

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Studijní program: ZEMĚDĚLSKÉ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: PROVOZNĚ PODNIKATELSKÝ

Katedra: KATEDRA ZEMĚDĚLSKÉ, DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ
TECHNIKY

Vedoucí katedry: doc. Ing. JELÍNEK ANTONÍN, CSC.

Diplomová práce

Téma

**Zhodnocení zvukoměrů firmy Brüel a Kjaer a
jejich použití v praxi**

Vedoucí práce

Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor

Michal Novotný

České Budějovice

2011

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma zhodnocení zvukoměrů firmy Brüel a Kjaer a jejich použití v praxi vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury, který je součástí této diplomové práce.

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

Ve Zlivi, 26. 4. 2011

.....

Podpis

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli potřebné informace a pomoc při vypracování této diplomové práce.

Především děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi pomohly při zpracování diplomové práce.

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Literární přehled.....	9
2.1 Historie akustiky	9
2.2 Zvuk	9
2.2.1 Akustické vlnění.....	10
2.2.2 Hluková spektra	11
2.2.3 Rychlost šíření zvuku.....	11
2.2.4 Akustický tlak	11
2.2.5 Akustická rychlost.....	12
2.2.6 Kmitočet.....	12
2.2.7 Vlnová délka zvuku.....	12
2.2.8 Vlnový odpor	12
2.2.9 Intenzita zvuku	12
2.2.10 Zvukový výkon	13
2.3 Zvukový svět člověka	13
2.4 Tónová složka	15
2.5 Lidské ucho	15
2.6 Co je hluk	16
2.7 Účinky hluku na člověka.....	18
2.8 Metody boje proti hluku.....	21
2.9 Zdroje hluku	25
2.9.1 Charakter hlukového signálu.....	25
2.9.2 Hluk pozadí	26
2.9.3 Směrová charakteristika zdroje hluku.....	27
2.9.4 Přehled zdrojů hluku	28
2.10 Šíření hluku	29
2.10.1 Blízké a vzdálené akustické pole	31

2.11 Šíření zvuku	31
2.11.1 Šíření hluku z pozemních komunikací	34
2.11.2 Šíření hluku ve stavbách	35
2.12 Absorpční materiály	36
2.13 Rychlost zvuku	36
2.14 Metody měření a vyhodnocování hlučnosti	36
2.14.1 Subjektivní měření	37
2.14.2 Objektivní měření	38
2.14.3 Akustické třesky	38
2.15 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví	39
2.16 NAŘÍZENÍ VLÁDY 148/2006 Sb.	41
2.17 Zvukoměry	46
3 Cíl práce	48
4 Metodika práce	49
4.1 Brüel & Kjær	49
4.1.1 Obchodní části	49
4.1.2 Zákazníci	51
4.2 Místa měření a jejich charakteristika	51
4.3 Měřicí zařízení	53
4.3.1 Zvukový kalibrátor typ 4231	53
4.3.2 Zvukoměr 2250	54
4.4 Ostatní zvukoměry Brüel & Kjær a Voltcraft Plus SL-300	57
4.4.1 Zvukoměr 2270	57
4.4.2 Zvukoměr 2240	58
4.4.3 Zvukoměr 2239	58
4.4.4 Zvukoměr 2238 Mediator	58
4.4.5 Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300	59
4.5 Postup měření	60

5 Naměřené hodnoty	63
5.1 Měření 1 – ST 600 ot./min, JD 600 ot./min	63
5.2 Měření 2 – ST 2200 ot./min, JD 2200 ot./min, Case 2270 ot./min	65
5.3 Měření 3 – kombajn Forschrit E 512 1000 ot./min, 1500 ot./min, 2000 ot./min	67
5.4 Měření 4 – Škoda Octavia 1,9Tdi, 2000 ot./min	70
5.5 Měření 5 – Škoda Octavia 1,9Tdi, 3000 ot./min	72
5.6 Měření 6 – silniční mini válec, katr	74
5.7 Měření 7 – České Budějovice, ulice Branišovská	76
6 Závěr	78
7 Summary	80
8 Použité zdroje	81
9 Přílohy	84

1 Úvod

Počátky akustiky jako vědy se začaly vyvíjet v devatenáctém století. V té době zvuky, kterým byla tehdy věnována pozornost, byly žádoucí a příjemné. Věnovala se pozornost např. zvukům produkovaným vibrujícími strunami hudebních nástrojů nebo varhanními píšťalami.

V současnosti převážná většina zvuků, jež jsou součástí inženýrského zájmu, jsou nechtěné zvukové signály, které nazýváme hlukem. U vyspělých států světa fungují rozsáhlé výzkumné programy, věnující se zvukům, které jsou produkovány různými typy strojů, především stroji proudovými.

Avšak ne veškeré oblasti moderní akustiky se věnují negativním zvukům. Takže např. architekti musejí navrhovat prostory nebo velké koncertní sály s příznivými akustickými vlastnostmi, jež jsou nutné k zabezpečení hlavně kvalitního přenosu mluveného slova, hudby či zpěvu.

Sonar je pro změnu široce využíván jako podmořská detekční a navigační pomůcka, jejíž citlivost je neustále zjemňována vývojem.

V medicíně je používán k tvorbě obrazů tkání ultrazvuk, jehož kvalitu obrazů lze srovnávat s fotografiemi pořízenými za pomoci škodlivých paprsků X. Dále je ultrazvuk široce používán v inženýrské praxi k testování trhlin v materiálu, nehomogenit v materiálu apod. Zařízení v oblasti atomových elektráren je nepřetržitě kontrolováno aparaturami, jejichž základem jsou právě obvody využívající znalosti z oblasti ultrazvuku.

Moderní akustika je subjekt s velkým množstvím aplikací v praxi. Větší množství velkých podniků ve vyspělých státech světa má týmy inženýrů specialistů, kteří implementují základní teoretické znalosti do praxe. Hlučné stroje jsou totiž těžko prodejné. Přesnost strojů a kvalita strojních zařízení je těsně spjata s jejich hlučností. Díky zvukovým parametrům, lze proto sledovat technický stav zařízení.

Negativní působení hluku na lidský organizmus vedlo většinu vyspělých zemí k legislativním opatřením, jejichž výsledkem je řada norem, zákonů a jiných právních předpisů zabezpečujících ochranu lidí před účinky nadměrného hluku a vibrací jak v oblasti komunální hygieny, tak i na pracovištích. Hygienický předpis č. 37/77, užívaný v ČR, je v porovnání se srovnatelnými legislativními normami v ES na slušné úrovni.

Akustická kvalita strojů se projeví i v oblasti ekonomické. Hlučné stroje se prodávají obtížně a navíc za zásadně nižší ceny oproti strojům protihlukově upraveným, které splňují hygienické limity s komfortní rezervou. V minulosti u nás bohužel těmto problémům nebyla věnována dostatečná pozornost. Konstrukteři nejsou většinou odborně připraveni zabývat se náročnými úkoly v rámci snižování hluku strojů. Transformace našeho hospodářství si v brzké době prosadí nápravy i v tomto směru.

2 Literární přehled

2.1 Historie akustiky

Znalosti a vědomosti o zvuku na počátku historie lidstva byly velmi nízké, avšak z archeologických objevů je doložená celá řada hudebních nástrojů, které byly používány již u dávných kultur. Díky skvělé zvukové vlastnosti mnoha dochovaných antických divadel, je zřejmé, že již v období rozvoje antické kultury v Řecku již museli znát a zvládat povahu šířícího se zvuku na větší vzdálenosti. Akustiku do tří hlavních sekcí třídí Aristoteles ve svých spisech:

- a) šíření informací akustickou vlnou
- b) schopnost navrhovat hudební nástroje
- c) vědomosti mechanismu slyšení

Vědci Fresnel, Fourier, Poisson, Laplace a další počátkem devatenáctého století rozšířili podstatným způsobem vědomosti o šíření zvukových vln. Publikace lorda Rayleigha, Helmholtze a Sabina se používají dodnes.

Publikovaná díla Skudrzyka, Morseho, Cremera, Beranka, Zwickera, Ingarda, Lighthilla, a řady dalších vědců v tomto oboru, kteří vydávali výsledky svých prací v mnoha mezinárodních časopisech, nelze opomenout ani v dnešní moderní době.

Velkou zásluhu na šíření technické akustiky v českých zemích mají prof. Dr. J. B. Slavík, Dr. Ing. Jaroslav Němec, CSc, RNDr. Karel Mouric, Ing. Mirko Lada, CSc, Ing. Jiří Ransdorf, CSc, Ing. Pavel Dočkal a mnoho dalších, kteří pomohli k rozvoji oboru technické akustiky. Jako zaměstnanci důležitých pracovišť pokračovali v jejich úsilí. Mezi tyto pracoviště patří např. ČVUT Praha, VÚPS Hostivař, IHE Praha a další pracoviště související s technickou akustikou. Tyto pracoviště se v současné době v mnoha případech přeměňují v soukromé podniky.

