšitelnosti, rozdíl mezi nejhlasitějším signálem, který je ještě schopno vnímat a tím nejtisším signálem, u kterého je ještě schopno rozpoznat a rozumět. U zdravého člověka je tento rozsah přibližně 120 dB [2]. Rozlišování frekvence u slyšitelných signálů je závislé na každém jedinci, zda a jak je vůbec schopen rozlišovat tóny. Tato schopnost je velice závislá na frekvenci a přibližně v polovině slyšitelného frekvenčního pásma je schopnost rozlišovat změnu frekvence signálu nejlepší, naopak na okrajích pásma zase nejhorší.

V oblasti možného slyšení se vyskytuje část, která je ohraničena oblastí řeči a hudby, dále se v grafu vyskytují křivky stejné hlasitosti, které jsou normalizovány pro potřeby hodnocení. Pokud se signál pohybuje po křivce stejné hlasitosti, tak se se změnou frekvence mění i velikost akustického tlaku a to tak, že člověk vnímá signál o stejné intenzitě. Dále se v grafu kolem hodnoty 120 dB [3] vyskytuje tzv. hmatový práh, to je oblast, kde již člověk cítí zvuk na těle jako vibrace v důsledku pohybu vzduchu, toto je nejzřetelnější, pokud je člověk v blízkosti basových reproduktorů při hudební produkci.

Lidský sluchový orgán se skládá z vnějšího, středního a vnitřního ucha. Vnější ucho je složené z boltce a zvukovodu. Na rozdíl od zvířat není lidské ucho pohyblivé, a tak pro lepší příjem zvukového signálu a pro upřesnění, z jakého směru se zvuk blíží, používá člověk pohyby hlavou. Ne zcela rovný zvukovod je ukončen bubínkem, za kterým je střední ucho složené ze tří kůstek: kladívka, třmínku a kovádlíky. Dále jsou zde i dva malé svaly: napínač bubínku a třmínkový sval. Tyto svaly slouží k ochraně vnitřního ucha při přílišném hluku.

Tyto svaly se reflexivně stahují při překročení hladiny přibližně 70 dB, musí se ale jednat o shlukl trvající déle než 30 ms [3]. Střední ucho převádí kmity zvukového vlnění ze vzduchu dopadajícího na bubínek na kmity v tekutině vnitřního ucha. Vnitřní ucho se skládá z tzv. vestibulárního ústrojí a hlemýžďe. Hlemýžď tvoří necelé tři spirálovité závity a je rozdělen na dvě patra, která jsou vyplněna tekutinou. Hlemýžď je shora ohraničen Reissnerovou membránou a zdola basiální membránou, na které je Cortiho orgán [3], kde se převádí mechanické oscilace vnitřního ucha na signály a ty se dále zpracovávají v nervovém systému.

Cortiho orgán obsahuje velké množství vlasových buněk (20 000 [3]), které se při rozkmitání basiální membrány ohýbají a deformují dotykem s krycí membránou. Těmito pohyby jsou vyvolány změny elektrických poměrů, které jsou pomocí spodní strany vlasové buňky předány do nervového zakončení sluchového nervu a pak dále zpracovány a vyhodnoceny v oblasti kůry velkého mozku [3]. Právě při poškození vlasových buněk vlivem velkého hluku a hlukových traumat dochází k nevratným změnám a zhoršení sluchu postiženého člověka.

c) Vlastnosti zvuku

Zvuk se šíří ze zdroje signálu všemi směry. K šíření audiosignálu dochází pouze v pružném prostředí a to může být pevné, kapalně nebo plynné. Ve vzduchu se vlny šíří podélným postupným vlněním. Pokud vezmeme v úvahu šíření zvuku ve vzduchu, tak rychlost závisí na atmosférických podmínkách, protože při vzniku zvuku kmitáním tělesa se v okolním prostředí mění tlak, který je také závislý na atmosférickém tlaku. Velikost atmosférického tlaku závisí na povětrnostních podmínkách, na teplotě a velikosti nadmořské výšky. Na šíření zvuku mají vliv i překážky, na kterých může docházet k odrazům, poté se musí například při hudebních produkcích provádět ozvučení prostoru, aby nedocházelo k nepříjemnému tříštění zvuku a odrazu se zpožděním zvukového signálu. Zvukové vlny se od předmětu odrážejí, protože jejich vlnová délka je větší než rozměry předmětu, přitom záleží jaký povrch daný předmět má, protože k většímu odrazu dochází na pevných a hladkých stěnách, než na měkkých a pórovitých předmětech. Těchto vlastností předmětu a těles se používá při ozvučování prostředí. Například v koupelně je velká odrazivost signálu od hladkých a pevných kachlíček. Tato odrazivost nám může dělat problémy při komunikaci ve velkých prostorech nebo ve volném prostoru, kde může docházet k ozvěně. Kdyby byla taková odrazivost ve velkých místnostech s velkým počtem lidí, bylo by to neúnosné a člověk by místo kulturního zážitku vnímal jen nepříjemný hluk, proto se v kinech a divadlech používá měkce obložené stěny a podlahy. Interiéry se doplňují množstvím různých předmětů k většímu rozptýlení zvukového signálu a k zabránění jeho nežádoucího odrazu. Materiály s dobrou absorpcí audiosignálu se používají při stavbách protihlukových stěn a při ochranně před škodlivými audiosignály. Odrazu signálu se například používá v sonarech, kde se na základě odrazu vlny počítají vzdálenosti od předmětu, nejčastější je použití v námořní dopravě a v prostorách se sníženou viditelností.

II. Působení škodlivých audiosignálů na člověka

a) Fyziologická akustika

Jak již bylo řečeno v každém okamžiku nás ovlivňují audiosignály. Jejich vlivem na člověka se zabývá fyziologická akustika, která se snaží poznat zákonitosti audiosignálů a jejich vliv na vědomí i nevědomí člověka. Hledá závislosti akustických parametrů, například intenzity, kmitočtu a spektrálních složek, s jejich odrazem v našem vědomí, s hlasitostí, výškou a barvou audiosignálu. Každý člověk má jinou schopnost slyšení ve ztížených podmínkách, v hluku, či ve stresu a jinou schopnost snášet nepřiměřenou zvukovou zátěž.

Vliv hluku a nepříjemných audiosignálů se dá rozdělit z hlediska působení na dlouhodobé a krátkodobé. V rámci dlouhodobého se jedná zejména o vliv hluku na pracovišti a v pracovním prostředí. Při působení hluku na člověka postupně vzniká během několika prvních minut posunutí sluchového prahu a nastává přizpůsobení - adaptace a hluk poté vnímáme v menší hlasitosti, práh sluchu se posune směrem nahoru. Během několika sekund dosahuje svého maxima a zhoršení trvá po celou dobu pobytu v hluku. Na tento rychle nastupující a brzy odeznívající adaptační děj navazuje další – sluchová únava, která se objevuje již v první minutě a svého nasycení dosahuje v době od 7 až do 10 minut [4]. Trvá-li hluk déle, zvětšuje se již jen zcela nepatrně. Projevuje se též posunem prahu, jeho zvýšením a subjektivně tím, že vnímáme hluk s menší hlasitostí. Z toho vyplývá i změna rozlišování změn kmitočtů, hlasitosti a změny maskování. Její odeznívání je pomalejší a je závislé na spektru hluku a jeho intenzitě, v menší míře na trvání podnětu. Ustupuje během desítek minut, hodin a v některých případech až celý den. Maximum adaptačních projevů nastává v kmitočtové oblasti 1 až 1,5 oktávy nad kmitočtem zvukového podnětu, u širokopásmových hluků a šumů nastává v oblasti kolem 4 kHz. Za škodlivou hranici se považuje hluk dosahující ekvivalentní hladiny 85 dB[5] a více.

Je-li sluch opakovaně vystaven škodlivým hodnotám hluku po delší dobu a horizontu několika let, nedochází poté po odpočinku k úplné úpravě, posunu sluchového prahu a objevuje se zhoršení sluchu. Nejprve je zhoršeno poslouchání vyšších kmitočtů v oblasti 4 až 6 kHz, projevující se šelesty, většinou po pobytu v hlučnějším prostředí. Následuje zhoršené slyšení šepotu a rozumění řeči. Toto je patrné až po několika letech vystavení škodlivé úrovni akustického hluku. U hluku do hladiny 100 dB se obvykle rychlejší postup poruch sluchu objevuje až po několika letech. Toto postupné zhoršování sluchu vlivem zhoršených podmínek se ve vyšším věku opět zpomaluje. Pokud se poškození sluchu nadále zhoršuje, začíná člověk zhoršení sluchu pociťovat při rozumění řeči. K poškození sluchu může ale dojít i při krátkodobém působení škodlivých audiosignálů. Sem patří třesky, výbuchy a následně může dojít i k akustickému traumatu, které může být trvalé a může být spojeno se šelesty a někdy i poraněním bubínku a středního ucha. Pro sluch jsou zvláště škodlivé signály úzkopásmové, eventuálního tonálního charakteru, impulsové a hluky spojené s vibrací a nebo jinými škodlivinami [4].

b) Škodlivý vliv na člověka

Do teď jsme se zabývali poškození sluchových orgánů, ale může dojít i k mimo sluchovým újmám, například na psychice člověka. To může být způsobeno opakovaným vystavením určité stálé hladině hluku, i když ta nemusí překračovat škodlivé úrovně, jedná se

o audiosignály s intenzitou větší než 30 dB[6]. Vliv se projevuje na soustředění, v řídicí práci apod. Rušivým vlivem na duševní činnost se zmenšuje přesnost a kvalita vykonávané činnosti. Pro příklad bych uvedl poslech hudby, kde při činnostech důležitých na soustředění a přemýšlení, například učení nebo četba, je potřeba i při malé hlasitosti hudby na danou činnost mnohem více času oproti činnosti při klidu a tichu.. Rušivě působící vliv hluku vede až k neurotizaci a změně postoje k dané činnosti. Je zde ale také důležitá akustická skladba hluku, zvláště nepříznivě se projevují hluky nepravidelné, s diskrétním spektrem a ostře nastupující a ostře přerušované. Velkou roli hraje též emotivní náplň hluku a hluky superponované na hluk prostředí.

Při větší hladině hluku, od intenzity 55 dB, může dojít k dalšímu ovlivňování lidského organismu, a to vegetativního nervstva, které ovládá dýchací, oběhové, zažívací, vyměšovací a vnitřně sekretorické systémy. Tento nervový regulační systém pracuje neustále i ve spánku, zasahuje také do adaptačních dějů ve sluchovém analyzátoru. Hlukový podmět vyvolává nejdříve úlekovou reakci, na kterou při dlouhodobém působení navazuje vegetativní reakce. Tyto reakce mají cíl přizpůsobení určitých tělesných systémů. Hluk zde proto působí jako dlouhodobá stresová zátěž. Z toho vyplívají mnohé psychosomatické a vegetativní obtíže, který se souhrnně nazývají hlukový syndrom [7]. Při zaměstnání, které se nachází ve hlučném prostředí mívají zaměstnanci větší výskyt žaludečních obtíží a vředové obtíže, srdečně-cévní obtíže a přetlakové choroby, nespavost, bolesti hlavy, podrážděnost a mnoho dalších obtíží.

Při hluku překračující hodnotu intenzity 90 dB je značné nebezpečí poškození pro sluchový orgán, a při hluku nad 120 dB dochází k poškození buněčných struktur a tkání.

Hluk a jeho nadměrné působení, spolu s dalšími civilizačními jevy ovlivňuje i hormonální účinky v těle, a dochází ke zvýšenému vylučování tzv. stresový hormonů adrenalinu do krevního oběhu. Dále může docházet ke zvýšení krevního tlaku, či infarktu myokardu, a dalších nemocí spojených s krevním oběhem. Další problémy v prostředí se zvýšenou hladinou akustických signálů, například hluku z rušné ulice, či nedaleké průmyslové nebo obchodní zóny, nám může zasahovat i do klidových místností v bytě, a následně vyvolat problémy s usínáním. Spánek potřebuje člověk pro zotavení a je nezbytný pro regeneraci organismu, a nadměrný hluk, může negativně ovlivnit jeho kvalitu a prodloužit dobu potřebnou k usnutí. Po nekvalitním spánku v hlučném prostředí je člověk více unaven a má oslabenou imunitní schopnost čelit infekčním onemocněním.

Problematickou nadměrného hluku v aspektu jeho negativního působení na psychickou a fyzickou stránku člověka se zabýval projekt podpory zdraví Ministerstva zdravotnictví České republiky pro rok 2005. Název projektu je Zabíják hluk [8]. Součástí projektu byla i dotazníková anketa, ze které je patrné, že většina lidí si uvědomuje škodlivost hluku na své zdraví a na výskyt škodlivých zvuku ve svém každodenní životě. Na otázku zda by měla být kontrolována hlasitost hudby na diskotékách a při hudebních produkcích odpověděla většina ano, stejně tak na otázku zda by přehrávače měli mít hlasitost nějak omezenou. Necelých tři čtvrtiny respondentu souhlasilo s tím, aby v restauracích byla na přání zákazníka hudba ztišena, či případně úplně vypnutá. Dále se anketa zajímala o souhlasný postoj všech pracovníků na pracovišti na poslouchání hudby, kde bylo opět necelých tři čtvrtě dotazovaných lidí pro vyslovení souhlasu. Nepatrná většina by souhlasila se zákazem petard a ohňostrojů mimo slavnostní akce [9], zde je nutné připomenout, že problém zábavní pyrotechniky se do jisté míry týká i zvířat a jejich následným stresem a vystrašením. Pro starší lidi působí výbuchy zábavné pyrotechniky velice stresově. Dále je z výsledků dotazníkového šetření zřejmé že vysoké procento lidí si uvědomuje, že hluk zvyšuje pocit únavy, způsobuje poruchy koncentrace, způsobuje poruchy spánku, negativně ovlivňuje proces učení, a způsobuje poruchy citové rovnováhy. Malá část odpovědí připouštěla vliv hluku na trávicí ústrojí [9]. Na základě projektu byly zpracovány přednášky, které byly prezentovány na některých brněnských školách. Je nutné podporovat osvětu hlavně mezi mladými, kteří si

neuvědomují možné následky z poslouchání hlasité hudby. V době kdy by měla být ochrana sluchu na vyšší úrovni, hlavně kvůli snižování hlučnosti na pracovišti, odvádění dopravy ze středů měst, případně ochrana protihlukovými stěnami je vyšší možnost poškození sluchu z nadměrného poslouchání hudby v přenosných digitálních přístrojích, kde není výška hlasitosti nijak regulována, dále při hraní počítačových her a používání sluchátek. Sluch je vystaven vysoké hlasitosti po poměrně dlouhý čas a kromě zatěžování očí může docházet i k poškození sluchu, které ale není patrné hned a může se projevit až s odstupem času.

c) Účinky na psychiku člověka

Jak již bylo zmíněno, hluk ovlivňuje negativně psychiku člověka. Účinky jsou zde dost individuální, přibližně 10 – 20 % obyvatel je velmi vysoce vnímavých na úroveň hluku ve svém okolí, dalších 60 – 80 % [14] populace bere hluk jakou součást života a se zvyšující se hlučností roste mezi nimi i pocity rozmrzelosti a obtěžování. Zbytek tedy přibližně 10 % obyvatel je velice tolerantních na velikost a intenzitu hluku a psychické účinky nepocítují. Další rozdíly ve vlivu hluku na psychiku lidí jsou individuální populační rozdíly rasové, geografické a sociální. Nejvíce se cítí obtěžováni hlukem lidé ve středním věku, ženy, které jsou citlivější, a dále pak lidé ze severní částí zeměkoule, kde je soustředěna většina populace a je zde velká industrializace, než je tomu ve střední části zeměkoule kde jsou oblasti postižené hlukem výrazně menší a nepřevyšují oblasti klidu.