2.2 Zvuk

Oscilační pohyb pružného prostředí je hlavní podstatou zvuku ve frekvenčním rozsahu 20 až 20 000 kmitů za sekundu, které se určitým prostředím šíří konečnou rychlostí. Zvuková (akustická) vlna se vzduchem pohybuje rychlostí přibližně 340 m/s. Rychlost pohybu zvukové vlny ve vodě je podstatně vyšší, tj. 1 500 m/s. Kmitočtový (frekvenční) rozsah akustického vlnění, čímž se zabývá

technická akustika, odpovídá kmitočtovému rozsahu lidského ucha. Dále se akustika zabývá mechanickými kmity v širším kmitočtovém pásmu. Poté hovoříme o třech pásmech: o infrazvuku, slyšitelném pásmu a ultrazvuku.

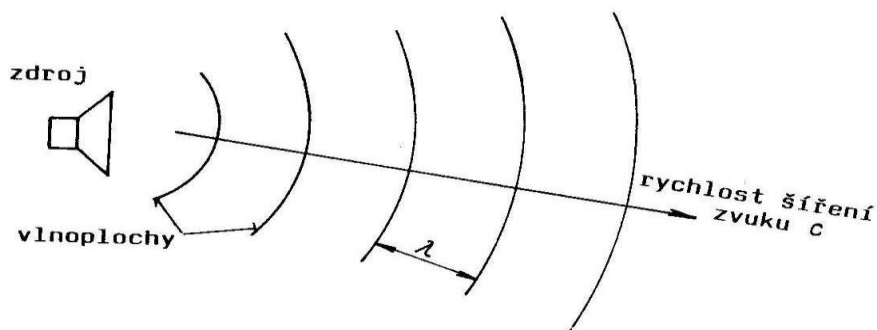
2.2.1 Akustické vlnění

Zvuk se ve formě akustického vlnění může šířit v plynech, kapalinách i pevných látkách. Ve stejnorodém izotropním prostředí se vlnění šíří přímočaře. Vlnění dělíme na podélné a příčné, v závislosti na tom, zda částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu. Je-li směr kmitů dán jednoznačně směrem šíření vlnění, jde o podélné vlnění, zatímco u příčného vlnění je nutno udávat též rovinu, ve které dochází k příčným kmitům. V případě, že se veškeré kmity dějí v jedné rovině, mluvíme o takovém vlnění jako o lineárně polarizovaném.

Významný fakt je, že se částice nepohybují jednosměrně se šířícím se vlněním, ale oscilují jen kolem svých rovnovážných poloh. Další důležitá informace je, že šíření akustického vlnění je spjata s přenosem energie.

Podélné akustické vlnění se může vyskytovat pouze u plynů a kapalin, protože jsou tyto látky pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti. Vlnění podélné i příčné se může vyskytovat u elastických materiálů, jelikož nevykazují pružnost jen v tahu a tlaku, ale i smyku. Kmitání ohybové vzniká kombinací těchto namáhání.

Na obr. 1 je schematicky znázorněno, jak akustické vlnění postupuje ve vlnoplochách prostředím od zdroje zvuku. Vlastností vlnoplochy je, že v daném časovém okamžiku ve všech jejích bodech je stejný akustický stav. Akustickým paprskem se nazývá kolmice na vlnoplochu.



Obr. č. 1 - Šíření zvuku od zdroje [16]

K přenosu kmitů může docházet mezi pevnými látkami a plyny resp. kapalinami. Každý hmotný prvek prostředí může být považován za tzv. oscilátor. Začnou-li převládat síly, které se snaží hmotný bod vrátit do rovnovážné polohy, je to způsobeno porušením rovnováhy sil díky vychýlení hmotného bodu z jeho rovnovážné polohy. Z výše uvedeného je zřejmé, že nejjednodušší fyzikální oscilátory, jako je např. pružina, struna, ladička apod., lze považovat za akustické generátory. [16]

2.2.2 Hluková spektra

V praxi se nezdá se setkáváme se spektry, u nichž je velmi složité, až někdy nemožné, vyjádřit jednotlivé diskrétní složky. Představme si, že kmitočty jednotlivých složek spolu sousedí tak těsně, že v celém kmitočtovém rozsahu nebo jeho části, jsou sousedící kmitočty složek nerozlišitelné a spektrum je tedy vyplněno těmito složkami spojitě. Spektrum pak označujeme jako spojitě a jeho složky jako spojitě rozložené. Spektra spojitá jsou spektra „neperiodických“ signálů.

Při měření průmyslového hluku se nejčastěji setkáváme se spektry, která jsou v podstatě spojitá, pouze některé ze složek ze spojitého spektra vynikají a můžeme je určit jako složky diskrétní. Tyto spektra nazýváme spektry smíšenými.

2.2.3 Rychlost šíření zvuku

Rychlost šíření zvuku je rychlost šíření zvukového rozruchu ve směru zvukového paprsku určitým prostředím. Rychlost šíření zvuku je závislá na teplotě, a proto je jiná pro různá prostředí. Rychlost šíření zvuku ve vzduchu je určena vztahem:

$$C_0 = 331,8 + 0,607 \cdot v \text{ [ms}^{-1}\text{]}$$

kdy v je teplota vzduchu ve $^{\circ}\text{C}$

2.2.4 Akustický tlak

„Akustický tlak je střídavý tlak superponovaný barometrickému tlaku při šíření zvuku a vyjadřuje tak odchylky od klidové hodnoty barometrického tlaku“.

Akustický tlak je skalár tj. veličina popsána jen velikostí bez ohledu na směr. V praxi vždy udáváme efektivní hodnotu akustického tlaku, v případě že není přesně určeno jinak, a udáváme ho v pascálech [Pa].

2.2.5 Akustická rychlost

Akustická rychlost je vektor, z čehož vyplývá, že je určena nejen velikostí, ale také směrem (a smyslem). Touto rychlostí se částice prostředí pohybují v rytmu akustického tlaku (v kapalném nebo plynném prostředí ve směru šíření akustických vln). Akustickou rychlost označujeme v a udáváme v metrech za sekundu [ms^{-1}].

2.2.6 Kmitočet

Kmitočet udává počet změn periodického děje za určitou časovou jednotku. Doba trvání jednoho kmitu je určena převrácenou hodnotou (periodou).

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

Kmitočet označujeme f a vyjadřujeme v hertzech [Hz], fyzikální rozměr je [s^{-1}].

2.2.7 Vlnová délka zvuku

Vlnová délka zvuku λ určena poměrem rychlosti šíření zvuku a kmitočtu sledovaného signálu. Pro sledování šíření zvuku je důležitá tato veličina.

$$\lambda = \frac{c_o}{f} [\text{m}]$$

2.2.8 Vlnový odpor

Významnou veličinou je poměr akustického tlaku k akustické rychlosti, jenž u rovinné vlny (kde je fázový úhel nulový, tj. ve velké vzdálenosti od zvukového zdroje) charakterizuje vlnový odpor prostředí z a je roven součinu rychlosti zvuku a hustoty prostředí.

$$z = \frac{p}{v} = c_o * \rho [N\text{sm}^{-3}; \text{Pa}, \text{ms}^{-1}]$$

Vlnový odpor vzduchu značíme Z_o při teplotě $+20\text{ }^\circ\text{C}$ je 408 Nsm^{-3} .

2.2.9 Intenzita zvuku

Intenzita zvukového pole je měřítkem zvukové energie procházející skrz jednotkovou plochou kolmou na směr šíření akustické vlny. „*U rovinného postupného vlnění (tj. ve velké vzdálenosti od zdroje zvuku bez překážek v šíření*

zvukové vlny) je intenzita zvuku dána součinem akustického tlaku a akustické rychlosti“.

$$I = p * v [Wm^{-2}; Pa, ms^{-1}]$$

2.2.10 Zvukový výkon

Násobkem intenzity zvuku J a celkové plochy S , do které zvukový zdroj vyzařuje, je určen akustický (zvukový) výkon.

$$P = J * S [W; Wm^{-2}, m^2]$$

Většinou není zvukový zdroj v prostoru volně (např. letadlo), ale je na zemi a proto musíme uvažovat vyzařování do tzv. poloprostoru, tzn. uvažovat jako plochu S povrch polokoule. [17]

2.3 Zvukový svět člověka

Pro lidstvo jsou zvuky velmi významné. Člověk nepřijímá sluchem sice největší, ale nejvýznamnější podíl informací o světě. Zvuk je pro člověka významným poplašným signálem varujícím před nebezpečím, podporuje aktivitu nervového systému, je základem řeči. Zvuk poskytuje uklidnění nebo naopak podráždění, popřípadě i radost. Ve formě hudby může přinést estetické zážitky.

Nadměrný zvuk nepříjemně ovlivňuje příjem významných zvukových signálů. Tyto v nevhodnou dobu vyskytující se zvuky, příliš časté nebo příliš silné, tj. zvuky, které jsou obtěžující, nežádoucí a někdy dokonce škodlivé, označujeme jako hluk.

V daném prostředí se vyskytuje typické spektrum zvuků, které jsou pro daný prostor (např. pracoviště, venkovská lokalita, místnost domu) charakteristické. [11]

Tab. č. 1 – Zdroje a hladiny hluku v životním prostředí [11]

Hladina zvuku L_A dB	Slovní vyjádření povahy účinku	Typický zdroj v pracovním prostředí	Příklad zdroje ve venkovním prostoru	Příklad zdroje či situace v interiéru budov
140	Vznik akust. traumatu	Zkouška proudového let.motoru (10 m)		
130	Práh bolesti	Zápustkové kování jednotl. piky (2 m)		
120	Extrémně silný hluk, hranice zákazu pobytu osob	Natahování oceli v el. peci (3 m)	Start vojen. proud. letounu (300 m)	
110	Velmi silný hluk	Frézování tvrdého dřeva	Pojíždění doprov. letadla (30 m)	Max. hladina beatového koncertu
100		Hala přádelny	Zvuk. znamení aut (7 m)	Symfon. orchestr
90	Silný hluk, hranice zdrav. rizika pro sluch		Max. hlučnost těžkého nákl. auta (7 m)	Mixér (1 m)
80			Osobní automobil (7 m)	Vysavač prachu (1 m)
70	Mírný hluk	Halová kancelář, el. psací stroj	Splav na řece (10 m)	Poslech TV (3 m)
60		Běžná kancelář	Uprostřed velkého parku	Běžný hovor, tichý hovor
50	Klid	Tichá pracovna	Chůze chodce v noci (30 m)	Obracení stránky novin
40	Ticho		Noční ticho ve volné krajině bezvětří	Tikot budíku (2 m)
30				Místnost v bytě, noc, žádná doprava
20	Hluboké ticho		Zasněžený les, bezvětří	Televizní studio
10	Práh slyšení			

2.4 Tónová složka

Podle ČSN ISO 1996-2 se tónová korekce použije v případě, že jsou tónové složky základními charakteristikami zvuku ve specifikovaném časovém intervalu... výrazná tónová složka, jestliže hladina třetinooktávového pásma převyší hladinu sousedních pásem o 5 dB a více. Jestliže tónové složky jsou jasně slyšitelné a jejich přítomnost může být zjištěna třetinooktávovou analýzou, korekce může být 5 až 6 dB. [13]

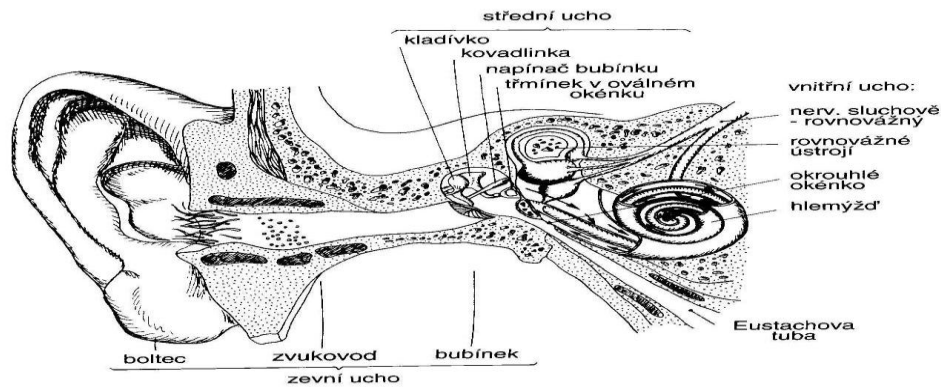
2.5 Lidské ucho

Lidské ucho se skládá ze tří základních částí:

Vnější ucho přenáší vnějším zvukovodem zvukové vlny do středního ucha. Nepatrné rozdíly v intenzitě a čase zvukových signálů v pravém a levém uchu nám umožňují určit směr zvuku. Díky pomoci jemných pohybů hlavy pomáhá vnější ucho optimalizovat detekci směru zvuku.

Střední ucho se skládá především z bubínku a kůstek. *Zvukové vlny jsou zde přeměněny ze vzduchem se šířícího zvuku s velkými amplitudami a malými tlakovými změnami do zvuku šířeného tekutinou ve vnitřním uchu s malými amplitudami a velkými tlakovými změnami.* Tlak se zvyšuje na 20:1 především v průběhu oblastí mezi bubínkem a oválným okénkem. Úkolem kůstek je dále nastavení přenosových pák. Pokud je střední ucho díky zánětu naplněno tekutinou navíc, není vyloučeno, že dojde ke ztrátě sluchu (omezení až na 50 dB). Střední ucho optimalizuje přenesení zvuku do vnitřního ucha.

Vibrující kůstky přenášejí zvuk přes oválné okénko do hlemýždě vnitřního ucha. Hlemýžď je kanálek, který má tvar jako šnečí ulita a je vyplněný tekutinou. Uprostřed je předělen elastickou bazilární membránou do dvou podélných kanálků. Bazilární membrána vede podél celé délky mimo malého otvoru na vzdáleném konci, kterému se říká helicotrema.



Obr. č. 2 – Sluchový orgán a jeho vnitřní uspořádání [17]

Na vnitřní straně spirálovité bazilární membrány se nacházejí vnitřní vláskové buňky vybavené smyslovými vlásky srovnanými v přímých liniích. Zde se vyskytují 3 řady vnějších vláskových buněk se svazky sensorických vlásků ve tvaru V popřípadě W.

Jestliže se oválné okénko pomalu pohne směrem dovnitř, tekutina se přesune podél kanálku přes helicotrema a dolů, do druhé poloviny kanálku k oválnému okénku, které se posune směrem ven. Pokud oválné okénko kmitá, kmitá také bazilární membrána a vibrace mají za následek ohyb sensorických vlásků (cílií, jež se přesunují stejným způsobem jako vlasy ve vodě).

Pokud je modulace dostatečná, je ve vlasových buňkách vytvořen nervový impuls, který vytváří sluchový vjem. [18]

2.6 Co je hluk

Definice ČSN 01 1600 „Akustika. Názvy a definice“ říká, že hluk je jakýkoliv zvuk, který vyvolává nepříjemný nebo rušivý vjem nebo má škodlivý účinek. Člověk je jednoznačně měřítkem toho, co je hluk; jeho prožitek, jeho reakce, jeho fyziologická reakce. Odpovídá to úplně současnému zjištění, že pro účinky zvuku na člověka je zásadní, jak je získaná akustická informace zpracována příjemcem.

Během praxe se často ukázaly vážné potíže, které u daných osob vyvolávaly zvuky, energeticky nerozlišitelné od pozadí o hlasitosti jen lehce překračující práh slyšení, které by neodhalila ani důkladná sonografická analýza. Z pohledu účinku není závažné ani to, jestli se jedná o zvuky libozvučné, hudební nebo nehudební. Schopnost rozlišit hudební a nehudební zvuk, dle poznatků Levarieho a Rudolpha (1978), je vrozená, novorozenci reagují na bílý šum a na čisté tóny stejné intenzity

nereagují a dále autoři tvrdí, že širokopásmový podnět je účinnější než úzkopásmový. Podle (Hartley a Williams 1977 aj.) je jisté, že hudbou u dospělých osob je možno dosáhnout stejného ovlivnění výkonnosti ve zkoumaných činnostech jako pomocí šumu.

I tak jsou domněnky, že existují jak praktické, tak věcné důvody k tomu, aby během úvah o rozlišení mezi zvukem a hlukem bylo přihlédnuto také k jeho fyzikálním charakteristikám. Ze strany věcných argumentů na to poukazuje fakt, že některé důležité škodlivé účinky jsou fixovány na určité minimální intenzity stimulu nebo obdržené dávky energie. Zvuky tiché a ustálené jsou méně biologicky účinné než zvuk silnější, přerušovaný, s tónovými složkami, rázy a impulsy, a proto je vždy pravděpodobnější, že spíše tyto zvuky budou považovány za hluk. Pro rušivé a obtěžující účinky je typické především nezávislost na fyzikálních parametrech.