Psychologie se zabývá lidskou psychikou a vnějšími vlivy na chování člověka a na jeho vnitřní postoj. Spoustu věcí si ve svém životě ani neuvědomujeme a bereme je jako samozřejmou věc, nepátráme proč to tak je a mnohdy si to ani neuvědomíme. Pokud se budeme nacházet v hlučném prostředí a jen velice těžko budeme rozumět, když na nás někdo bude mluvit, tak zcela určitě uslyšíme naše jméno, když nás bude někdo volat. Jedná se tedy o to, že náš mozek zaznamená podněty, které vědomě nevnímáme [15].

Hluk tedy můžeme rozdělit na habituální a emoční hluk [3]. Habituální hluk je takový hluk, který vnímáme jen při zvýšené intenzitě kolem 65 dB [3]. Jedná se normální běžný hluk, který známe a nevyvolává v nás žádné emoce. Pokud tento hluk pro nás nemá informativní charakter tak si na něj postupem času zvykneme a už ho plně nevnímáme. Naproti tomu emoční hluk u nás vyvolá i při nízké intenzitě akustického tlaku emoční reakci. Jedná se nový nebo varovný signál, může se jednat například o hluk přijíždějící sanitky, zvuk sirény, troubení automobilu. Takový zvuk nám asociuje nepříjemnou událost a i když je tento hluk na hranici slyšitelnosti vnímáme ho. Oba druhy hluku, tedy jak habituální tak emoční způsobují zvýšení krevního tlaku.

Až do teď jsme se zabývali hlukem, ale i absolutní ticho působí škodlivě. Najít v prostředí absolutní ticho jde jen velice obtížně, nejlepší je navštívit bezodrazovou komoru, při pobytu v ní se člověk necítí přirozeně, člověk je až příliš zvyklý na hluk který je v každém okamžiku kolem něj. Při dlouhém pobytu v akusticky tichém prostředí, kde je intenzita rovna nule nebo se blíží k nule, působí na člověka depresivně a je tím pádem pro člověka nebezpečné [6]. Nedochozí k ujmám na sluchovém aparátu, ale na psychice člověka.

Další oblastí kdy nám zvuk ovlivňuje psychiku je podprahové vnímání zvuku. Jedná se o vnímání, které si vědomě neuvědomujeme. Je to například o hudbu v obchodech. Hudba je volená tak, aby co nejvíce ovlivňovala nakupující a v různých obdobích roku se mění, nejvíce je to zřetelné v období nákupu před vánočními svátky. V supermarketech se nejčastěji hraje hudba pomalá a uklidňující, která má působit tak, aby člověk v klidu nakupoval, aby v obchodě strávil co nejvíce času a co nejvíce toho nakoupil. Působení hudby v obchodech a restauracích má na každého člověka jiný vliv, na někoho působí rušivě a snaží se co nejdříve opustit obchod či restauraci a někdo je již tak otupělý, že hudbu vnímá stejně jako všude přítomný hluk.

V restauracích a při tanečních zábavách na nás působí rychlá hudba, která má za cíl zvýšit konzumaci nápojů a to ať už alkoholických a nebo nealkoholických. S postupným ovlivněním alkoholem klesá u člověka práh bolesti a může tedy na sebe nechat působit hluky o velké intenzitě, které by při střízlivém stavu způsobovali bolest. Podprahová reklama a její ovlivňování je v České republice, stejně jako ve většině států světa zakázána.

Podprahově se dají vnímat i hlášení na nádraží, pokud čekáme na vlak, tak nevnímáme okolní hlášení ostatních vlaků s vyjmenováním jejich zastávek. Tato hlášení na nás působí jako hluk spolu se šumem a ruchem v nádražní budově. Pokud ale pojedeme vlakem neznámým směrem může se nám v podvědomí vybavít název další zastávky, ačkoliv jsme to nikdy vědomě neslyšely ani se nesnažily zapamatovat.

Podprahové účinky hudby na psychiku člověka nejsou jasně známy a záleží na ostatních vlivech a věcech působení. Existuje hudba agresivní, uklidňující a meditační, která svým rytmem a podáním informací v nás vyvolává určité stavy a pocity. Pokud budeme poslouchat hlasitou agresivní hudbu a staneme se jakýkoliv další, byť malý, impuls z okolního světa dojde k výbuchu agrese a neadekvátnímu chování v dané situaci. Pokud hudba obsahuje stejné a neustále se opakující rytmy může člověka, při jejím hlasitém poslechu, dovést až k určitému transu, toto je zřejmé při bubnování a tancích v afrických kmenech nebo při závodech v atletice, kdy sportovec žádá o podporu potleskem a je ve velkém vypětí před sportovním výkonem. To je způsobeno tím, že je lidský mozek složen ze dvou částí, v první rozhodují více emoce a v druhé logické myšlení. Při opakování jistých rytmu dochází k potlačení logického myšlení a člověk je ovlivňován pouze emocemi a dochází k chování které je ovlivněno těmito agresivními rytmy [16].

S oblastí psychiky člověka je úzce spojeno i svědomí člověka. Pokud je člověk v tichu můžou se ozývat výčitky svědomí a nepříjemné vzpomínky, které se člověk snaží potlačit různými prostředky, a mezi tyto prostředky patří i hudba. Člověk svůj vnitřní hlas potlačí zvukem a jednoduše se spolu ze zvukem hudby dostává do jiného světa. Tím se může vypěstovat určitá závislost na hluku, závislost ve stejném smyslu jako závislost na alkoholu, drogách či jiných věcech, kde člověk svoje problémy záměrně nechává přehlušovat jinými věcmi. Když je člověku smutno tak nemá sílu poslouchat něco veselého, ale poslechem smutné hudby v každém tónu jako by odcházel smutek. Naopak když má člověk v sobě radost, tak radostnou hudbou tu radost ještě více zvětšuje [16].

Muzikoterapie je specializace psychologie, která se zabývá uzdravujícími účinky hudby. Záleží na správném načasování, správném výběru hudby pro daného klienta a na správném místě [16]. Jedná se o léčbu mající původ již v začátku lidstva, postupem času se vyvíjela. Muzikoterapie se mohou zúčastnit i lidé s poškozením sluchu, kteří hudbu vnímají jako vibrace dopadající na tělo. Muzikoterapie se dělí na skupinové a individuální programy, a dále podle způsobu terapie. Jedná se o formu aktivní, kdy pacienti zpěv a hudbu sami vytvářejí a nebo o formu ambietní [17], kdy je reprodukována hudba poslouchána. Hudba narozdíl od mluveného slova proniká hlouběji do lidské psychiky. Muzikoterapie se používá při léčení závislých osob k posílení vůle a k rozvíjení komunikace, dále se používá při léčbě různých postižení [17].

Další oblastí kdy vliv zvuku a hluku nevnímáme je jeho ovlivňování spánku. Rušení spánku se dělí na primární a sekundární účinek [6]. Primární je když nám hluk okolí, a jeho zvýšená intenzita nedovolí usnout, případně nás probouzí ze spánku a nedovolí člověku upadnout do hlubokého spánku. To vede k nekvalitnímu spánku a následným sekundárním účinkům, které jsou nevyspalost, podrážděnost, menší soustředěnost a celková roztěkanost. Hladina akustického zvuku by měla být kolem 30 dB a v žádném případě by neměla překračovat maximální hodnotu 45 dB. Při hlučnosti kolem 70 dB bývá tělo vystaveno škodlivým účinkům, které mají za následek oslabení imunity a zvýšení nemocnosti [6]. Uklidňujícím způsobem působí monotónní zvuk, který vede k lepšímu usnutí a kvalitnímu

spánku, jedná se například o šumění listů ve větru, kapající voda, malý potůček, mořský příboj.

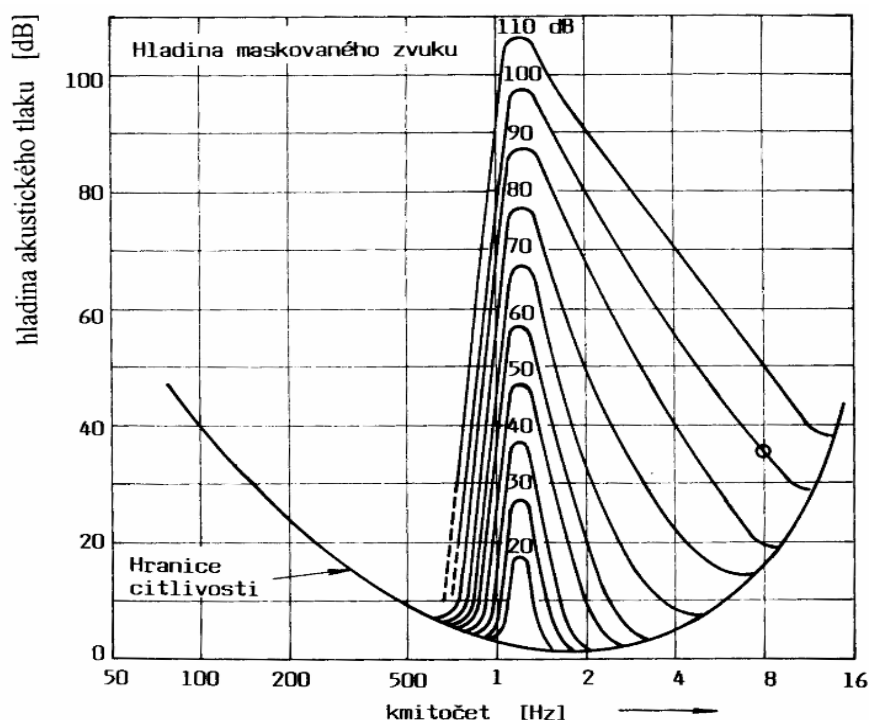
d) Maskování

Schopnost lidského sluchu odlišit dva frekvenčně blízké signály, je ovlivněna frekvenčním maskováním. Frekvenční maskování vzniká tehdy, když znějí dva tóny současně, jejich spektra se překrývají a jeden tón potlačuje slyšitelnost toho druhého. Jedná se vlastně o posunutí prahu slyšení způsobené silnějším signálem. Hodnota rozdílu hlasitostí záleží na charakteru maskujícího a maskovaného signálu. Ve většině příkladu je signál o větší hlasitosti maskující, a druhý maskovaný má menší hlasitost a intenzitu, ale existují výjimky. Například, když zvuk, který sám o sobě neslyšíme, je pod hranicí slyšitelnosti, ale má maximální intenzitu, může způsobovat maskování jinak slyšitelného zvuku [33]. Dále když vezmeme jako maskovaný zvuk sinusový tón a budeme jej maskovat bílým šumem, zjistíme opak, že sinusový tón je již maskován bílým šumem, toto platí pokud je intenzita šumu okolo 16 dB a nižší [33]. Maskovací schopnost je dále závislá na frekvenci maskujícího signálu. Vnímání tónů s blízkými frekvencemi je ovlivněno šířkou kritického pásma, to má na nejnižších kmitočtech velikost přibližně 100 Hz, a na nejvyšších kmitočtech dosahuje 4 kHz. Principu maskování se používá při komprimaci zvukových signálů do digitální podoby, například do formátu mp3, ogg [2] a při kódování hudby a zvuku v digitálních médiích, různé úrovně kodeku MPEG. Velikost maskování a posunutí prahu slyšení je největší okolo frekvence maskujícího signálu a je rozdílné pro čisté tóny a širokopásmové zvuky [10]. Pro kvantifikování maskování se nejčastěji určuje práh maskování, který odpovídá hladině akustického tlaku zvuku právě maskovanému zvuku maskujícím zvukem [3].

K maskování signálu dojde i pokud oba signály, tedy maskující a maskovaný vznikají současně. Může docházet i k časovému maskování, které vzniká tak, že po sobě následují dva signály, nejčastěji je první maskující a druhý maskovaný zvuk. Baziální membrána potřebuje po akusticky silnějším, tedy maskujícím signálu čas na zotavení, aby mohla reagovat na nový signál, který je vybuzen s časovým zpožděním oproti prvnímu, poté se jedná o postmaskovací efekt [3]. Pokud budeme mít maskující signál, kterým bude bílý šum a jeho doba trvání bude 0,5 s a maskovaný zvuk bude mít průběh odpovídající Diracovu impulsu (úzký jednotkový impuls) bude možno tento impuls zaznamenat až po době delší než 200 ms. Po odeznění bílého šumu se úroveň ještě v následujících 5 ms nemění, poté dochází k poklesu v průběhu 200 ms, kdy šum dosahuje prahu slyšitelnosti a zaniká. Tento časový efekt nezávisí na hladině maskujícího šumu.

Pokud nebudou oba signály vysílány současně, například řeč, a bude jejich zpoždění v rozsahu 50 až 100 ms bude docházet k tzv. směšování zvuku [10]. To známe z reálné praxe, kdy na nás současně mluví dva lidé a pokud je zpoždění minimální dochází ke snížení srozumitelnosti řeči, dále ke snižování srozumitelnosti dochází vlivem hluku, kdy je hluk okolí maskující signál a lidská řeč maskovaný. Abychom rozuměli je nutné vynaložit velké úsilí, aby byl maskovaný signál, v tomto případě řeč, slyšitelná a srozumitelná.

Z obrázku č.2, je patrný princip maskování a posun prahu slyšení. Maskující tón má frekvenci 1,2 kHz a maskuje především zvuky o vyšší frekvenci. Signál s frekvencí 8 kHz a hladině akustického tlaku 35 dB, bude slyšet jen když maskovací zvuk o kmitočtu 1,2 kHz bude mít akustickou hladinu nižší než 100 dB [10], při vyšší úrovni akustického tlaku nebude signál o frekvenci 8 kHz a úrovni 35 dB slyšitelný. Pokud bychom chtěli dosáhnout jeho slyšitelnosti, musely bychom zvýšit jeho úroveň akustického tlaku nad hodnotu 35 dB, nebo snížit hladinu akustického tlaku maskujícího signálu pod hodnotu 100 dB, použila by se jiná křivka v grafu. Z grafu je dále vidět, že nástup křivek je strmý, takže pro hodnoty frekvence nižší než 1,2 kHz se maskovací efekt nebude téměř vyskytovat.



Obrázek č.2 [10]: Maskovací účinek úzkopásmového zvuku.

e) Ochrana před škodlivým hlukem

Ochrana před škodlivým hlukem se dá rozdělit do několika částí, které se rozdělují podle místa vzniku ochrany před škodlivým audiosignálem. Ve vzniku škodlivého hluku se dá zabránit správnou konstrukcí strojů a zařízení, případně jejich odhlučnění, pokud je i přes tyto opatření hlučnost nepřijatelná musí se přistoupit k dalším opatřením, jako je například vybavení lidí v okolí strojů ochrannými pomůckami, pokud se jedná o dopravní prostředky, tak je potřeba zajistit ochranu oblastí v chráněném venkovním prostoru.

Nejprve se budeme zabývat snížení hlučnosti ve zdroji rušivého signálu. Je nutné si uvědomit, že hluk vzniká třením mechanických součástí, na to je třeba pamatovat při konstrukci, dále při údržbě a mazání problémových spojů. V případě pneumatických přístrojů, je nutné zajistit dostatečnou izolaci proti přenosu nepřijatelných vibrací do okolí. V této oblasti při konstrukci strojů a jejich možnosti bezhlučného provozu naráží konstruktér na fyzikální a pak také finanční překážky. V současnosti je jen malé procento lidí, kteří dávají přednost při nakupování elektrospotřebičů jejich nízké hlučnosti, ve většině případu vítězí vzhled a hlavně pak cena. Při použití hlučných spotřebičů se v domácnosti poté vystavujeme stálému a nepříjemnému hluku.