Při ochraně osob před hlukem zabezpečujeme v praktickém boji proti hluku pouze omezenou míru ochrany, danou vzorovými reakcemi převážné části lidstva, s vědomím, že atypické reakce citlivých osob je zapotřebí řešit osobitou péčí o tyto situace. V těchto mimořádných situacích je převážně nejúčinnější – i když nepříliš oblíbené – zásah u senzitivního příjemce, zatím co v běžném boji proti hluku stojí na prvním místě opatření u zdrojů hluku.

Opuštění fyzikálních veličin při rozeznávání hluku v životním prostředí by vedlo k naprosté ztrátě orientace, pokud jde o povolené hladiny, priority opatření v přijatých programech redukce hluku, pokud jde o možnost ovlivnit producenty hluku potrestáním aj. (např. pokutou).

Určujeme-li hluk fyzikálně, musíme si být stále jisti mezi platnosti metody. Primární platnost psychofyzilogických kritérií tím není zrušena. Kterýkoliv limit, opřený např. o hladinu hluku, je nutná konvence, charakterizující s dovolenou pravděpodobností statistickou závislost opravdové odpovědi lidí na určitý hluk a absolutizování takovéto meze je vědecky nepodložené. Se stanovisky, jež toto neberou v úvahu, se setkáváme u některých právníků, techniků, funkcionářů NV o závodů, pro které diference jediného decibelu je dostačující k tomu, aby hluk existoval, nebo neexistoval. Při hodnotě 65,5 dB je situace v obytné zóně špatná, a tudíž hodnota 64,5 dB není situací dobrou, ani když jde za určitých okolností v jednom u těchto případů o nepřijatelný stav dle vyhlášky 13/1977 Sb. Vyhláška ve své základní části neurčuje obecnou povinnost omezit hluk pod předepsané limity, ale na nejnižší možnou míru.

Škodlivými účinky není v žádném případě jen poškození zdraví (např. poškození sluchu z hluku nebo akustické trauma), ale jde o vznik protivného nebo vážného příznaku (např. vzestup krevního tlaku, ušní šelesty), nevratné změny funkce, míry únavy po pracovní směně, hloubky spánku, průběhu uzdravení, změny pracovní výkonnosti atd. Dále rušivé působení nelze vnímat jen ve smyslu „interferující s jinou činností nebo odpočinkem“, ale také jako působení budivý „arousal“, tj. stoupající úroveň podráždění nervového systému.

Jelínková (1984) rozlišuje rozmrzelost jako psychický stav, tvořící se při povinném vnímání zvuků, ke kterým má osoba negativní vztah a senzitivitu, tj. postoj k hluku, utvářený z osobnostních charakteristik.

S přihlédnutím k tomu, co již bylo zmíněno výše, je nezbytné při hodnocení dané zvukové situace brát v úvahu hluk z hlediska úplného spektra atakovaných funkcí a času i místa působení. Kvůli tomu nároky na udržení vhodného zvukového klimatu, resp. limity povolených hladin hluku musí obsahovat rozsáhlou paletu hodnot z čistě fyziologických důvodů, tyto hodnoty se mohou zásadně lišit.

Zatím jsme určovali hluk jen v souvislosti s člověkem, jak to vyplývá z obsahu hygieny. O hluku je možno hovořit z hlediska celého životního prostředí i tam, kde nechtěné hluky mění např. zasahují do chování fauny, působí nepříznivě na stavby, objektivní kvalitu určitého území apod. [11]

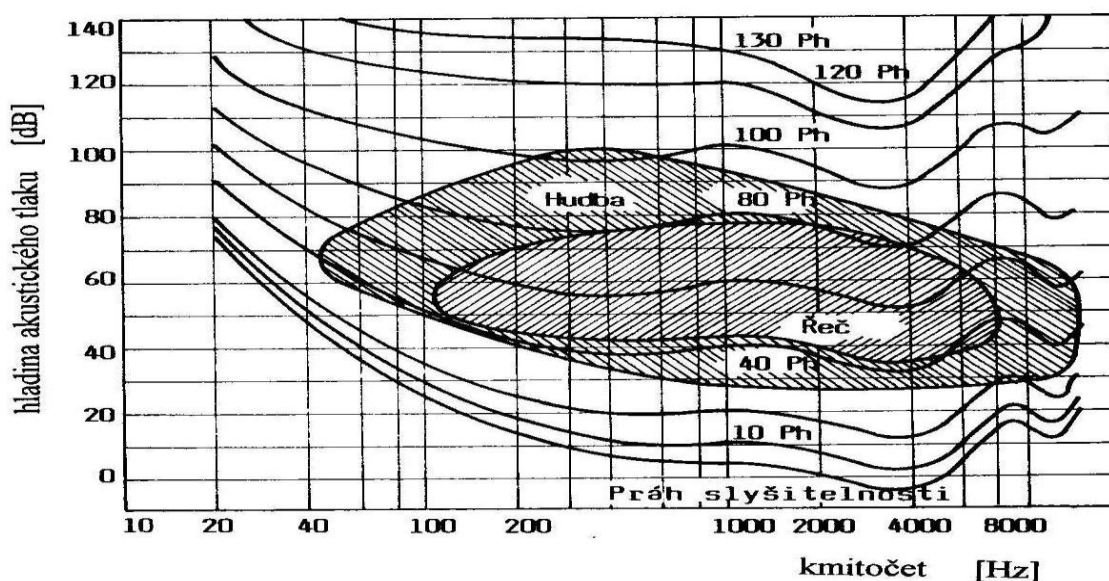
2.7 Účinky hluku na člověka

Vypovídající charakteristika účinku hluku je jeho intenzita. V prostředí o nízké hladině akustické tlaku A se člověk necítí dobře. Většina lidí považuje hodnoty kolem 20 dB již za hluboké ticho. Hodnoty kolem 30 dB považují lidé jako ticho příjemné.

Nad 65 dB se již nepříjemně projevují účinky hluku, nepříjemnými změnami vegetativních reakcí. Trvalé poruchy sluchu vznikají při trvalém pobytu v prostředí s hladinou akustického tlaku A převyšujícím 85 dB. A zároveň se zvyšují negativní účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu.

Účinky hluku se mění na bolesti ve sluchovém orgánu obvykle při 130 dB. Při hladinách kolem 160 dB dochází k protržení bubínku. Určitý obrázek o frekvenčních i amplitudových oblastech, např. během lidské řeči a hudbě, znázorňuje diagram na obr. 3.

Negativní účinky hluku působí na lidský organizmus, poněvadž organizmus nemá prakticky žádné obranné funkce proti působení akustických signálů. Při působení nepříjemného světla na lidský zrak, může člověk oči zavřít. Taková ochrana u zvuku bohužel neexistuje. Technické řešení problému ochrany sluchu není bohužel samotné, ale souvisí s tím též ekonomická oblast, neboť aplikace protihlukového opatření na výrobek, se může ukázat jako mnohonásobně dražší. Proto je třeba zvolit kompromis mezi technickými a ekonomickými možnostmi společnosti, kde hygienické předpisy jsou hlukovým kritériem.



Obr. č. 3 - Kmitočtové a amplitudové složení lidské řeči a hudby[16]

Negativní působení zvuku působí také v tom, že nadměrná hluková expozice snižuje u pracujících produktivitu a kvalitu práce. Toto se dále projevuje nepříznivě při hospodaření. Bylo dokázáno, že zvýšení nákladů v podobě investic na zabezpečení akustické pohody se vyplatí a vrátí v podobě zvýšené produktivity a kvality práce, jakož i omezení dávkami, které je nutno vydávat v souvislosti s úrazovostí a nemocností pracovníků. [16]

V případě uvažování o účincích hluku, jsou k vidění jednoznačně dvě oblasti, jednu, reprezentovanou poruchami ve funkci sluchového ústrojí, a druhou, obsahující ostatní účinky. Zatímco účinek hluku na stav sluchového analyzátoru je takřka

závislý na přijaté zvukové energii, jsou silové vztahy u těch dalších vlivů daleko méně vyjádřeny.

Z toho důvodu je vhodné oddělovat účinky

a) specifické, kde ustálená soustava jevů odpovědi závisí přímo na změnách a poruchách či na vlastnostech ve sluchové analyzátoru,

b) systémové, u nichž se hlavním způsobem používají změny funkce v jiných sekcích CNS než ve sluchovém orgánu a sluchové oblasti kůry, ať už k přenosu informace došlo z větší části po sluchové dráze, nebo nervovými spoji, které na různých úrovních odstupují do subkortikálních míst mozku.