Další možností jak se ochránit před hlukem je vhodné umístění zdrojů hluku do vhodných lokalit a míst. Při tvoření územního plánu obce či města je nutné soustředit průmyslovou výrobu mimo oblast obydlí. Většina průmyslových zón se nachází na okrajích měst, dále pak letiště jsou situovány na konci města tak, aby vliv z letecké dopravy byl co nejmenší. Proto také vznikají dálniční a silniční obchvaty měst a obcí. Poměrně těžké je zajistit v okolí nemocnic, školních zařízení, rekreačních oblastí a velkých sídlišť dostatečně malou úroveň akustického hluku a míru jeho škodlivosti. Při stavbě a návrhu domu je také nutné myslet na dobré umístění místnosti pro odpočinek, je nutné je navrhnut do nejklidnější části domku a to jak z pohledu okolního světa, tak s umístěním ostatních místností uvnitř domu.

Pokud žádná z výše uvedených možností již není možná, ale je nutné snížit hlučnost nabízí se nám metoda izolace, kdy chráněný prostor odizolujeme od zdroje hluku. Využití je především při konstrukci staveb a použití zvukoizolačních příček, stropu, dále dobrou izolaci od přenosu vibrací z dopravy do chráněného prostoru. Na strojích se používají zvukoizolační kryty a zákryty, hlučnost stroje se nebude šířit do okolí, ale bude pohlcovaná ochrannými kryty.

To jsem již naznačil další metodu a tou je pohlcování zvuku a jeho energie a její přeměna na tepelnou energii. Požívají se na to speciální hmoty a konstrukce.

Poslední metoda je použití osobních ochranných pomůcek. Jedná se o nejvíce omezující možnost ochrany, člověk se dostává do izolace vůči okolí. Použití ochranných pomůcek musíme brát jako krajní řešení a pokud to jde snažit se snižovat hlučnost a případně pak omezovat použití pracovních pomůcek. Mezi pracovní pomůcky patří různé špunty a zátky do uší, kryty uší a různé prilby.

f) Prostředky pro snižování hluku

Jak již bylo řečeno existují materiály a konstrukce, které pohlcují akustickou energii a přeměňují ji na teplo. Jedná se o materiály buď porézní a nebo látky s rezonančním principem [10]. Používají se i úpravy smíšené z těchto dvou vlastností a nebo materiály vzniklé kombinací absorpčních prvků. Nejdůležitější vlastností uvedených látek je velikosti jejich činitele zvukové pohltivosti. Při zachování zákona energie se akustická energie dopadající na těleso rozděluje na části, záleží na typu materiálu, ale část zvukové vlny je pohlcena samotným materiálem a přeměněna na teplo, další část může být odražena zpět do prostředí, další se šíří uvnitř tělesa, kde se vzdáleností od dopadu zvukové vlny dochází k útlumu. Činitel pohltivosti je bezrozměrné číslo a pohybuje se v intervalu 0 až 1 [10]. Dalšími činiteli jsou činitel zvukové odrazivosti a činitel průzvučnosti. Tyto činitele a jejich výpočty jsou používány při návrzích místností a společenských prostor. Prostorový akustik zajišťuje správný návrh pro odrazivost mluveného slova, hudby a zpěvu. Zajímají ho velikosti odrazivosti stěn tak, aby nedocházelo k přeslechům a ozvěnám. Pokud potřebujeme v místnosti zabezpečit co nejnižší hladinu hluku bude nás při návrhu nejvíce zajímat velikost pohlcení a pokud budeme zajišťovat klid ve vedlejší místnosti oproti místu vzniku hluku bude nás velice zajímat průzvučnost stěny a množství akustické energie, která projde přes stěnu, případně příčku. Důležité je si uvědomit že zvuk nedopadá na stěnu a tělesa přímo kolmo, ale ve všech směrech spolu s odraženými signály.

Aby docházelo k pohlcování akustických signálů musí v látce docházet k přeměně energie zvukové na jinou energii. Pohltivé látky se dělí na dvě skupiny. První jsou látky a konstrukce, které mají za účel pohlcovat energii zvukové vlny dopadající na jejich povrch. Používají se pro potřeby prostorové akustiky a snižování hladiny hluku v uzavřených prostorech. Druhé jsou látky, které se používají pro účely zvukové izolační a je u nich nejdůležitější do jaké míry dochází k útlumu zvuku při jeho šíření látkou. Existují látky, které jdou použít k oběma účelům.

Při pohlcování dochází k nevratné přeměně energie zvukové vlny na jinou a tato přeměna se rozděluje na tři skupiny. V první vzniká přeměna třením, ke tření dochází při pochybu vzduchu v blízkosti pevné stěny a aby byla zajištěna přeměna energie musí být tato plocha dostatečně velká. Používají se látky obsahující jemné póry ve kterých dochází ke třením mezi molekulami vzduchu a látkou. Další přeměna vznikne změnou akustického tlaku. Při šíření vlny látkou nastává v určitých místech zhuštění molekul vzduchu a tedy i zvýšením celkového tlaku, pokud poté dojde k opětovnému snížení tlaku, sníží se i potenciální energie nashromážděná v místě a tím se zmenšuje i velikost akustické energie. Při stlačení a nárůstu tlaku vzduchu narůstá i jeho teplota, a protože je mezi póry a kostrou soustavy tepelný přenos

dochází ke snížení teploty a tím i tlaku vzduchu. Poslední přeměna energie vzniká nepružnou deformací těles, dochází k ní u látek, které mají tzv. pružnou hysterezi [10]. Stlačili se taková látka působením síly zvukové vlny, nevrátí se tato látka do původního stavu po ukončení působení síly. Práce na stlačení látky je větší než práce nutná na navrácení do původního stavu. Rozdíl mezi těmito pracemi představuje úbytek zvukové energie vlivem činitele vnitřního tlumení signálu v materiálu.

Při použití zvukoizolačních krytů se dosahuje snižování hlučnosti strojů, často se již jedná o poslední řešení jak snížit hlučnost a používá se tehdy, kdy už jiná řešení nepřinesly požadovaný výsledek. Při různé kombinaci uložení a velikostí krytů dosahujeme dané ochrany a snižováním nežádoucího hluku. Hluk se z přístroje šíří nejenom okolním stykem se vzduchem, ale i umístěním stroje na podložce a přenosem vibrací do dalších částí prostoru. Rozdíl mezi chvěním a otřesem je ve velikosti frekvence kmitů, pokud se jedná o frekvenci do 20 Hz jede o otřesy pokud je tato frekvence vyšší než 20 Hz jedná se již o chvění a vnímáme to jako zvuk [10].

III. Vznik a výskyt hluku v životním prostředí

a) Rozdělení prostředí a zdroje hluku

Škodlivé audiosignály, potažmo hluk na nás útočí, jak už bylo řečeno, na každém kroku. Člověk neunikne zvuku téměř ani na okamžik, ale v průběhu dne se jeho velikost a působení mění a prostředí ve kterém hluk působí se rozděluje na dva základní prostory, na pracovní a mimopracovní. Celková denní hluková zátěž na člověka se skládá z působení v pracovním prostředí, v průměru ze 40 % času, a v mimopracovním prostředí ze 60 % času, ve městech, kde se i v chráněném venkovním prostoru objevují škodlivé hluky je to až 85 % [11].

Zdroje hluku se dají rozdělit podle místa vzniku na několik druhů:

- Doprava - zvýšená hladina hluku v okolí hlavních automobilových silnic a železničních tratí a v blízkosti letišť
- Výroba – ruční mechanizované nářadí, obráběcí stroje, vzduchotechnika, mechanizace
- Bydlení – technické vybavení domu (výtahy, klimatizace, trať, kotelny), sanitární-technické vybavení domácnosti, z činnosti osob (elektrospotřebiče)
- Volný čas – kulturní zařízení (kino, divadlo), sportovní (stadion, bazén, střelnice)

Dále se hluky rozdělují na tři kategorie podle typu prostředí, které se vyskytují:

- Pracovní prostředí: základní hodnota hladin hluku je 85 dB, bez použití ochranných pomůcek [12], více v další kapitole.
- Obytné stavby a občanské vybavení: hladina hluku může dosahovat maximálně 40 dB [12].
- Venkovní chráněný prostor: základní hodnota hladiny hluku je 50 dB [12].

Při měření hluku v životním prostředí se dá podle charakteru hluku určit těchto pět typu hluku:

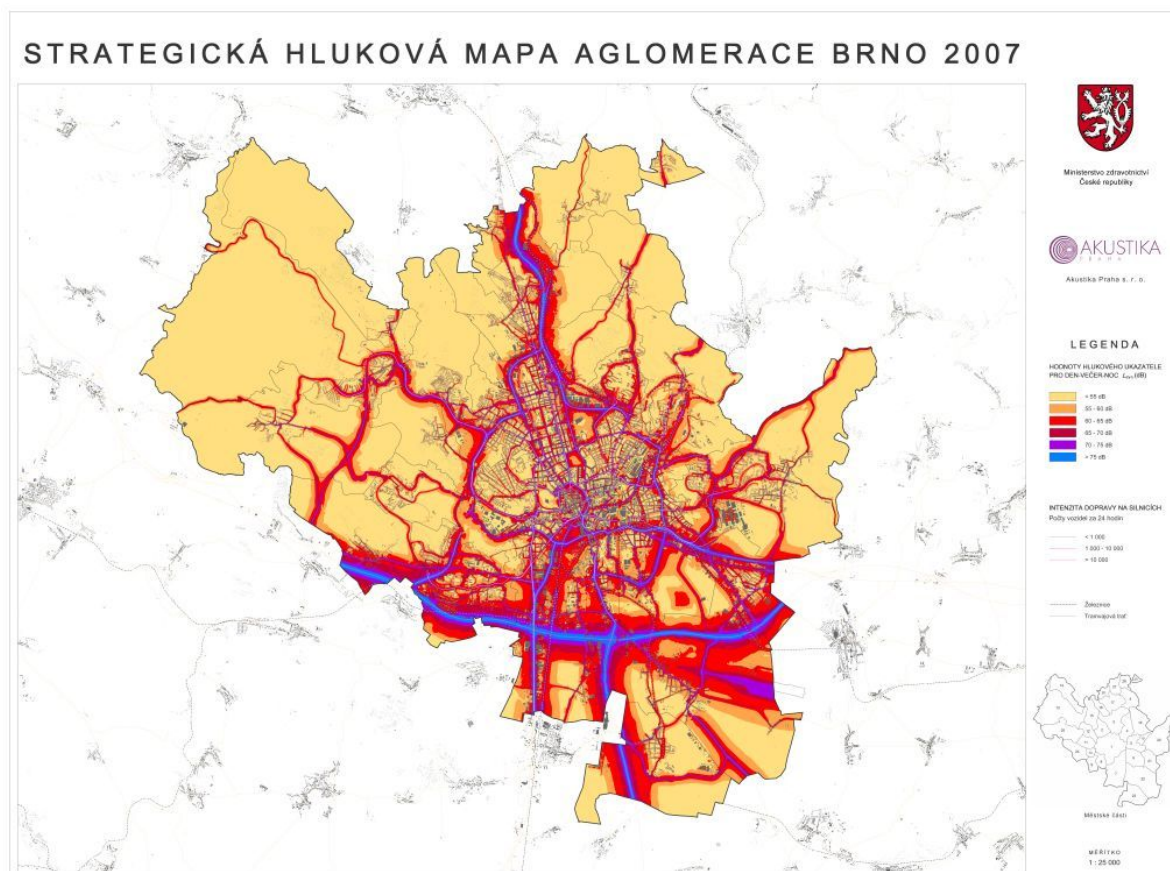
- Ustálený – hladina se v daném místě a ve sledovaném čase nemění více jak o 5 dB [10]
- Proměnný – na rozdíl od ustáleného se mění o více jak 5 dB [10]

- Vysokofrekvenční – obsahuje tónové složky v oblasti kmitočtů vyšších než 8 kHz [12].
- S výrazovými tónovými složkami – spektrum obsahuje tónové (diskrétní) složky, jejichž hladiny akustického tlaku jsou o více než 5 dB vyšší než v sousedících kmitočtových oblastech [13].
- Impulsní – tvořený jednotlivými zvukovými impulzy s dobou trvání do 200 ms, nebo sled impulzů každý s dobou trvání kratší než 0,1 s a převyšující hluk pozadí o 10 dB [4].

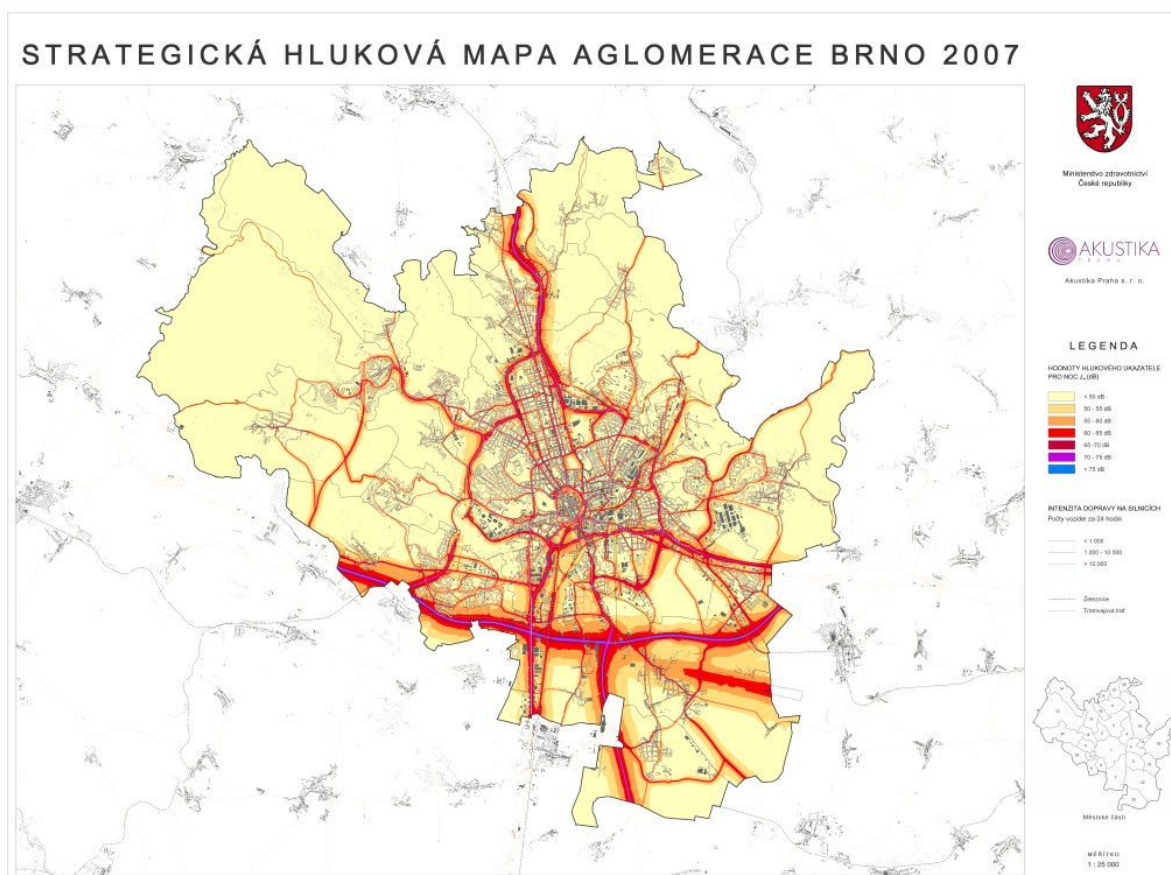
b) Hlukové mapy

Pro území velkoměst jsou zpracovány podrobné hlukové mapy, ve kterých jsou barevně rozlišeny oblasti podle hodnot hlukového ukazatele. Jsou to zejména oblasti kde je zvýšená doprava a kumulace lidí. Hluk generovaný lidskými aktivitami se nazývá environmentální hluk [18] a je vnímán v obývaném prostoru, je to zejména již zmíněná doprava, průmyslové činnosti, rekreační a kulturní aktivity. Na základě takto zpracovaných hlukových map vzniká ve městech rozvržení územního plánu a dalších plánů na rozvoj regionu. Dále se pro omezení a šíření hluku počítá s protihlukovými opatřeními, hlukovými zábranami a omezením provozu v okolí chráněných míst.

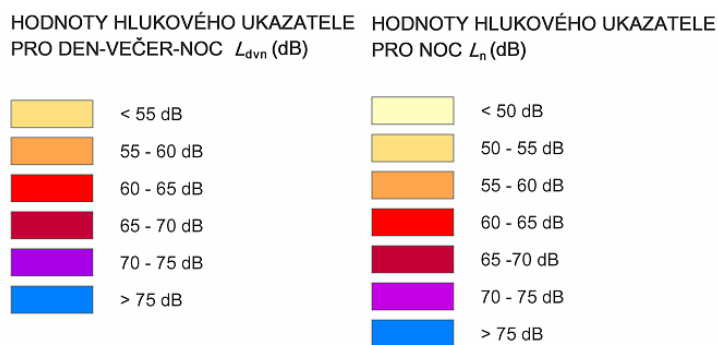
V současnosti probíhá vypracování hlukových map a jejich zpřístupnění veřejnosti, k tomu vybízí Ministerstvo zdravotnictví evropská směrnice. Hlukové mapy se zpracovávají pro velké aglomerace měst a pro hlavní silniční a železniční tahy, kde je ovlivnění obyvatelstva hlukem největší. V další etapě hlukového mapování dojde ke zpřesnění dosažených výsledků [19].



Obrázek č.3. [20]: Strategická hluková mapa aglomerace Brno, den – večer – noc



Obrázek č.4. [20]: Strategická hluková mapa aglomerace Brno, noc.



Obrázek č.5. [20] : Hodnoty hlukového ukazatele.

Na obrázku č.3 a na obrázku č.4 jsou zobrazeny hlukové mapy města Brna. Význam barevných odstínů pro uvedené hlukové mapy je na obrázku č.5 [20]. Z hlukové mapy je zřetelně vidět, jak velkým zatížením životního prostředí hlukem jsou hlavní silniční tahy, v tomto případě dálnice a hlavní tepny v centru města. V nočních hodinách je v okolí těchto míst stále nepřijatelná a nedovolená hladina hluku.

c) Výskyt v přírodě

Samozřejmě existuje i hluk působený přírodou a živočichy, ten ale nelze vždy chápat jako hluk ve správném smyslu slova. Mezi hluk způsobený přírodou patří bouřka, silný vítr, déšť, kroupy, zvýšený průtok vody ve vodních tocích, například při povodních. Dále se pak vyskytuje hluk působený přírodními vlivy, který je z větší části zapříčiněn člověkem, jedná se například o přepady vodních děl, nebo o hluk způsobený větrem ve větrných elektrárnách. Mezi hluk způsobený živočichy lze počítat například dusot stád divokých zvířat, štěkot psa, tady záleží jak to bude subjektivně působit na konkrétního člověka, pro majitele psa nemusí být štěkot vlastní ho psa hlukem, ale pro souseda to je nepříjemný a rušící zvuk a tudíž ho může brát jako hluk. Vysokou intenzitu zvuku vydává kohout, dále drůbež ve velkochovech a obecně velkochovy zvířat, jako jsou kraviny a vepřiny. Dravé šelmy svým řevem ohlušují okolí, nejčastěji ho vydávají pro zastrašení nepřítele, při soubojích mezi sebou a při komunikaci mezi sebou. Hluk vydávají i menší živočichové, nejlepším případem je hmyz. V létě jsou hodně slyšitelné kobylky, luční koníci a cikády. Zvuk vydávají pomocí kmitání končetin.

Na začátku jsme si rozdělily audiosignály do třech kategorií: infrazvuk, slyšitelné pásmo a ultrazvuk. Infrazvuk se v přírodě běžně vyskytuje, při zemětřesení vznikají kmity o frekvenci nižší než 1 Hz a jsou zaznamenávány seismografy [21]. Mezi tvory kteří vnímají infrazvuk a používají ho k dorozumívání, patří sloni, kteří jsou schopni slyšet infrazvuk až na vzdálenost několika kilometru, protože při šíření infrazvuku dochází v prostředí jen k malému útlumu.

Ultrazvuk používá ke svému pohybu netopýr, který při letu vydává z nosní dutiny ultrazvukové vlny o kmitočtu 30 – 120 kHz [21]. Při vysílání dochází k odrazům od prostředí, které netopýr zpracovává ve svém sluchu, tím dosahuje prostorové orientace. Před startem vysílá netopýr takových signálů 5 – 10 za sekundu, v průběhu letu desetkrát víc, každý signál trvá jednu setinu vteřiny [21]. Dalším zvířetem který používá ultrazvuk je delfín, který jeho vlny používá při zaměřování a lovení potravy. Nám nejbližším zvířetem, které je schopno zaznamenat ultrazvuk je pes, na jeho přivolání se používají speciální pišťalky, které vydávají ultrazvuk, který lidský sluch nevnímá, ale pes jeho zvuk zaznamená.

Krajina se dá rozdělit podle druhů zvuků na krajinu kde se vyskytuje hluk vytvořený lidmi, jedná se o zvuky uměle - antropofonní [23] a krajinu kde se vyskytují zvuky působené přírodními zdroji - geofonní, biofonní [23]. Geofonní zvuky se dále dělí dle vzniku na aerofonii a hydrofonii. Jak již názvy napovídají, jedná se o zvuky vyvolané vzduchem a vodou. V krajině se vyskytují i přirozené protihlukové stěny, nejpatrnější je to u lesa, který tuto funkci v krajině zastává [23], ale i louka a pole mají určitou absorpci hluku.

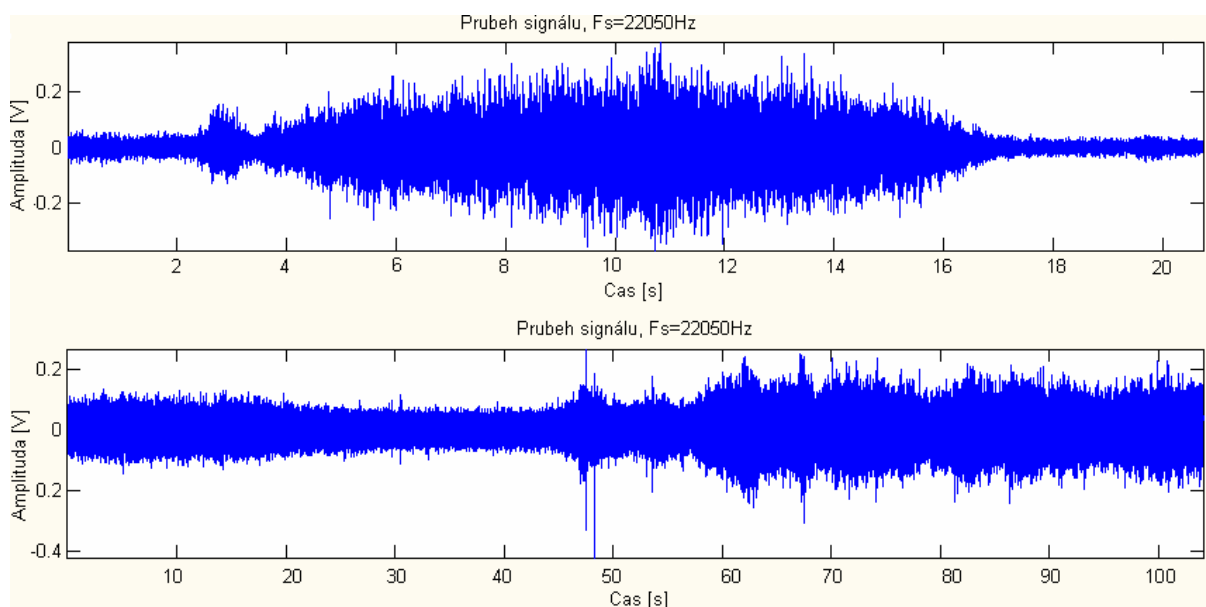
d) Hluk v dopravě

Ještě před několika desítky let to nebyl tolik palčivý problém, ale v posledních letech patří doprava k největšímu producentům hluku v životním prostředí. Ve městech je nejtíživější problém automobilová doprava, těžké nákladní automobily produkují hluk velikosti odpovídající hluku vyvolanému šesti osobními automobily [24]. Dalším velkým zdrojem hluku jsou prostředky hromadné dopravy, autobusy, trolejbusy a tramvaje, a zvýšená oblast vzniku hluku jsou zastávky, kde se kumuluje větší počet lidí a hromadná doprava zde zastavuje na několik minut. Zvýšená rychlost dopravních prostředků má za následek i větší hlučnost, proto pozitivně působí snížení rychlosti v obcích na 50 km/h [23]. Hlavním místem vzniku hluku u automobilu je motor, jeho vibrace, a proces spalování, a vylučování výfukových plynů. Další hluk vzniká při pohybu, při styku pneumatik s vozovkou, při používání zimních pneumatik je tento hluk větší než při jízdě na letních pneumatikách [26],

navíc se zvuk v chladnějším a suchém prostředí lépe šíří v teplejším a vlhčím, dále se k větší hlučnosti v okolí silnic dá přičíst chybějící zvuková izolace v podobě listů na stromech, ale to jen v případě silničních tahu kde je podél silnic vysazená zeleň. Ve městech je proto dobré pěstovat veřejnou zeleň v okolí průtahů městem a v okolí velkých křižovatek. Další zvýšení hluku je znatelné v místech stoupání vozovky, v okolí velkých křižovatek, v úzkých uličkách měst, kde dochází k odrazům hluku.

Negativní vliv na kvalitu života a jeho ovlivňování hlukem má i železniční doprava, zde je největší zatížení v okolí hlavních koridorů, i když částečně je vliv hluku eliminován protihlukovými zábranami. Vlak poháněný motorovou lokomotivou dosahuje vyšší hlučnosti než vlak poháněný elektrickou lokomotivou, zvýšená hladina hluku se vyskytuje při zastavování a rozjíždění soupravy. Hluk je zde způsoben pohonnými agregáty, v současnosti elektrickou a motorovou trakcí, dále odvalováním kola po kolejnici, aerodynamickým odporem, a zvýšeným hlukem při přejezdu mostních konstrukcí a výhybek. Hluk působí i na samostatné cestující ve vlaku, dále pak je vysoká hladina hluku na nádraží, kde se kumuluje větší počet lidí, dále hluk pochází od přijíždějících a odjíždějících vlaků a ze staničního rozhlasu.

Na obrázku č.6 a) vidíme rozdíl v působení hluku na cestujícího v kupé vlaku při přechodu jízdy z nové trati železničního koridoru na původní trať. Zvýšená hlučnost na nerekonstruované trati, která je v druhé polovině grafu, je důsledkem použití starých kolejnic, které mají spoje a kolejového svršku, který tolik nepohlcuje zvukové vlny. Na obrázku č. 6. b) je průběh signálu hluku působícího na cestujícího v průběhu brzdění vlakové soupravy.



Obrázek č.6. : Průběh hluku působícího na člověka ve vlakovém kupé..

Další dopravou která má velký vliv na hlučnost v okolí měst je letecká, kde se největší hladiny hluku koncentrují na plochu letiště a jeho nejbližšího okolí. Při startu letadel je produkován hluk o velice nebezpečné intenzitě a to až 140 dB [10]. Takto velký hluk je poté rozšířen na plochu několika čtverečních kilometrů a jeho šíření závisí na velikosti a směru větru, na kurzu letadla, na počtu vzletů a typu letadla. Hluk působí i na cestující v odbavovacích halách na letištích. Nejméně námi používaná doprava a také nejméně používaná pro osobní dopravu je lodní doprava, hluk vytvářejí pohonné jednotky a také větší hlukové zatížení je v překladištích a v přístavech.

IV. Zákony a nařízení vlády

Nepřekročitelné limity hluku a vibrací v prostředí jsou dány normami, sbírkou zákonů a nebo nařízením vlády. Nařízení vlády č. 502/2000, ze dne 27. listopadu 2000, ve znění úpravy Nařízení vlády č. 88/2004 ze dne 21. ledna 2004 a Nařízení vlády č. 148, ze dne 15. března 2006, které vešlo v platnost od 1. června 2006, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, stanovuje po zapracování příslušných předpisů Evropských společenství tyto základní hygienické limity. Hygienický limit pro osmihodinovou pracovní dobu ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku rovnou 85 dB [12], nebo expozicí zvuku který se rovná $3640 \text{ Pa}^2\text{s}$ [12]. Při vykonávání náročné duševní práce se tato hodnota snižuje na 50 dB [12]. Dále jsou zde uvedeny expoziční limity pro impulsní hluk, který se za přípustný bere do hodnoty 85 dB ($3640 \text{ Pa}^2\text{s}$) [12]. Přípustný expoziční limit impulsního hluku vyjádřený špičkovou hodnotou tlaku 200 Pa a hladině špičkového akustického tlaku 140 dB [12]. Dále jsou zde stanoveny přípustné hodnoty pro vysokofrekvenční hluk, ultrazvuk, infrazvuk a nízkofrekvenční hluk, dále jejich hygienické limity na pracovištích pro jinou než osmihodinovou pracovní dobu. Pokud se vyhodnocením naměřených hodnot prokáže překračování daných limitu hluku nad přípustný expoziční limit 80 dB, nebo že průměrná hodnota špičkového akustického tlaku je větší jak 112 Pa [12], musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky k ochraně sluchu účinné v oblasti kmitočtů daného specifického hluku, pokud jsou překročený limity ještě větší, až 85 dB, respektive 200 Pa [12], musí zaměstnavatel zajistit používání ochranných pracovních prostředků.

Hygienické limity hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb, se stanovují v denní době, v čase osmi souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin, v noční době pak pro jednu nejhlučnější hodinu. Hygienický limit v ekvivalentní hladině akustického tlaku A se stanovuje pro hluk pronikající vzduchem zvenčí a pro hluk ze stavební činnosti uvnitř objektu. Součet základní hladiny akustického tlaku se rovná 40 dB. Jedná-li se o hluk s tónovými složkami, jako například hudba, zvuk, a nebo za hluk s informačním obsahem, přičte se další korekce -5 dB [12]. Pro hudební produkce je stanovena hodnota akustického tlaku pro zvuk elektronicky zesilované hudby v prostoru pro posluchače, pro dobu 4 hodiny hodnotou 100 dB [12]. Obdobně jsou stanoveny hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru, kde je limit 50 dB, pro vysoce impulsní hluk se přičítá další korekce -12 dB [12].

Tabulka č.1 [12]: Korekce pro stanovení hygienický limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru pro hluk ze stavebních činností

Posuzovaná doba [hod.]	Korekce [dB]
Od 6:00 do 7:00	+10
Od 7:00 do 21:00	+15
Od 21:00 do 22:00	+10
Od 22:00 do 6:00	+5

Tabulka č.2 [12]: Korekce pro stanovení hygienický limitů hluku v chráněném vnitřním prostoru staveb.