Mezi specifické účinky považujeme

- sluchovou únavu a sluchovou ztrátu, sluchovou adaptaci, tj. trvalé, dočasné nebo krátkodobé posuny sluchového prahu způsobené působením hluku, a akustické trauma;
- poruchy v přenosu zvukové informace a ve srozumitelnosti, hlavně centrální a periferní maskování užitečného signálu rušivým hlukem;
- poruchy rovnováhy, způsobené přímým přenosem podráždění akustickou vlnou na polokruhovitě kanálky statického ústrojí.

U systémových účinků je možno rozlišovat ovlivnění systémů organismu a jednotlivých funkcí:

- neurohumorální regulace, v úrovni imunitních procesů, prokazatelné změnami v hladinách hormonů a jejich metabolitů,
- neurovegetativní regulace, s dopady převážně v tlakových poměrech v krevním řečišti, ovlivnění placenty, zvýšení svalového tonusu, motilitě zažívacích orgánů;
- biochemických reakcí, např. nakládání s vápníkem a hořčíkem;
- regulace procesu podráždění a útlumu v CNS, projevující se změnami v připravenosti a rychlosti obranných a jiných reflexů a v usínání a délce i kvalitě spánku;
- průběhu nejvyšších nervových funkcí, obsahujících proces zapamatování a učení, průběh tvůrčích činností a využívání kapacit paměti;
- zásah do motorických a smyslově motorických funkcí, např. přesnosti zrakových prostorových i barevných vjemů s ergonomickými následky, pohybová koordinace.

Systémové účinky se také ukazují ve všestranné podobě, kdy se dá hovořit o nějakém

zvláštním stavu zásahu do organismu

- ve stavu kompletní nepřiměřené zátěže podněty, projevující se neurčitými somatickými příznaky, omezenou výkonností a unavitelností;
- ve formě poruch citové rovnováhy, projevující se rozmrzelostí a zranitelností psychickou zátěží;
- ve formě poruch sociálního vzájemného působení dvou nebo více činitelů, např. způsobilost kooperativního chování;
- ve formě nemoci, u níž vliv hluku mohlo určovat charakteristický nebo i necharakteristický mechanismus povzbuzení či spuštění patogenického děje.

Sluchové vjemy mohou mít i pozitivní účinky: je to hlavně informační přínos (dle názoru některých autorů, jsou veškeré zvuky, které nenesou informační zisk, považovány za hluk), dohromady s vnímáním krásných zvukových požitků, dále aktivizace CNS, působení hluku na vznik endorfinů (látek s morfinovým účinkem, které jsou vytvářeny v tkáni mozku), audioanalgezie a příležitost využívat indiferentního zvuku jako zvukové clony za účelem soustředění pozornosti, působení rytmizovaných zvuků na ulehčení určitých fyzických činností.

Tento přehled znázorňuje širokou ukázkou účinků; je však možné, že s větší expozicí se i v dalších oblastech budou projevovat důsledky nadměrné hlučnosti. Neukazuje však na markantní rozdíly ve vnímavosti u jednotlivců. Dle Borskyho (1971), jen těsně nad $\frac{1}{4}$ variability vlivů hluku v oblasti rozmrzelosti a rušení lze definovat změny hlukové situace. Zbytek je určen variabilitou osobních zkušeností a charakteristik. [11]

2.8 Metody boje proti hluku

Při snižování hluku je třeba se soustředit hlavně na sféru výroby a použití strojů, ve které je možno realizovat nejpodstatnější opatření. Kombinací všech dosažitelných opatření při minimálních finančních nákladech se dosahuje nejlepších výsledků. Existují však také situace, kdy je stav neřešitelný např. při odstraňování strusky při sváření.

Při boji s hlukem je možno rozlišovat používané způsoby do několika základních metod.

1. metoda - redukce hluku ve zdroji, je založena na celkovém odstranění zdroje hluku nebo v redukci jeho hlučnosti. Touto metodou boje s hlukem jsou dána neúčinnější opatření, která potřebují hlavně mnohem menší výdaje než případná dodatečná opatření. Metodu redukce hluku u zdroje je možno uskutečňovat při stavbě a konstrukci strojů, dopravních prostředků, technologických a dopravních zařízení atd. Například snižováním vibrací u různých pneumatických strojů se povedlo omezit vyzařování hluku. Na dalších strojích to může být zajištěno jinými úpravami sání a výfuku spalovacích motorů a kompresorů, nebo i změnou technologických postupů jinými méně hlučnými. Bohužel v dnešní době znalostí v oboru technické akustiky není možné konstruovat stroje a strojní zařízení plně bezhlučná, což by nebylo v dosti případech chtěné, díky tomu, že zvuk vyzařovaný strojním zařízením může poskytovat informace o technickém stavu stroje. Proto je třeba používat i jiné, možno říci druhotná opatření.
2. metoda - metoda dispozice se zakládá na správném umístění hlučných zařízení a strojů, tedy chráněných a méně hlučných od celých hlučných prostorů. Toto je třeba brát na zřetel při územním plánování, navrhování letišť, dopravních uzlů, průmyslových závodů, kvůli nepříjemnému narušování zvukové pohody hlukem strojů a provozů v chráněných místech jako jsou např. okolí školských zařízení, nemocnice, jesle, rekreační oblasti, sídliště atd. V prostorách budov je tato potřeba řešit rozmístěním chráněných místností na protější straně od místností, kde jsou zdroje hluku, pokud tento problém není odstraněn izolací proti dalšímu postupu hluku vzduchem, ale i konstrukcí budovy.
3. metoda – metoda izolací, je založena na akustickém odizolování chráněných prostor od hlučného zařízení, stroje nebo celého hlučného prostoru. Díky používání výpočtů, navrhováním a stavbou zvukoizolačních stropů, krytů a příček atd. se tato metoda nejvíce používá hlavně ve stavební akustice. Hlučné stroje se v některých případech dávají pod zvukoizolační kryty nebo zákryty, jejichž prvořadým cílem je zabránit šíření hluku do okolního prostředí např. ve strojírenství, a to tehdy není-li možnost snížení hlučnosti přímo ve zdroji.

4. metoda používá poznatky prostorové akustiky a zabývá se především pohltivostí zvuku, což je charakteristika určitých materiálů a konstrukcí, jejichž posláním je vstřebávat zvukovou energii a přetvářet ji na teplo. Při omezování hlučnosti vně budov a v určitých zvukově náročných místech tuto metodu lze použít.
5. metoda spočívá ve využívání osobních ochranných pomůcek. Používá se až jako krajní řešení tehdy, pokud nebylo možno použít předešlé metody nebo ty nezabezpečili dostatečnou redukci expozice člověka. Potom je třeba používat různých ochranných protihlukových pomůcek, jako jsou např. sluchátkové chrániče, přilby a různé tlumící zátky do uší.

Vhodnou kombinací všech těchto uvedených metod při omezování hlučnosti se dosáhne nejlepších výsledků. Metody, které snižují hlučnost nejúčinněji a s nejnižšími náklady, je třeba využívat přednostně. Vypuštěny z navrhovaného opatření mohou často být méně efektivní způsoby omezování hluku, uskutečňují-li jen řádově nižší redukci hluku.

Často se objevuje i otázka nákladnosti a ekonomického hodnocení v případech plánování a použití technických nebo jiných opatření proti hluku. Z rozborů nákladů určitých, a to buď již realizovaných investic, nebo teprve projektovaných v České republice vyplývá, že podíl hlukových řešení tvoří přibližně půl procenta celkových projektovaných nákladů. U staveb, kde odpovídající zvuková funkce je jedním ze základních úkolů stavby, roste část zvukových opatření až na 5 % celkových nákladů. V případě, kde byla v projektu vynechána hluková otázka, se při dodatečném zvukovém opatření rychle zvyšují náklady a velmi přesahují sumu, která by byla dostačující při běžném projektu. V případě, kdy se ukáže, že dané vybavení a zařízení vytváří v chráněných místech hladiny vyšší, než jsou hygienickým předpisem nejvyšší povolené hladiny zvuku, pak nejsou mnohokrát technická vybavení staveb a jiná strojní zařízení během kolaudačního řízení uvedena do chodu. Dnes tento problém není jen navrhnout nové řešení, ale také značné zdržení stavebních prací, což souvisí s penalizací dodavatele.