Druh chráněného vnitřního prostoru	Doba pobytu	Korekce dB
Nemocniční pokoje	doba mezi 6 ⁰⁰ a 22 ⁰⁰ hodinou 22 ⁰⁰ a 6 ⁰⁰ hodinou	0 -15
Operační sály	po dobu používání	0
Lékařské vyšetřovny, ordinace	po dobu používání	-5
Obytné místnosti	doba mezi 6 ⁰⁰ a 22 ⁰⁰ hodinou 22 ⁰⁰ a 6 ⁰⁰ hodinou	0* -10*
Hotelové pokoje	doba mezi 6 ⁰⁰ a 22 ⁰⁰ hodinou 22 ⁰⁰ a 6 ⁰⁰ hodinou	+10 0
Přednáškové síně, učebny a pobytové místnosti škol, jeslí, mateřských škol a školních zařízení		+5
Koncertní síně, kulturní střediska		+10
Čekárny, vestibuly veřejných úřadoven a kulturní zařízení, kavárny, restaurace		+15
Prodejny, sportovní haly		+20

* Pro hluk z dopravy v okolí dálnic, silnic I. a II, třídy a místních komunikací I. a II. třídy, kde je hluk z dopravy na těchto komunikací převažující, a v ochranném pásmu se přičítá další korekce +5 dB. Tato korekce se nepoužije ve vztahu k chráněnému vnitřnímu prostoru staveb navržených, dokončených a zkolaudovaných po dni nabytí účinnosti tohoto nařízení.

Zákonem č. 258/2000 ze dne 14. července 2000 ve znění úpravy Zákona č.274/2003 ze dne 7. srpna 2003 O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Díl 6 Ochrana před hlukem, vibracemi a neionizujícím zářením, Hluk a vibrace §30, se stanovují podmínky pokud osoba používající, popřípadě provozující stroje a zařízení, která jsou zdrojem hluku, provozovatel letiště, vlastník, případně správce pozemní komunikace, vlastník dráhy, a provozovatel dalších objektů, jejichž provozem vzniká hluk jsou povinni technickými, organizačními a dalšími opatřeními v rozsahu stanoveném tímto zákonem, aby hluk nepřekračoval hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb. Kde chráněným venkovním prostorem bereme nezastavěné pozemky, které jsou užívány k rekreaci, sportu, léčení a výuce, s výjimkou prostor určených pro zemědělské účely, lesů a venkovních pracovišť. Chráněným venkovním prostorem staveb se rozumí prostor do 2 m okolo obytných domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu a pro zdravotní a sociální účely, a dále staveb určených k obdobným činnostem. Chráněným vnitřním prostorem staveb se rozumí obytné a pobytové místnosti, s výjimkou ve stavbách pro individuální rekreaci a ve stavbách pro výrobu a skladování [34].

Dále stanovuje rozlišení dne na noční dobu, na dobu mezi 22:00 a 6:00 hodinou, pro mezinárodní civilní letiště přepravujícím ročně více jak 100 000 osob se noční doba zkracuje na rozmezí hodin 23:00 až 5:00 [24].

Dále se úroveň hluku zohledňuje při vydávání stavebních povolení. Limity jsou nastaveny tak, aby odpovídaly hygienickým normám. Ověřování akustických emisních vlastností stanovených výrobcem u výrobků se zabývají autorizované osoby, kontrola

dodržování předepsaného způsobu deklarování akustických emisních vlastností stanovených výrobků je v kompetenci České obchodní inspekce.

Tabulka č.3 [13], [25]: Korekce pro stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku v pracovním prostředí. Korekce na druh činnosti

Skupina	Druh práce - činnosti		Korekce(dB)
I. ³⁾	Duševní práce koncepčního charakteru s převahou tvořivého myšlení	mimořádné nároky ²⁾	-45
		běžné nároky	-40
II. ³⁾	Duševní práce velmi náročná a složitá spojená s velkou zodpovědností, soustředěním s převahou reprodukčního typu	mimořádné nároky ²⁾	-35
		běžné nároky	-30
III. ³⁾	Duševní práce vyžadující značnou pozornost, soustředěnost, s možností snadného dorozumění řeči	mimořádné nároky ²⁾	-25
		běžné nároky	-20
IV. ³⁾	Duševní práce rutinní povahy s trvalým sledováním a kontrolou sluchem, práce vykonávané na základě sluchových informací	mimořádné nároky ²⁾	-15
		běžné nároky	-10 ¹⁾
V.	Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění nebo vyžadující občasné sledování a kontrolu sluchem		-5 ¹⁾
VI.	Fyzická práce bez nároků na duševní soustředění, sledování a kontrolu sluchem a dorozumívání řeči (rozhodující je ochrana sluchu)		0 ¹⁾

¹⁾ Je-li hluk způsoben nevýrobním zařízením (například větracím, vyhřívacím nebo jiným technickým zařízením staveb) nebo proniká-li ze sousedních prostorů, nahrazují se korekce na druh činnosti korekcí -15 dB

²⁾ Za mimořádné nároky se například považuje dorozumívání cizím jazykem nebo může-li v důsledku selhání dojít k významné škodě nebo poškození zdraví.

³⁾ Pro druh činnosti skupiny I. až IV. (duševní práce) lze používat dobu hodnocení kratší než 8 hodin. Jako doba hodnocení se v tomto popřípadě přednostně volí doba trvání rušivého hluku.

Tabulka č.4 [13]: Korekce na druh vykonávané činnosti při expozici infrazvuku a nízkofrekvenčního hluku.

Druh práce – činnosti	Korekce [dB]
Fyzická práce bez nároků na duševní soustředění	0
Fyzická práce náročná na přesnost a soustředění, duševní práce rutinní povahy vyžadující značnou pozornost a soustředění	-20
Duševní práce velmi náročná a složitá s převahou tvořivého myšlení	-25

V. Přehledová studie knih a zdrojů

a) Přehled norem zabývající se hlukem a akustikou

Technické normy stanovují kritéria bezpečnosti, ochrany životního prostředí, dbají na ochranu zdraví, zajišťují racionální výrobu. Označují se jako ČSN - České technické normy. Následuje číselné označení, a přesný název normy. Pokud je za označením ČSN další zkratka, EN nebo ISO, jedná se převzaté (harmonizované) Evropské normy [35].

ČSN EN ISO 80000-8 Veličiny a jednotky - Část 8: Akustika

ČSN 01 1600 Akustika – Terminologie

ČSN EN ISO 266 Akustika - Vyvolené kmitočty

ČSN ISO 532 Akustika. Metóda pre výpočet hlasitosti

ČSN EN ISO 3740 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku - Směrnice pro užití základních norem

ČSN EN ISO 3741 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Přesné metody pro dozvukové místnosti

ČSN ISO 3743-1 Akustika. Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku. Technické metody pro malé přemístitelné zdroje v dozvukovém poli. Část 1: Srovnávací metoda pro dozvukové zkušební místnosti

ČSN ISO 3743-2 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Technické metody pro malé přemístitelné zdroje v dozvukovém poli - Část 2: Metody pro speciální dozvukové zkušební místnosti

ČSN ISO 3744 Akustika. Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku. Technická metoda ve volném poli nad odrazivou rovinou

ČSN EN ISO 3745 Akustika - Určování hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Přesné metody pro bezodrazové a polobezodrazové místnosti

ČSN ISO 3746 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustického tlaku - Provozní metoda měření ve volném poli nad odrazivou rovinou

ČSN EN ISO 4871 Akustika - Deklarování a ověřování hodnot emise hluku strojů a zařízení

ČSN EN ISO 15667 Akustika - Směrnice pro snižování hluku kryty a kabinami

ČSN ISO 7574-1 Akustika. Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 1: Všeobecné zásady a definice

ČSN ISO 7574-2 Akustika. Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 2: Metody pro jednotlivé stroje

ČSN ISO 7574-3 Akustika. Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 3: Jednoduchá metoda (přechodná úprava) pro série strojů

ČSN ISO 7574-4 Akustika. Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot. Emise hluku strojů a zařízení. Část 4: Metody pro série strojů

ČSN ISO 6926 Akustika - Požadavky na vlastnosti a kalibraci referenčních zdrojů zvuku používaných pro určování hladin akustického výkonu

ČSN ISO 9614-1 Akustika. Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustické intenzity. Část 1: Měření v bodech

ČSN ISO 9614-2 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustické intenzity - Část 2 : Měření skenováním

ČSN EN ISO 9614-3 Akustika - Určení hladin akustického výkonu zdrojů hluku pomocí akustické intenzity - Část 3: Přesná metoda měření skenováním

ČSN EN ISO 11200 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Směrnice pro používání základních norem pro určování emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech

ČSN EN ISO 11201 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Měření emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech - Technická metoda v přibližně volném poli nad odrazivou rovinou

ČSN EN ISO 11202 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Měření emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech - Provozní metoda in situ

ČSN EN ISO 11203 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Určení emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech z hladin akustického výkonu

ČSN EN ISO 11204 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Měření emisních hladin akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech - Metoda s korekcemi na prostředí

ČSN EN ISO 11205 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Technická metoda pro určování hladin emisního akustického tlaku in situ na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech pomocí akustické intenzity

ČSN EN ISO 12001 Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Pravidla pro tvorbu a prezentaci zkušebních předpisů pro hluk

ČSN ISO 1999 Akustika. Stanovení expozice hluku na pracovišti a posouzení zhoršení sluchu vlivem hluku

ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí - Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení

ČSN ISO 1996-2 Akustika. Popis a měření hluku prostředí. Část 2: Získávání údajů souvisejících s využitím území

ČSN ISO 1996-3 Akustika. Popis a měření hluku prostředí. Část 3: Použití při stanovení nejvyšších přípustných hodnot hluku

ČSN ISO 9612 Akustika - Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí

ČSN EN ISO 14257 Akustika - Měření a popis křivek rozložení zvuku v pracovních prostorech, pomocí parametrů, pro hodnocení jejich akustických vlastností

ČSN ISO 7196 Akustika - Frekvenční váhová funkce pro měření infrazvuku

ČSN ISO 1683 Akustika. Vybrané referenční veličiny pro hladiny v akustice

ČSN EN ISO 7029 Akustika - Práh slyšení zvuku vedeného vzduchem, s ohledem na věk a pohlaví otologicky normálně vyvinutých osob

ČSN EN ISO 11904-1 Akustika - Stanovení akustické imise ze zdrojů zvuku umístěných v blízkosti ucha - Část 1: Metoda používající mikrofón vložený do ucha (metoda MIRE)

ČSN EN ISO 11904-2 Akustika - Stanovení akustické imise ze zdrojů zvuku umístěných v blízkosti ucha - Část 2: Metoda používající figurínu (figurínová metoda)

ČSN ISO 4869-1 Akustika. Chrániče sluchu. Část 1: Subjektivní metoda měření vložného útlumu

ČSN ISO 4869-2 Akustika. Chrániče sluchu - Část 2: Odhad hladin akustického tlaku A za nasazeným chráničem sluchu

ČSN EN ISO 4869-3 Akustika - Chrániče sluchu - Část 3: Měření vložného útlumu mušlových chráničů pomocí akustického zkušebního přípravku

ČSN EN ISO 4869-4 Akustika - Chrániče sluchu - Část 4: Měření hladiny akustického tlaku mušlových chráničů sluchu s amplitudově závislým útlumem

ČSN ISO 3891 Akustika. Postup pro popis leteckého hluku vnímaného na zemi

ČSN EN ISO 7779 Akustika - Měření hluku šířeného vzduchem vyzařovaného zařízeními informační technologie a telekomunikací - Změna 1: Předpis pro měření hluku CD a DVD-ROM mechaniky

ČSN ISO 9295 Akustika. Měření vysokofrekvenčního hluku vyzařovaného výpočetní a kancelářskou technikou

ČSN EN ISO 1680 Akustika - Zkušební předpis pro měření hluku šířeného vzduchem, vyzařovaného točivými elektrickými stroji

ČSN ISO 9296 Akustika. Deklarované hodnoty emise hluku výpočetní a kancelářské techniky

ČSN ISO 6393 Akustika - Měření vnějšího hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce - Podmínky stacionární zkoušky

ČSN ISO 6394 Akustika - Měření hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce na stanovišti obsluhy - Podmínky stacionární zkoušky

ČSN ISO 6395 Akustika. Měření vnějšího hluku vyzařovaného stroji pro zemní práce. Podmínky dynamické zkoušky

ČSN ISO 6396 Akustika. Měření hluku šířeného vzduchem vyzařovaného stroji pro zemní práce. Místo obsluhy. Podmínky dynamické zkoušky

ČSN EN ISO 2922 Akustika - Měření zvuku šířeného vzduchem vyzařovaného plavidly na vnitrozemských vodních cestách a v přístavech

ČSN EN ISO 5135 Akustika - Určení hladin akustického výkonu hluku koncových prvků, koncových jednotek a regulačních a uzavíracích součástí vzduchotechnických zařízení na základě měření v dozvukové místnosti

ČSN ISO 11094 Akustika - Zkušební předpis pro měření hluku šířeného vzduchem, vyzařovaného motorovými žacími stroji, žacími a zahradními traktory, profesionálními žacími stroji a žacími a zahradními traktory s příslušenstvím

ČSN EN 61063 Akustika - Měření hluku šířeného vzduchem, vyzařovaného parními turbinami a jimi poháněnými stroji

ČSN ISO 10302 Akustika - Metoda měření hluku šířeného vzduchem, vyzařovaného malými ventilačními zařízeními

ČSN ISO 10847 Akustika - Určení vložného útlumu in-situ venkovních protihlukových clon všech typů

ČSN EN ISO 14163 Akustika - Směrnice pro snižování hluku tlumiči

ČSN EN 12549 Akustika - Zkušební předpis pro hluk zářezacího nářadí - Technická metoda

ČSN ISO 11819-1 Akustika - Měření vlivu povrchů vozovek na dopravní hluk - Část 1: Statistická metoda při průjezdu

ČSN EN ISO 11690-1 Akustika - Doporučené postupy pro navrhování pracovišť s nízkým hlukem vybavených stroji a zařízeními - Část 1: Strategie snižování hluku

ČSN EN ISO 11690-2 Akustika - Doporučené postupy pro navrhování pracovišť s nízkým hlukem vybavených stroji a zařízeními - Část 2: Opatření ke snižování hluku

ČSN EN ISO 11690-3 Akustika - Doporučené postupy pro navrhování pracovišť s nízkým hlukem vybavených stroji a zařízeními - Část 3: Šíření zvuku a predikce hluku v pracovních prostorech

ČSN EN ISO 11689 Akustika - Postup porovnání údajů o emisi hluku strojů a zařízení

ČSN EN ISO 11688-1 Akustika - Doporučené postupy pro navrhování strojů a zařízení s nízkým hlukem - Část 1: Plánování

ČSN EN ISO 11688-2 Akustika - Doporučené postupy pro navrhování strojů a zařízení s nízkým hlukem - Část 2: Fyzikální základy navrhování s ohledem na snižování hluku

ČSN ISO 10844 Akustika - Specifikace zkušebních drah pro měření hluku vyzařovaného silničními vozidly

ČSN EN ISO 17624 Akustika - Směrnice pro snižování hluku akustickými clonami v kancelářích a provozovnách

ČSN ISO 5128 Akustika - Měření vnitřního hluku motorových vozidel
ČSN ISO 7188 Akustika - Měření vnějšího hluku osobních automobilů za podmínek odpovídajících městskému provozu
ČSN ISO 226 Akustika - Normované křivky stejné hlasitosti
ČSN ISO 15664 Akustika - Návrhy postupů snižování hluku nezakrytých závodů a průmyslových provozů
ČSN EN ISO 17201-1 Akustika - Hluk střelnic - Část 1: Určení hluku výstřelu u ústí hlavně pomocí měření
ČSN EN ISO 17201-2 Akustika - Hluk střelnic - Část 2: Odhad hluku u ústí a hluku projektilu výpočtem
ČSN EN ISO 17201-4 Akustika - Hluk střelnic - Část 4: Predikce hluku projektilu
ČSN EN ISO 3095 Železniční aplikace - Akustika - Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly
ČSN EN ISO 3381 Železniční aplikace - Akustika - Měření hluku uvnitř kolejových vozidel
ČSN IEC 50(801) Mezinárodní elektrotechnický slovník - Kapitola 801: Akustika a elektroakustika
ČSN EN 61265 Elektroakustika - Přístroje na měření hluku letadel - Provozní požadavky na systémy pro měření hladin akustického tlaku v třetinooktávových pásmech při certifikaci kategorie dopravních letadel
ČSN 73 0526 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku
ČSN EN ISO 11654 Akustika - Absorbéry zvuku používané v budovách - Hodnocení zvukové pohltivosti
ČSN EN ISO 717-1 Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 1: Vzduchová neprůzvučnost
ČSN EN ISO 717-2 Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2: Kročejová neprůzvučnost
ČSN 73 0532 2000/3 Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky
ČSN EN ISO 3822-1 Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 1: Metody měření
ČSN EN ISO 3822-2 Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku z armatur vnitřních vodovodních instalací - Část 2: Montáž a provozní podmínky výtokových ventilů a mísících baterií (ISO 3822-2:1995)
ČSN EN ISO 3822-3 Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vodovodních instalací - Část 3: Montáž a provozní podmínky průtokových ventilů a armatur
ČSN EN ISO 3822-4 Akustika - Laboratorní zkoušky emise hluku armatur a zařízení vnitřních vodovodů - Část 4: Montáž a provozní podmínky speciálních armatur
ČSN EN 1265 Zkušební předpis pro hluk pro slévárenské stroje a zařízení
ČSN EN 1547 Průmyslová tepelná zařízení - Zkušební předpis pro hluk z průmyslových tepelných zařízení včetně jejich pomocného (přidruženého) manipulačního zařízení
ČSN EN ISO 2151 Zkušební předpis pro hluk vyzařovaný kompresory a vývěvami - Technická metoda (třída přesnosti 2)
ČSN EN 12639 Kapalinová čerpadla a čerpací soustrojí - Zkušební předpis pro hluk - Třídy přesnosti 2 a 3
ČSN EN 1151-2 Čerpadla - Hydrodynamická čerpadla - Oběhová čerpadla s elektrickým příkonem do 200 W pro systémy vytápění a rozvody teplé vody v domácnosti - Část 2: Zkušební předpis pro hluk (s využitím vibrační akustiky) pro měření hluku přenášeného hmotou konstrukce a kapalinou

ČSN EN 12736 Elektricky poháněná silniční vozidla - Vnitřní hluk vozidla při nabíjení vestavěným nabíječem - Stanovení hladiny akustického výkonu

ČSN EN ISO 14509-2 Malá plavidla - Hluk přenášený vzduchem vyzařovaný z motorového rekreačního plavidla - Část 2: Použití referenčního plavidla pro posuzování hluku

ČSN ISO 7960 Hluk vyzařovaný obráběcími stroji, šířený vzduchem - Provozní podmínky pro dřevozpracující stroje

b) Přehled literatury zabývající se hlukem a akustikou

- Nový R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha 2000.
V úvodních kapitolách je přehledně zpracována problematika technické akustiky spolu s uvedením základních pojmů a veličin v akustice. Velká část knihy je věnovaná šíření chvění v konstrukcích a dále pak prostředkům snižování hluku a zdrojům a šíření hluku. Jsou zde uvedeny psychoakustická a hluková kritéria a decibelová stupnice v akustice.
- Jiříček, O. Úvod do akustiky, Vydavatelství ČVUT, 2002.
Úvodní část je věnována fyzikální akustice s odvozením základních rovnic a vztahů. V dalších kapitolách je věnován prostor měření a hodnocení zvuku, fyziologické akustice a prostorové a stavební akustice. V závěru je vysvětlena hudební akustika.
- Liberko, M.: Hluk v prostředí – Problematika a řešení. Praha. Ministerstvo životního prostředí, 2004.
V úvodu je definována hluk, dále se kniha zabývá emisní a imisní problematikou hluku s odkazy na legislativu EU a legislativu ČR. Na závěr pak aktuálními problémy v oblasti hluku, hlukových map a řešení hlukových problémů.

Beranek, L.L.: Noise and Vibration Control. INCE USA, 1988.

Bies, D.A., Hansen, C.H.: Engineering Noise Control. E& FN Spon, London, 1996.

Dedouch K., Nový R., Ransdorf J.: Hluk a vibrace strojních zařízení, ČVUT Praha, 1990.

Fahy, F.J.: Sound Intensity. Elsevier Applied Sciences, London, 1989.

Fahy, F.J.: Sound and Structural Vibration – Radiation, Transmission and Response. Academic Press, INC., London, 1985.

Fahy, F.J., Walker, J.: Fundamentals of Noise and Vibration. E & FN Spon, London, 1998.

Fry A.: Noise Control in Building Services. Pergamon Press, 1988.

Greif K.: Hluk kompresorů, Strojírenství, 1979.

Harris C.M.: Handbook of Noise Control. McGraw-Hill Book Company, 1957.

Hassal J.R., Zaveri K.: Acoustic Noise Measurements, Bruel a Kjaer, 1988.

Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví. Avicenum, Praha, 1990.

Kadlec, F.: Zpracování akustických signálů. Skripta ČVUT, Praha 1998.

Morse, P.M.: Vibration and Sound. Acoustical Society of America, 1995.

Němec, J., Ransdorf, J., Šnédrle, M.: Hluk a jeho snižování v technické praxi. SNTL Praha, 1970.

Němec, J., Ransdorf, J., Šnédrle, M.: Ochrana proti hluku v technické praxi. Práce, Praha 1961.

Němeček, Pavel, Hluk v technické praxi. Technická univerzita v Liberci, 1998.

Nový R.: Hluk a otřesy - ČVUT, Praha 1993.

Nový R.: Hluk nákladních automobilů. ACTA Polytechnika, 1978.

Nový R.: Hodnocení tlumičů hluku. Sborník 16. mezinárodní akustické konference, Tatry 1977.

Nový R.: Výpočet ekvivalentní hladiny dopravního hluku. Zdravotní technika vzduchotechnika, Praha, 1972.

Merhaut, J.: Theory of electroacoustics. McGraw-Hill Inc., 1981.

Merhaut, J.: Teoretické základy elektroakustiky. Academia, Praha 1982.

Rettinger M.: Noise Level Reductions of Barriers Noise Control. 1957.

Smetana C. a kol., Hluk a vibrace – Měření a hodnocení. Sdělovací technika, Praha 1998.

Smetana C., Měření hluku a chvění. SNTL, Praha 1974.

Šamánek, J.: Zvuk a hluk v architektuře, ČS středisko výstavby a architektury, Praha, 1971.

Škvor, Z.: Elektroakustika a aplikovaná akustika. Skripta ČVUT, Praha 1994.

Škvor, Z.: Vibrating Systems and Their Equivalent Circuits. Academia, 1991.

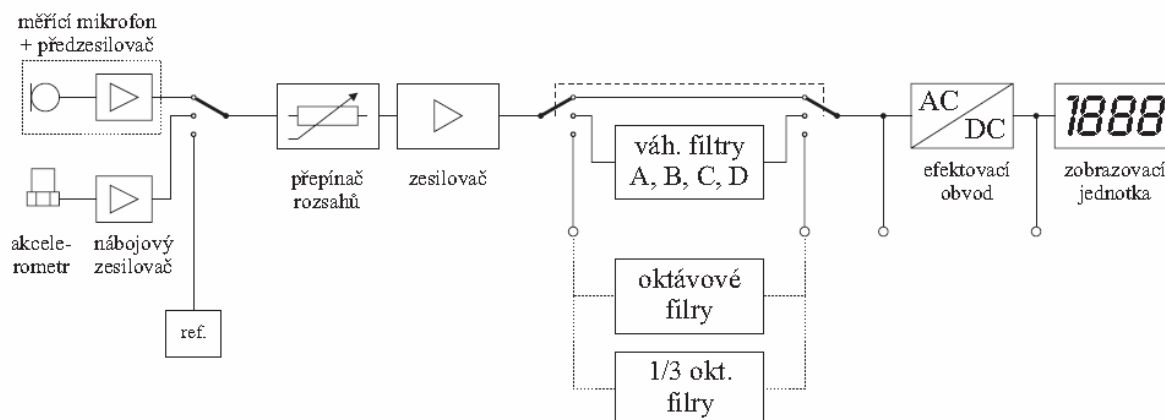
Tůma, J.: Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT., ST 1997.

Žižan, S. : Znižovanie hluku a kmitania, skripta STU Bratislava, Bratislava 1997

VI. Metody měření

a) Zvukoměry a hlukoměry

K měření hluku slouží hlukoměry a mikrofony. Hlukoměry jsou elektronické přístroje se zabudovaným mikrofonom, používají se pro měření úrovně hluku, hlučnosti. Hluk je na hlukoměrech většinou vyhodnocován v decibelech, ve dvou charakteristikách A a C, přičemž A je charakteristika vnímání zvuku lidského ucha a C je charakteristika lineární, skutečná. Rozsah měření takových měřidel se značně liší, stejně jako cena, tvar a přesnost měření. Měřicí rozsah bývá většinou od 30 do 130 dB, přesnost okolo 2 %, frekvenční rozsahy od 30 Hz do 8 kHz [27], ale pokaždé záleží na daném určitém druhu přístroje. Na obrázku č.7 je naznačeno blokové schéma měřicího přístroje zvukoměru.



Obrázek č.7. [3] : Blokové schéma zvukoměru.

Měření se dá rozdělit na dvě části, na měření hluku vznikající na daném zařízení a na měření hluku v prostředí. Při měření se určují základní parametry charakterizující hluk. Důraz je kladen, aby měření neovlivňovali žádné rušivé zvukové vlivy, nežádoucí odrazy, uložení v nevhodných podmínkách, apod.

Měřením hluku a jejich analýzou se zabývají autorizovaný zkušební hluku a vibrací, případně soukromé firmy. Mezi nabízené služby patří úřední měření hluku ve venkovním

prostoru, které je potřebné pro rozhodování úřadu, např. při udělování stavebních povolení, kolaudačních řízení a podobně. Dále měření vnitřních prostor, vypracování hlukových studií, měření hluku na strojních zařízeních, aplikace naměřených hodnot hluku a vibrací v návodu k obsluze, měření a výpočet deklarovaných emisních hodnot hluku, a další možnosti měření hluku. Měření se provádí pouze za pomoci úředně ověřenými měřicími přístroji, například firem Brüel & Kjær, Quest (USA) a Norsonic třídy přesnosti 1 [28].

Při analýze hluku strojů, je prováděna především frekvenční analýza pomocí analyzátorů v reálném čase, další metodou je mapování zvukového pole měřením intenzity zvuku apod. [29].

Dalšími přístroji používaných při měření hluku a jiných audiosignálů jsou spektrální analyzátoři hluku, všesměrový zdroj hluku, zdroj kročejového hluku, měřicí aparatura 2,5 W, sonda akustické intenzity [30].

Při měření úrovně intenzity audiosignálu se musí postupovat podle norem, kde je přesně uvedena metoda postupu měření, je tam dále uvedena terminologie týkající se oborů elektroakustiky obsažených v normách. Pokud je za potřebí proces experimentálního měření, které není obsaženo v normě, musí se podrobně zapisovat postup měření, aby byla doložena přesnost a reprodukovatelnost daného měření, uvádějí se nejistoty a chyby měření [3].

Při měření akustické intenzity se dosahuje lokalizace zdroje hluku, mapování zvukového pole pomocí intenzitní sondy, identifikace akusticky slabých míst, průzvučných štěrbin, odhalení postranních přenosů, určení hladin akustického výkonu hluku.

b) Vyhodnocování hluku

Zvuk je zaznamenán jako časově spojitý signál. V grafickém vyjádření je to závislost hladiny akustického tlaku na čase. V normě ČSN ISO 1996-1 jsou uvedeny postupy pro měření a vyhodnocování hluku prostředí. Hladina zvuku A je v normě definována jako hladina akustického tlaku frekvenčně váženého filtrem A a značí se L_{pA} [dB]. Hladina A se měří při zapojeném váhovém filtru A, výsledek je jednočíslná hodnota, které odpovídá hlučnosti v prostředí a která je uvedena v tabulkách v příslušných normách.

Protože většinou hluk v čase značně kolísá a není ho možno vyjádřit jednočíslně pomocí hladiny akustického tlaku A, proto je definována ekvivalentní hladina akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ [dB] [10]. Je to fiktivní ustálená hladina akustického tlaku, které má stejné účinky během stejného času jako má proměnlivá hladina akustického tlaku A. Odvození vzorce je patrné z rovnice (1) [10].

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

Kde $L_{Aeq,T}$ [dB] je ekvivalentní hladina akustického tlaku A určená pro časový úsek.

$p_A(\tau)$ [s] je okamžitý akustický tlak A zvukového signálu.

Pokud vzorec upravíme a integrály nahradíme sumací dostaneme rovnici (2) [10].

$$L_{pAi} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{pAi}} \eta_i \quad (2)$$

Kde η_i [-] je relativní četnost hladiny zvuku L_{pAi} .

L_{pAi} [dB] je střední hodnota zvuku v i-tem hladinovém intervalu.

Pokud budeme zkoumat sinusový signál můžeme na základě průběhu odhadnout následující pokračování signálu. Protože hluk takový průběh nemá, dá se jen velice těžko předpovídat (predikovat) následný průběh signálu. K těmto účelům nám slouží různé korelační funkce [3]. Vyhodnocení se provádí na základě statistického přístupu. Náhodný proces X je funkcí času, v našem případě se jedná o průběh zvukového signálu, který nabývá

pro každý okamžik t náhodnou velikost. Měření průběhu hluku v závislosti na čase je sledování právě jedné realizace odpovídající náhodnému procesu, tím získáváme náhodný signál. Autokorelační funkce se definuje vztahem (3) [3].

$$R_{xx}(t, \tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i(t) x_i(t + \tau) \quad (3)$$

Pro stacionární proces platí, že střední hodnota a autokorelační funkce vypočtená ze souboru realizací jsou shodné se střední hodnotou a autokorelační funkcí vypočtenými z jedné realizace pomocí časové integrace [10]. Autokorelační funkce je sudou funkcí τ .

Pro převod signálu z časové oblasti do frekvenční oblasti použijeme Fourierovu transformaci. Pokud máme neperiodickou řadu definovanou v čase $(-\infty, +\infty)$, je možné ji brát jako funkci s periodou $T \rightarrow \infty$. Součtem této řady dostaneme integrál, jehož argumenty je integrál pro koeficienty Fourierovy řady, dostaneme tedy dvojný Fourierův integrál v rovnici (4) [3]

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{j\omega t} \left[\int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j\omega x} dx \right] d\omega \quad (4)$$

Při frekvenční analýze tedy převádíme funkci $f(t)$ na $F(\omega)$. K tomu nám slouží následující dvojici rovnic (5) a (6), které vycházejí z Fourierova integrálu a nazývají se Fourierovy transformace (dopředná a zpětná) [3].

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (5)$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega \quad (6)$$

Při zpracování signálu v MATLABu použijeme Rychlou Fourierovu transformaci FFT (Fast Fourier Transform).

Jak již bylo zmíněno v úvodu používá se při určování hladiny intenzity zvuku jednotka decibel (dB). Tu získáme pokud sledovaný akustický tlak p [Pa] podělíme referenčním akustickým tlakem p_0 [Pa], který má hodnoty $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Abychom dostali jednotku dB musíme tento podíl logaritmovat a vynásobit dvaceti (7) [10].