V současnosti je nejdůležitějším úkolem zastavit zvyšování hlučnosti v životním prostředí a snížit na přijatelnou hladinu nepříznivé vlivy hluku na člověka. Jeví se, že zlepšení se projevuje na pracovištích. Negativní tendence zvyšování hlučnosti stagnují doposud ve venkovním prostoru, především v okolí dopravních magistrál a

v ulicích měst. Je třeba určit správný důvod vzniku hluku, aby bylo možné ovlivnit snižování hluku v oblasti výroby strojů a konstrukce. Ke zjištění jaký konstrukční díl zařízení vyzařuje zvuk, slouží speciální měřicí metody, které jsou umožňovány na základě fázové a směrové analýzy. Někdy se zdají jako zdroj hluku celé stroje nebo celá mohutná zařízení. Ve skutečnosti toto šíření zvuku mohou způsobovat pouze různé maličkosti. Rozhodně dělíme dva základní důvody vzniku zvukové energie. První případ charakterizuje chvějící se povrch tuhých těles, jehož kmitavý pohyb se často přenáší na vzduch v prostoru. Tato zvuková energie předaná do vzduchu je závislá převážně s veličinami a rozměry zdroje, které popisují jeho kmitání. U tohoto druhu zdroje je základní původní příčina vzniku hluku jeho kmitání způsobená buď nerovnoměrným přenosem sil, vzájemnými kolizemi mechanismů nebo nevyvážeností rotujících dílů apod.

Druhou, stejně důležitou příčinou vzniku hluku, je nevyvážené konvekce (proudění) kapalného nebo plynného prostředí v technických zařízeních. Za daný zdroj se považuje část prostoru, kde nevyvážené konvekce (proudění) existuje a kde nastává největších změn objemu a rychlosti.

Ventilátory, čerpadla, ejektory, výustky, výfuky pístových i proudových strojů, potrubní armatury, hlavně vypouštěcí ventily atd. jsou vzorovým příkladem tohoto druhu zdroje hluku. Oba tyto druhy vzniku hluku v sobě mají často velmi hlučné zařízení a stroje. Elektromotor může sloužit jako příklad, kdy vyzařuje hluk do prostoru jak ze svého povrchu z důvodu jeho vibrací, jednak z ventilačního systému, který slouží jako chlazení.

Také zařízení, která se samotným technologickým procesem nemají nic společného, vytvářejí někdy nadměrný hluk. Jako vzor mohou sloužit nesprávně navržená otopná, větrací a klimatizační zařízení, jejichž hluk může dosahovat stejný nebo i vyšší než hluk vlastních výrobních zařízení. Často poté nastává, že provozovatel upřednostňuje nízkou hlučnost oproti dodržení dalších veličin charakterizujících pohodu prostředí a hlučné pomocné zařízení nezapíná a v budoucnu vůbec nepoužívá. Do následujících bodů lze shrnout opatření zabývajících se hlukovou situací na pracovištích i v oblasti komunální hygieny:

- a) konstrukční změny strojů k dosažení omezení hluku
- b) aplikace překážek a krytů proti hluku
- c) aplikace tlumičů hluku
- d) aplikace izolátorů chvění

- e) aplikace jedinečných materiálů snižujících působení hluku
- f) úprava technologie
- g) správné rozestavení chráněných prostor a zdrojů hluku
- h) řízení provozu řízení a práce.

Výše uvedená opatření z velké části mohou používat pracovníci v oblasti projekce strojních zařízení a strojírenství. Do budoucna je proto zapotřebí vyškolit v dostatečné míře nejen specialisty v technické akustice, ale všechny pracovníky, kteří buď přímo, nebo nepřímo mohou přijít do styku s touto problematikou. [16]

2.9 Zdroje hluku

Aby bylo možné měřit hlučnost zdrojů hluku, je třeba stanovit i některé z informací, které jsou nezbytné pro danou měřicí metodu, nebo ji přímo ovlivňují, nebo rozhodují o další manipulaci se získanými údaji. Už v průběhu měření je třeba charakterizovat druh zvuku, zda např. hluk pozadí neovlivňuje měřené údaje, zda měříme ve zvukovém poli vln přímých či odražených, neobsahuje impulsové složky a při určitých měřících postupech potřebujeme získat nebo znát směrovou charakteristiku vyzařování hluku zdrojem. Dále je třeba znát charakter spektra hluku pro vyhodnocení naměřených údajů a při stanovení hlukové expozice i úsek trvání hluku a tichých intervalů.

2.9.1 Charakter hlukového signálu

V praxi se lze potkat s hluky, které je možno popsat jako ustálené, kolísavé, proměnné, přerušované či nepravidelné. Tento charakter je relativní a váže se na časovou proměnnost jejich hladiny v průběhu doby měření hluku, ale přesně neurčuje, jestli impulsové složky jsou součástí hluku, tj. zda v časovém rozložení se u hluku neprojeví krátké časové intervaly, ve kterých je vyzařována důležitá část zvukové energie. Ve smyslu našich norem nazýváme hluk jako impulsový hluk, jehož hladina je charakterizována dílčím impulsem nebo sledem impulsů délky 1 ms až 200 ms a s rozsahem mezi impulsy minimálně 10 ms. U hluku, jehož součástí jsou impulsy, ale interval mezi nimi je menší než 10 ms, se považuje za neimpulsový hluk, a to z toho důvodu, že ani sluchový orgán jeho impulsový charakter již nerozlišuje ve fyzikálním smyslu.

Pro měřicí důvody je rozdělován hluk ustálený a proměnný se zřetelem k časové proměnnosti hladiny hluku v průběhu měření; tento časový popis hluku je pokaždé brán na zřetel na dobu, během které probíhá čtení měřených hodnot. Proměnné hluky (přerušované, nepravidelné či kolísavé) se tak během měření v krátkém časovém intervalu, během něhož se čte na měřicím přístroji hodnota, mohou jevit jako ustálené. Dobu, během které byla měřená hladina sledována, je třeba uvádět kvůli některým měřicím protokolům či postupům. Hlukem ustáleným je pro technickou praxi hluk, kterému se ve sledovaném časovém úseku jeho hladina zvukového tlaku pohybuje maximálně v rozmezí 5 dB. O hluku proměnném mluvíme tehdy, mění-li se v rozmezí větším než 5 dB. Pro oba případy charakteru zvuku je určující vazba k určitému měřicímu místu, tento hluk se může v jednom místě zdát ustálený, zatímco v jiném místě jako proměnný.

Dále hluky proměnné dělíme na hluky nepravidelné, tj. u nichž změny hladiny nastávají v čase jen nepravidelně a náhodně, poté na hluky kolísavé, tj. ty, u nichž změny hladiny nastávají s určitou pravidelností, a na hluky přerušované, tj. takové, u nichž je možné přesně rozdělit dvě či více hladin, při kterých časový úsek hluku je delší než 30 s, lze-li při těchto hladinách předpokládat, že hluk je ustálený. Během samotného měření není nutné dělit hluky mezi kolísavými a nepravidelnými; tato znalost jen přesněji charakterizuje subjektivní vjem hluku.

Zda byl (na daném měřicím místě) hluk ustálený nebo proměnný, jaká byla doba měření a zda se jedná o hluk impulsový či neimpulsový je třeba zajistit tyto informace pro podrobný měřicí protokol k charakterizování hluku.

Z hlediska časové charakteristiky máme dobré vodítko v hodnocení měřené hladiny, ale při rozhodování, zda se jedná o impulsový hluk, nemáme přesné objektivní měřítko. Naměřené hladiny při různých dynamických vlastnostech zvukoměru nám pomohou v případě, že pracujeme s impulsovým zvukoměrem.

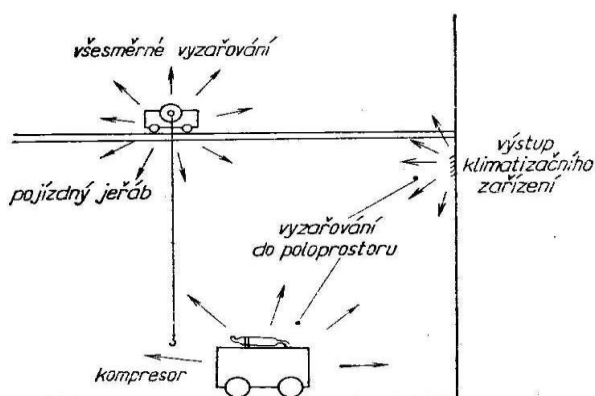
2.9.2 Hluk pozadí

Ke stanovení, zda změřená hodnota je opravdu získána jen měřeným hlukem, je třeba mít hodnoty hluku pozadí, tj. hladinu změřenou bez vlivů vlastního hluku. Hluk pozadí nepůsobí na měřenou hodnotu, pokud je rozdíl mezi hladinou hluku a hladinou pozadí větší než 10 dB. Pokud hodnota rozdílu je nižší než 10 dB, pak je možno určit míru ovlivnění měřeného hluku. Pro usnadnění udává ČSN 01 1603, že

při rozdílu mezi 6 až 9 dB odečteme 1dB od naměřené úrovně hluku, při rozdílu 4 až 6 dB odečteme 2 dB a dále je normou udáno, že pokud je rozdíl nižší než 4 dB měření nelze uskutečnit. Tato norma se ovšem může týkat pouze určitého kmitočtového pásma při proměření hluku pozadí v oktávových pásmech. Některé výpočty jsou však omezeny, neznáme-li kompletní spektrum hluku. Pokud rozdíl mezi hladinou vypočítanou z vyhovujících pásem a ze všech pásem nepřesahuje 1 dB, v tom případě je možno vypočítat např. hladiny zvuku A při rozdílu menším než 4 dB v některém pásmu podle ČSN.