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (7)$$

Tímto dostaneme hodnotu hladiny akustického tlaku L_p [dB]. Obdobně bychom získali i hladinu akustického výkonu a to záměnou akustického tlaku za akustický výkon. Hodnota referenčního akustického výkonu W_0 je 10^{-12} W. Podíl logaritmujeme a násobíme deseti (8) [10].

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (8)$$

Posledním vyjádřením pomocí dB je hladina intenzity zvuku L_i [dB] (9) [10].

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (9)$$

VII. Zpracování zaznamenaných audiosignálů

a) Úvod do měření audiosignálu

V této části se již budeme zabývat konkrétními naměřenými audiosignály. Zaznamenání zvukových signálů jsem provedl v prostředích kde se člověk běžně pohybuje a zaznamenané hluky běžně na člověka působí. Ve městě v oblasti křižovatek je to dopravní hluk, hluk v dopravních prostředcích, na pracovišti a hluk v domácnosti. V domácnosti jsem zaznamenával audiosignály pomocí mikrofonu připojeného ke zvukové kartě počítače. Mikrofon má kmitočtový rozsah 30 Hz - 16 kHz a odpor 1,4 k Ω . V ostatních lokalitách jsem audiosignály zaznamenal pomocí přenosného přehrávače MP3 typ MP-111, od výrobce TEAC. Zvukový signál jsem nahrával ve zvukového formátu WAV, který patří mezi RIFF formáty, které se používají díky snazší výměně dat mezi programy. Tyto formáty ukládají vlastní data, které jsou dělena do, na sobě nezávislých bloku, a nepoužívá se žádná ztrátová komprese [31].

Pro zpracování nahraných audiosignálu z různých prostředí jsem použil prostředí programu MATLAB, verze 7.1. a jeho toolboxu. Pro návrh a zpracování grafického rozhraní jsem použil příkaz guide, po kterém se objeví volba pro vytvoření nového spustitelného rozhraní. Při programování programu na analýzu škodlivých audiosignálů jsem používal nápovědy Matlabu a dále skripta [32] a [3] [10].

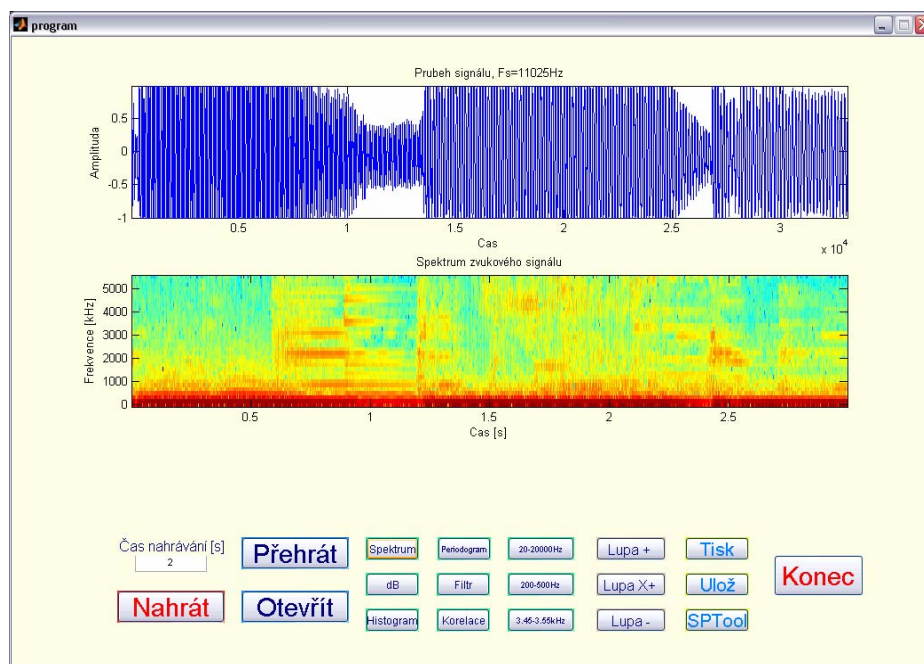
b) Popis programu – návod na použití

Program je spustitelný pomocí souboru s názvem program.fig, po kliknutí se otevře program MATLAB a zároveň program. Na úvod máme dvě možnosti jak začít s programem pracovat, nejprve je nutno nahrát nebo otevřít zvukový soubor. Při nahrávání je nutné nejprve zadat délku nahrávání, čas se udává v sekundách a zapisuje se do políčka, pokud do pole napíšeme písmeno požádá nás program o opravu a zadání čísla. Po stisknutí tlačítka Nahrát se spustí nahrávání zvukového souboru. Je nutné mít ke zvukové kartě počítače připojený mikrofon. Nahraná data se ukládají do pracovního souboru nazvaného zvuk.wav. Zvuk je nahráván se vzorkovací frekvencí $F_s = 11\,025$ Hz, kodek PCM Audio, zvuk je monotónní. Správnost nahrání signálu se nám potvrdí zobrazením průběhu signálu v grafu Prubeh signálu. Tlačítkem Otevřít se nám otevře okno s výběrem pro otevření zvukových souboru uložených s koncovkou wav. Pokud se nám při otevírání zvukového signálu neobjeví signál otevíraného souboru, je nutné tento soubor upravit na parametry vhodné pro otevření a zpracování v programu MATLAB. Zvukový signál musí používat kodek PCM Audio. Pro ověření nahraného a nebo otevřeného zvukového signálu použijeme tlačítko Hrát a poslechem zkontrolujeme správnost požadované nahrávky.

Signál již máme nahraný, proto můžeme s programem začít pracovat a využít další tlačítka, která slouží pro jeho analýzu a export. První tlačítko s názvem Spektrum vykreslí zadaný audiosignál v závislosti frekvence na času, spolu s barevným odlišením. Pokud budeme vyhodnocovat signál o frekvenci 1 kHz bude ve spektru tlustá sytá červená čára v oblasti kmitočtu 1 kHz. Pokud analyzujeme zvuk obsahující mluvené slovo jsou ze spektra vidět frekvenční části slova. Pro určení škodlivosti audiosignálu je zde tlačítko dB, které nám časový průběh signálu převede do frekvenční oblasti a amplitudu převede do logaritmického vyjádření stupnice dB. V oblasti 85 dB je vyznačena červená čára, která dle kapitoly II.

označuje hranici škodlivého hluku. Tlačítkem Histogram si můžeme zobrazit rozložení signálu pomocí histogram. Jednotlivé hladiny amplitudy jsou zde rozděleny dle četnosti výskytu. Pro zobrazení výkonové spektrální hustoty signálu stlačíme tlačítko Periodogram, které pro vykreslení výkonové spektrální hustoty používá metody periodogramu. Pokud budeme chtít signál filtrovat přes pásmovou propust s kmitočtem středu propustného pásma $f_0 = 3$ kHz, použijeme tlačítko Filtr. Filtrovaný signál se nám zobrazí v druhém grafu a výsledek se nám přehraje a uloží do program zvuk_fil.wav. Pokud chceme provést opakovanou filtraci signálu můžeme signál uložený v souboru zvuk_fil.wav znovu otevřít a stisknutím tlačítka Filtr provést nový průchod přes pásmovou propust.

Z velké části se nám nahrávané signály zdají neperiodické, pro ověření periodicity nám slouží tlačítko Korelace, které provádí autokorelaci audiosignálu, které byla vysvětlena v předcházející kapitole, a výsledek vykreslí do grafu. Následující sada tří tlačítek označených, jako 20 - 20 000 Hz, 200 - 500 Hz a 3,45 - 3,55 kHz, nám vykreslí signál v oblasti frekvencí uvedených na tlačítku. Pro práci se signálem nám ještě slouží tři tlačítka, první Lupa + nám po označení oblasti signálu myši zobrazí vybranou část ve zvětšeném měřítku, tlačítko Lupa X+ slouží ke zvětšování a přibližování průběhu signálu ve směru osy X. Zvětšení části signálu vrátíme do původních velikostí dvojitým kliknutím myši na oblast grafu, nebo pokud použijeme tlačítko Lupa -.



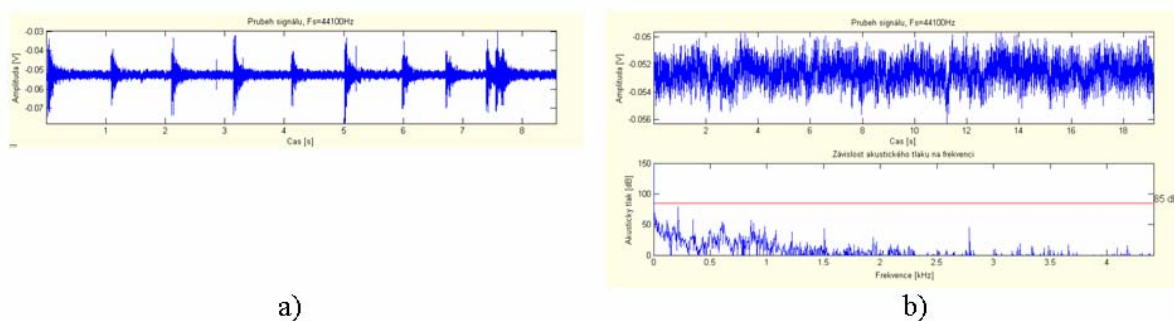
Obrázek č.8. : Zobrazení grafické podoby programu.

Následující tlačítka nám slouží k exportu výsledků. První slouží k Tisku, po stlačení se nám objeví dialogové okně, ve kterém si nastavíme parametry a zobrazovanou část pro tisk a následně vybereme tiskárnu na které chceme tisk uskutečnit. Tlačítkem Ulož se nám zobrazí okno do kterého napíšeme název pod kterým chceme soubor ve formátu wav uložit a zvolíme umístění souboru do adresářové struktury. Pokud chceme využít dalších možností programu MATLAB a použít toolbox SPTool poslouží nám k tomu tlačítko SPTool, které provede převod signálu z wav do mat a jeho import pod názvem zvuk do SPTool, kde můžeme s daným signálem dále pracovat. Tlačítkem Konec ukončíme činnost programu. Signál nahraný je i po uzavření programu uložen v domovském adresáři. Na obrázku č. 8 je vidět grafické provedení programu, s ukázkou zpracování audiosignálu.

VIII. Popis naměřených a zpracovaných audiosignálů

a) Hluky v domácnosti

V domácím prostředí jsem zaznamenal zvuky pronikající z venkovního prostředí. Na obrázku č. 9. a) to je hluk pronikající do klidových místností ze zábavní pyrotechniky z oslav silvestra. Na obrázku č. 9. b) je zaznamenán průběh hluku z větráku počítače, jedná se o nepříjemný hluk, ale svou intenzitou nedosahuje hodnoty 85 dB , která označuje škodlivý hluk. Poslední zaznamenaný signál je na obrázku č. 13. b).

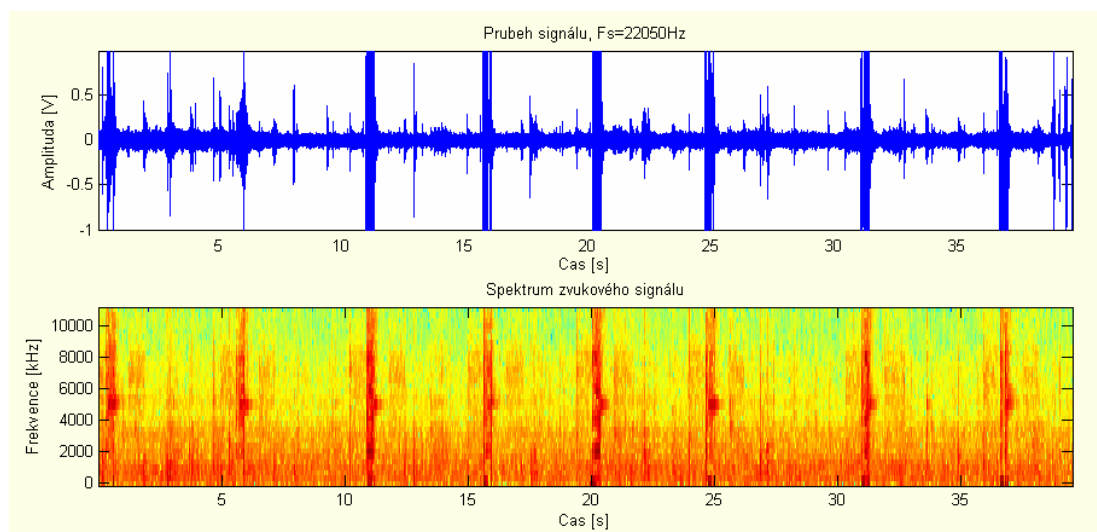


Obrázek č.9.: Záznamy hluku v domácnosti

a) Pronikající hluk zábavní pyrotechniky

b) Hluk z větráku počítače

b) Zvuky z pracovního prostředí

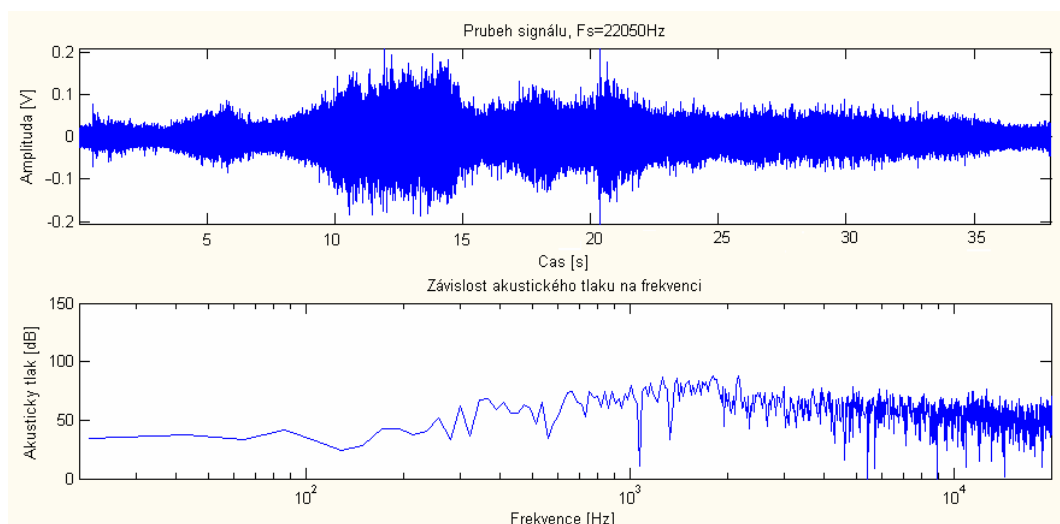


Obrázek č.10.: Průběh zvukového signálu z pracoviště ultrazvukového sváření.