2.9.3 Směrová charakteristika zdroje hluku

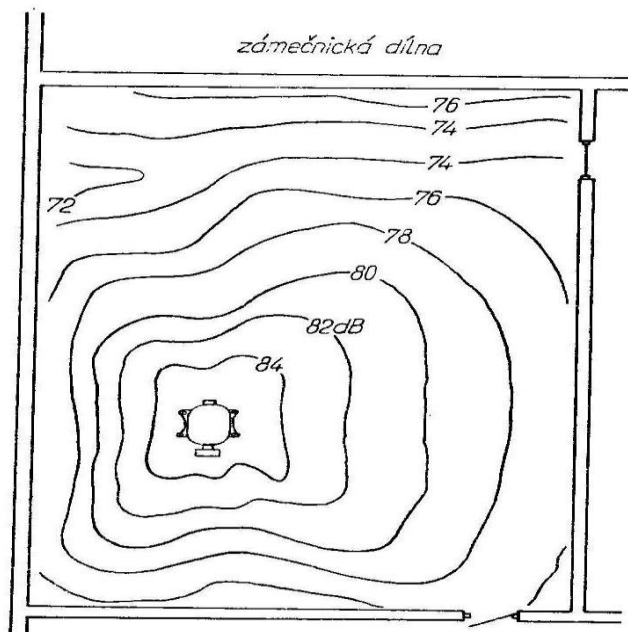
Na směrové vyzařování hluku působí vlastní akustický zdroj i okolní překážky. Všesměrově vyzařující akustický zdroj nacházející se ve volném prostoru je nejjednodušším případem. Zvuk postupuje od zdroje volně a rovnoměrně do všech směrů. Nejběžnější omezení je, pokud se zdroj hluku nachází na podložce (podlaze, plošině, ale i zavěšen na stěně apod.). V tom případě se hluk šíří do polokoule, někdy též mluvíme o poloprostoru.



Obr. č. 4 - Vyzařování všesměrové a vyzařování do poloprostoru[17]

Jestliže vlastnostmi samotného zdroje hluku působíme na směrové vyzařování, je zapotřebí akustické pole zdroje hluku proměřit, tzn. zjistit hladiny v různých měřicích bodech v prostoru. Pro různé účely je metoda měření a popis směrového vyzařování definován různě. Nejsnadnější způsob proměření je v jedné rovině, pravidelně se využívá proměření ve vybraných, definovaných bodech, jejichž rozmístění závisí na rozměrech zdroje hluku a vlastnostech pole, nebo se využívá i všestranného proměření a směrové vlastnosti se zobrazí díky směrovému indexu či pomocí činitele směrovosti.

Směrové vyzařování při braní v úvahu současně vlivu vlastností zdroje hluku a prostoru, kde se zdroj nachází, charakterizuje nejlépe izobar, tj. čára spojující místa se shodnou hladinou zvukového tlaku.



Obr. č. 5 - Příklad pole izobar při měření hlučnosti motoru a průniku hluku ze sousedící dílny[17]

Takové zobrazení nám může ulehčit hledání toho dílu či součásti komplikovaného zařízení, jehož působení má za následek rozhodující díl hlučnosti celého zařízení. Tento komponent se s největší pravděpodobností bude vyskytovat v místě, kde se izobary nejvolněji přimykají k zařízení; na obr. 5 budou mít nemalý podíl na hlučnosti například ložiska motoru. Při lokalizaci nejhlučnějšího zařízení v prostorné výrobní hale, nebo např. při určování stěny, kterou do místnosti proniká hluk, nám může pomoci pole izobar. [17]

2.9.4 Přehled zdrojů hluku

Zdroje hluku lze třídit nejen podle jejich fyzikálního principu (tj. na hluky vznikající prouděním tekutin a plynů, hluky z působení mechanických sil, např. z vibrací jejich nevyvážených rotujících dílů aj.), ale také podle sfér činností, s nimiž jsou vznikající hluky dávány do souvislosti.

A. Hluky vznikající v přírodě

- I. fyzikálními procesy (proudění vzduchu, vody aj.)
- II. životními projevy fauny

B. Hluky vznikající činností člověka

- I. v dopravě,
- II. ve výrobě,
- III. v souvislosti s bydlením,
- IV. v souvislosti s trávením volného času.

Další výhodná možnost třídění zdrojů je členění na zdroje mobilní a stacionární.

Mezi mobilní zdroje se kromě dopravních prostředků řadí také především zemědělské stroje a stavební mechanismy.

Stabilní zdroje, např. průmyslové provozovny, závody, dopravní zařízení, staveniště, hřiště a stadiony, letní kina aj., jsou většinou hodnoceny z hlediska ochrany proti hluku přísněji.

Je to ovlivněno odlišnou reakcí lidstva, u níž stabilní zdroje stimulují při shodných hladinách hluku vyšší odezvu i odlišnými, podstatně výhodnějšími možnostmi protihlukových opatření. „Bonifikace na mobilitu“, která činí až 10 dB je zahrnuta v některých národních předpisech.

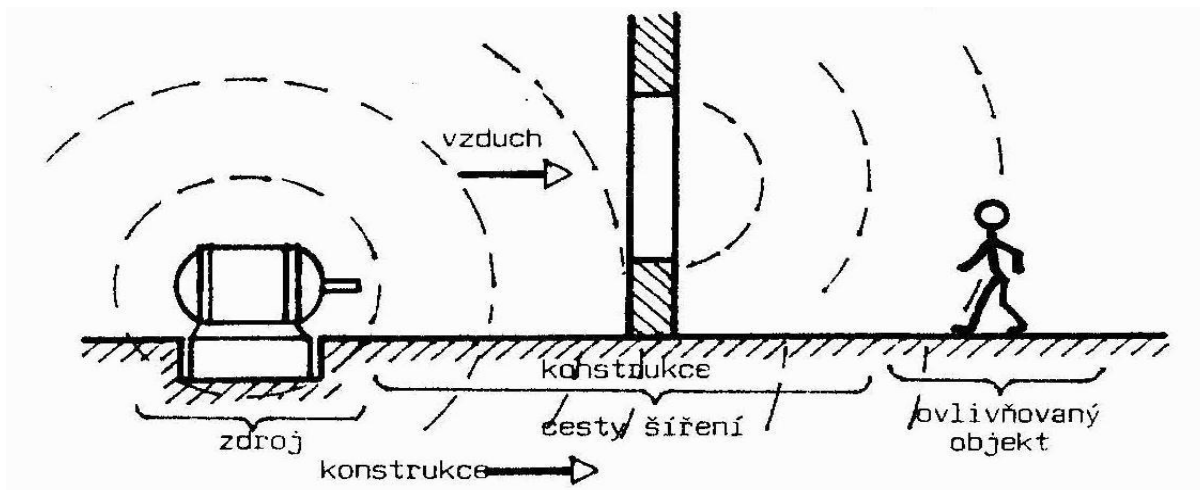
Dále bychom měli rozlišovat zdroje soustavně působící od zdrojů působících po časově omezenou dobu, a to z časového hlediska. [11]

2.10 Šíření hluku

Hluk od zdroje postupuje v kulových vlnoplochách a jeho intenzita je vyjadřována v decibelech. [10]

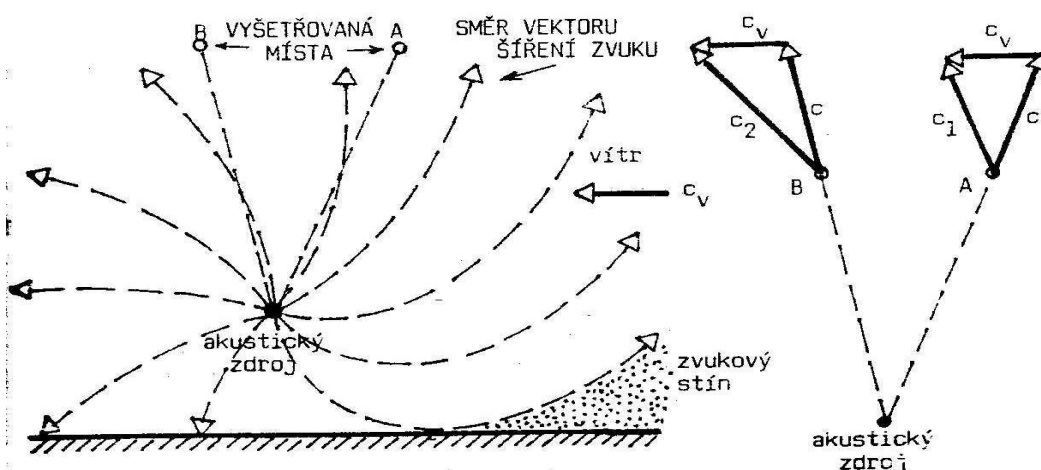
Při zkoumání hluku je nutné se důkladně věnovat třem oblastem:

- zdroje hluku,
- cesty šíření,
- působení na člověka, prostředí, ekonomiku apod.