Signál jsem zaznamenal na pracovišti ultrazvukového sváření plastu, z důvodů frekvenčního omezení nahrávacího přístroje nejsou zaznamenány vysoké kmitočty. Průběh je vidět na obrázku č. 10. Jedná se o vysokofrekvenční hluk s výrazovými tónovými složkami. Ve slyšitelném pásmu působí na sluch nepříjemný, velice pisklavý tón. Zvuk vzniká při ultrazvukovém sváření, kdy jsou za pomoci ultrazvukových vln narušeny molekuly k sobě přilehajících částí plastového výrobku a jejich navázáním dosáhneme pevného spojení.

c) Dopravní zvuky

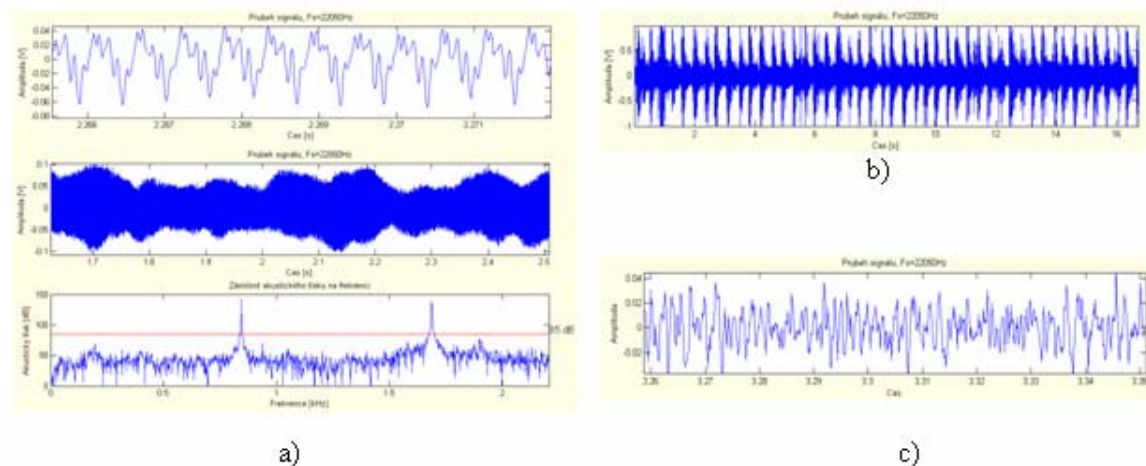
V kapitole III. je na obrázku č. 6. zaznamenán průběh signálu v dopravním prostředí v železniční dopravě. Mezi největší producenty dopravního hluku je automobilová doprava, na obrázku č. 11. je zaznamenán průběh zvukového signálu v blízkosti rušné křižovatky. Na hluku v okolí velkých křižovatek ve velkých městech, se též podílí tramvajová doprava. Z průběhu signálu je vidět v jakém časovém okamžiku nastala na signálech světelné signalizace změna z červené na zelenou. Po rozjezdu a odjetí automobilu se velikost hluku vrátila na úroveň ze začátku ukázky. V grafu závislosti akustického tlaku na frekvenci je průběh signálu celém slyšitelném pásmu od 20 Hz do 20 kHz. Hluk vykazuje nejvyšší hlučnost v oblasti 1 kHz, kde překračuje limit 85 dB.



Obrázek č.11.: Průběh hluku v blízkosti rušné automobilové křižovatky.

d) Ostatní hluky a zvuky v prostředí

Mezi ostatní zvuky jsem zařadil tyto pořízené audiosignály, jedná se o záznam deště, zvuk sirén, která ohlašuje nebezpečí, případně vznik požáru. Dále zvuk pořízený při hudebně tanečním představení v multifunkční aréně, kde na člověka působí značné množství hluku a zvuku, které jsou nastaveny na maximální možnou úroveň pro umocnění zážitků z hudebního představení. S zvuk prudkého deště.



Obrázek č. 12.: Průběhy zvuku v prostředí

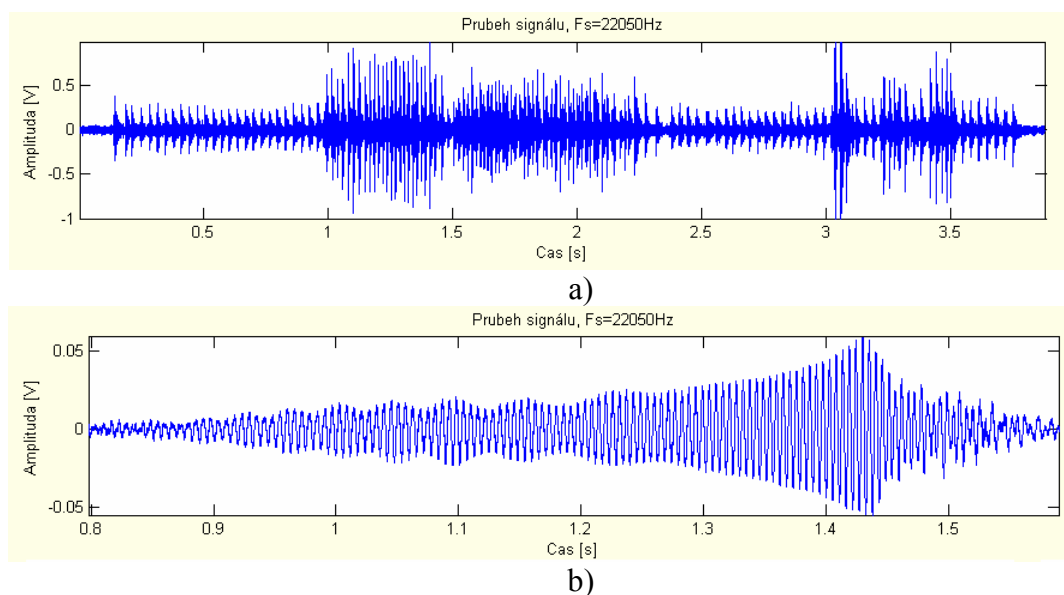
a) Průběh hluku sirény

b) Zvuk působící na diváka při tanečním představení

c) Průběh hluku prudkého deště

e) Hluky ze stavebních činností

Mezi méně časté hluky v běžném prostředí patří zvuky vydávané při stavebních činnostech. V následujících ukázkách jsou zaznamenány průběhy stavebních strojů. Sbiječky při opravě mostní konstrukce. Záznam je pořízen ve venkovním volném prostoru. Druhá ukázka je hluk pronikající, z úpravy vozovky po výkopu, do vnitřního prostoru obytných budov. Zvuk se šíří od zdroje vibrací zemí k základům budovy a odtud dále v podlahách a stěnách do dalších místností. Vibrace způsobují drnčení oken.



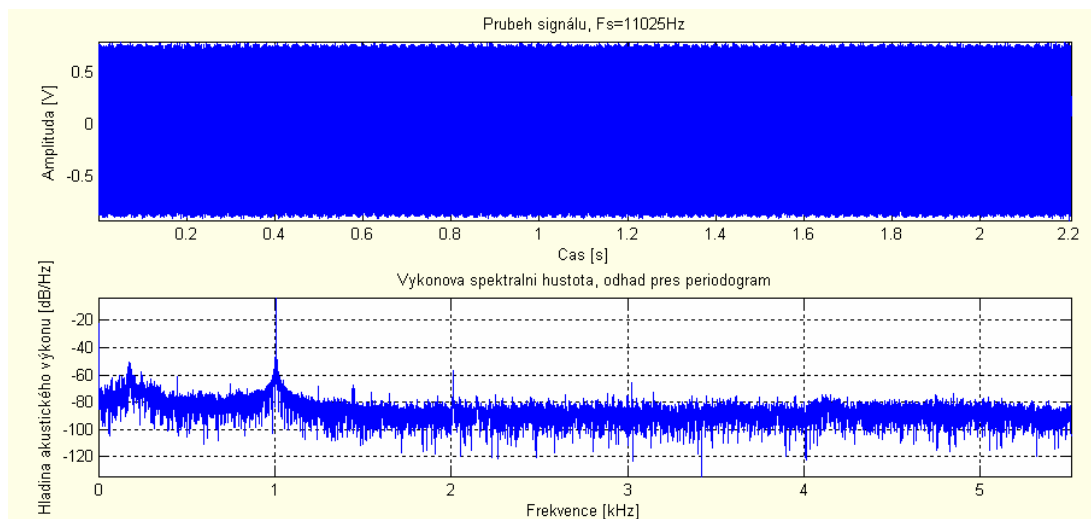
Obrázek č. 13.: Průběh hluku při stavebních činnostech

a) Venkovní prostor, zvuk sbiječky

b) Vnitřní prostor, zvuk z úpravy povrchu komunikace

f) Kontrola funkčnosti programu

Pomocí generátoru signálu v programu Audacity, který je volně šiřitelný pod licencí GNU GPL, jsem vygeneroval sinusový signál o frekvenci 1 kHz, průběh signálu i se zaznamenaným šumem je na obrázku č. 14, po převodu signálu do frekvenční oblasti a vykreslení jeho výkonové spektrální hustoty signálu zřetelně vidíme na hodnotě 1 kHz nárůst hladiny akustického výkonu.



Obrázek č. 14.: Průběh signálu z tónového sinusového generátoru o frekvenci 1 kHz.

IX. Závěr

V našem prostředí na nás utočí hluk na každém kroku, je proto důležité si svůj sluch chránit a zbytečně ho nevystavovat škodlivým účinkům hluku. O škodlivosti a účincích škodlivých hluků na člověka jsme se seznámili v této práci. K rozlišení zda na nás působí a nebo nepůsobí škodlivý hluk nám může posloužit program pro analýzu škodlivých audiosignálů. Pokud bychom chtěli zjistit zda se v našem okolí dodržují normy v oblasti hlučnosti prostředí, je nutné se obrátit na příslušné zkušebny a nechat si hladinu hluku odborně změřit. K vyhodnocování nám poslouží normy a nařízení vlády kde jsou stanoveny hygienické limity při ochraně sluchu. Na přiloženém CD disku naleznete spustitelný program spolu se zdrojovým kódem programu, které je možno otevřít v m-editoru programu MATLAB. Program je vytvořen pro verzi MATLABU 7.1. pro otevření v dalších verzích by byla nutná úprava zdrojového kódu. V samostatném adresáři na přiloženém CD jsou vybrané nahrané audiosignály z běžného každodenního prostředí. Grafické průběhy a vyhodnocení některých signálů jsou součástí této práce.

X. Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] TOMAN, K.: Reprodukory a reprosoustavy, Dexon, Karviná 2001
- [2] Zvuk [online]. Dostupné z URL <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Zvuk> >
- [3] JIRÍČEK, O.: Úvod do akustiky, Vydavatelství ČVUT, 2002, ISBN 80-01-02460-01
- [4] BÁLEK, R.: Hluk a vibrace. Dostupné z URL <http://aldebaran.feld.cvut.cz/vyuka/zivotni_prostredi/prednasky/ZP_prednaska_11_v6.doc>
- [5] MATOUŠEK, O.: Práce v hlučném prostředí, Státní zdravotní ústav, 1 vydání, 1997. Dostupné z URL <<http://bzp.bozpinfo.cz/priloha/hlucne.pdf>>
- [6] ŘÍHÁČEK, T.: Vliv hluku na člověka. Dostupné z URL <http://www.veronica.cz/ucastverejnosti/vliv_hluku_na_cloveka.pdf >
- [7] BLAŽEK J.: Dokumentace o hodnocení vlivů těžby pískovce na výhradním ložisku. Dostupné z URL <http://tomcat.cenia.cz/eia/download.jsp?view=eia_cr&id=HKK009&file=oznameniDOC>
- [8] ŽÍDKOVÁ, Z.: Zabiják hluk. Dostupné z URL <<http://www.zubarno.cz/view.php?cislocclanku=2005050301> >
- [9] ŽÍDKOVÁ, Z.: Zabiják hluk, Výsledek dotazníkového šetření postojů veřejnosti k hluku. Dostupné z URL <http://www.zubarno.cz/download/zabijak_hluk.pdf>
- [10] NOVÝ, R.: Hluk a chvění, Vydavatelství ČVUT, Praha 2000, Vydání druhé, ISBN 80-01-02246-3
- [11] Zdroje hluku a jeho měření [online]. Dostupné z URL <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdroje-hluku-a-jeho-mereni>>
- [12] Kolektiv autorů: Sbírka zákonů Česká republika, Částka 51, Tiskárna ministerstva vnitra, Praha 2006. ISSN 1211-1244. Dostupné z URL <<http://www.nrl.cz/hluk/legislativa/NV-148-2006.pdf>>
- [13] Kolektiv autorů: Sbírka zákonů Česká republika, Částka 146. Tiskárna ministerstva vnitra, Praha 2000. Dostupné z URL <<http://www.mvcr.cz/sbirka/2000/sb146-00.pdf>>
- [14] Kolektiv autorů: Hluk ve vnějším prostředí. Právní rádce občana obtěžovaného hlukem. Dostupné z URL <http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf>
- [15] Psychologie [online]. Dostupné z URL <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Psychologie>>
- [16] Téma - Vzkazy 20. století - Akustický smog, skryté dědictví 20. století (30.3.2008) [Rozhlasový pořad]. Dostupné z URL <<http://www.psvz.cz/zidkova/stophluku/rozhlas.mp3> >
- [17] LIPSKÝ M.: Zvuk a hudba jako prostředek muzikoterapeutického působení na lidský organismus. Dostupné z URL <<http://www.muzikoterapie.cz/index.php?p=obsah/clanky/zvuk-a-hudba-jako-prostredek-muzikoterapeutickeho-pusobeni-na-lidsky-organizmus>>
- [18] HLAVÁČEK J.: Směrnice EU pro hodnocení a řízení hluku ovlivňujícího životní prostředí. Dostupné z URL <<http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/1508.pdf>>
- [19] BERNARD M.: Analýza výsledků strategických hlukových map. Únor 2008. Dostupné z URL <http://aa.ecn.cz/img_upload/a6fff2d4939ff74268dd80e1c2102b42/analyza.doc>
- [20] Hlukové mapy [online]. Ministerstvo zdravotnictví České republiky. Dostupné z URL <<http://hlukovemapy.mzcr.cz/>>
- [21] Infrazvuk a ultrazvuk [online]. Dostupné z URL <<http://mfweb.wz.cz/fyzika/154.htm>>

- [22] Příroda - životní prostředí [online]. Dostupné z URL <
http://geocr.tul.cz/index.php/P%C5%99%C3%ADroda_%C5%BEivotn%C3%AD_prost%C5%99ed%C3%AD>
- [23] Účinky dopravy na životní prostředí a zdraví obyvatel v ČR [online]. Dostupné z URL <
<http://cde.ecn.cz/dokumenty/doprava/vlivercz.htm>>
- [24] Kolektiv autorů. Sbírka zákonů Česká republika, Částka 74. Tiskárna ministerstva vnitra, Praha 2000. Dostupné z URL < <http://www.mvcr.cz/sbirka/2000/sb074-00.pdf> >
- [25] Kolektiv autorů. Sbírka zákonů Česká republika, Částka 27. Tiskárna ministerstva vnitra, Praha 2004. Dostupné z URL < <http://www.mvcr.cz/sbirka/2004/sb027-04.pdf> >
- [26] KERLES M.: Nový zdroj hluku - Zimní pneumatiky. Dostupné z URL <
http://www.enviweb.cz/?env=hluk_archiv_gbfgb>
- [27] Hlukoměry, měření hluku [online]. Dostupné z URL < http://www.e-pristroje.cz/merici_pristroje-hlukomery.html>
- [28] AZH – měření a snižování hluku a vibrací [online]. Dostupné z URL <
<http://www.azh.cz/main/azh2.html>>
- [29] Laboratoř technické diagnostiky – měření vibrací a hluku [online]. Dostupné z URL <
http://www.ksd.tul.cz/skolici_pracoviste/laborator.htm>
- [30] Akustické centrum [online]. Dostupné z URL <
<http://www.akustickecentrum.cz/index.php?leftodkaz=0&upodkaz=1>>
- [31] Zvukový formát WAV [online]. Dostupné z URL
<<http://www.fi.muni.cz/~gruzicka/Duffek/wav.html>>
- [32] KOZUMPLÍK J., KOLÁŘ R., JAN J.: Číslíkové zpracování signálů v prostředí MATLAB. MJ servis Brno, 2002. ISBN 80-214-1964-4
- [33] Základy akustiky [online]. Dostupné z URL <
<http://www.audiocity.cz/clanek.php?id=76>>
- [34] Kolektiv autorů. Sbírka zákonů Česká republika, Částka 92. Tiskárna ministerstva vnitra, Praha 2003. Dostupné z URL < <http://www.mvcr.cz/sbirka/2003/sb092-03.pdf> >
- [35] Český normalizační institut – průvodce světem technických norem [online]. Dostupné z URL <<http://www.cni.cz>>