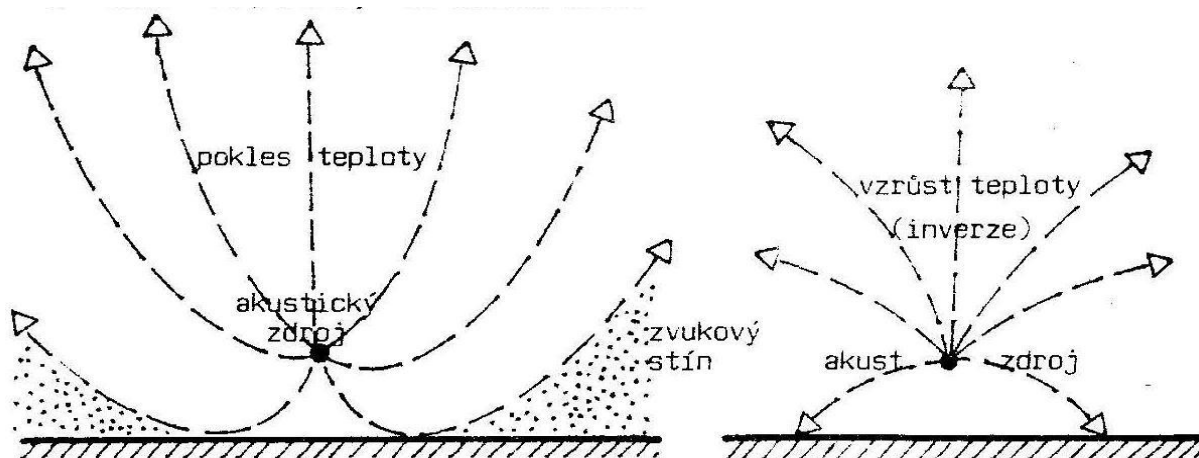
Obr. č. 6 - Cesty šíření hluku k ovlivňovanému objektu [1]

A. Vliv větru na šíření zvuku



Obr. č. 7 - Vytváření zvukového stínu vlivem větru [1]

B. Vliv teploty na šíření zvuku



Obr. č. 8 - Vliv teploty na šíření zvuku [1]

2.10.1 Blízke a vzdálené akustické pole

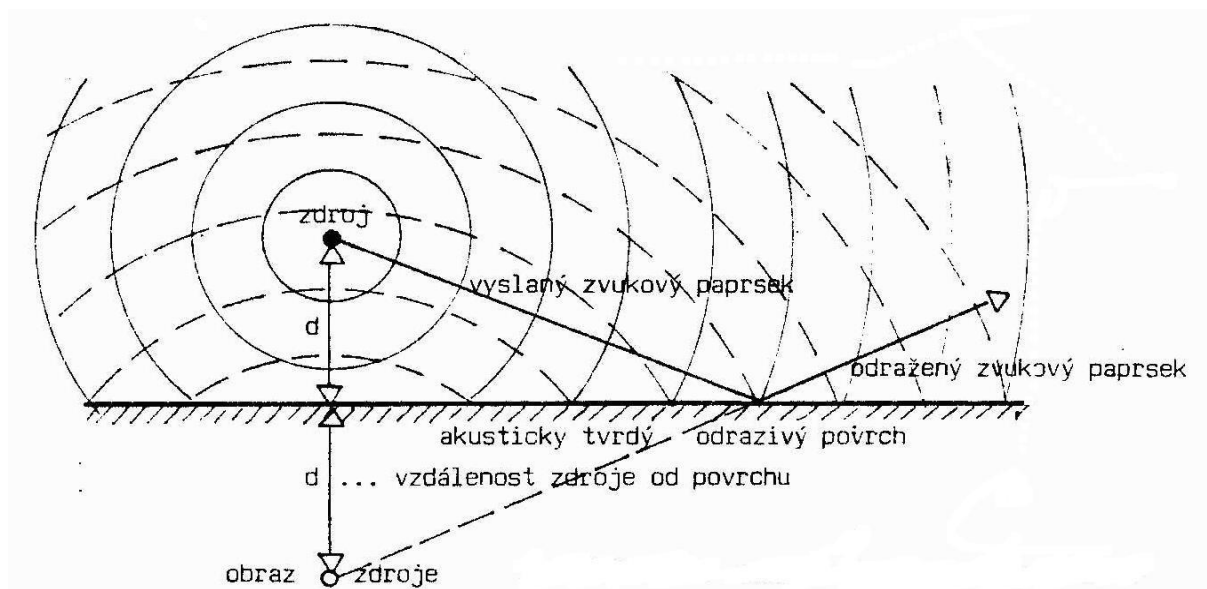
Blízke pole se vyskytuje v malé vzdálenosti od zdroje, je definováno tím, že v této sekci neplatí jednoduché vztahy mezi zvukovými veličinami.

Vzdálené pole se dělí do dvou částí:

při dvojnásobné vzdálenosti od zdroje je volné pole charakterizováno snížením hladiny zvuku o 6 dB. Ve vzdálenější oblasti je možno kulovou vlnoplochu mít za rovinnou a o této oblasti se hovoří jako o odrazovém poli, které se vyskytuje ve větších vzdálenostech od zdroje, kdy se využívají odrazy od různých překážek.

Odras (reflexe) akustické vlny. Dopadem akustické vlny na tvrdý povrch je část akustické energie vstřebána a přeměněna na teplo, část energie je odražena dle obr. 9.

[1]



Obr. č. 9 - Odras zvukové vlny od plochy (pevné) [1]

2.11 Šíření zvuku

Všechny zdroje hluku lze charakterizovat celkovým vyzářeným zvukovým výkonem a směrovou charakteristikou, tj. rozříděním vyzařování energie do veškerého prostoru. Tímto je dán tvar zvukového pole vyprodukovaného zdrojem hluku ve volném prostoru. Jestliže zdroj hluku vložíme do reálného prostoru finálních rozměrů, nastává v některých směrech šíření k absorpci zvuku nebo k ohybům či odrazům zvukových vln a tvar pole se radikálně stává problémový.

Jakékoliv prostředí je tvořeno z částic, které v pružném prostředí díky svým schopnostem mohou předávat svůj pohyb (jednorázový nebo periodický) sousedícím

částicím. Postup rozruchu okolím se označuje jako vlnění a spojnice sousedních geometrických míst prostředí, ve které oscilují částice se stejnou fází, lze pojmenovat jako vlnoplocha. Dle tvaru vlnoploch je možné třídit různé typy vlnění. Soustředíme-li se na nejjednodušší, pak např. u kulového vlnění mají vlnoplochy podobu souosých válců a u rovinného vlnění jsou vlnoplochy rovinné. Během studií o šíření hluku přicházíme do styku s pojmem zvukový paprsek, jenž popisuje směr nebo směry šíření zvukového vlnění. V izotropním prostředí (tj. v trvalém prostředí, kde vlastnosti nejsou směrově závislé) jsou akustické paprsky kolmé na vlnoplochy u veškerých typů vlnění.

Postup hluku od reálných zdrojů hluku není obecně rovnoměrné do celého prostoru. Informaci ohledně směrových vlastností zdrojů hluku udávají směrové vyzařovací charakteristiky, jež udávají rozložení hladin zvukového tlaku v závislosti na úhlu vyzařování v některé z vybraných rovin. Směrovou vyzařovací charakteristiku často určujeme ve vzdáleném zvukovém poli za předpokladu, že pole tam není ovlivněno překážkami, odrazovými plochami apod.

Věnujeme-li se otázkám postupu hluku od zdroje, je nezbytné uvědomit si, že každý zdroj hluku vytváří ve svém okolí zvukové pole, které bez ohledu na tvar vlnoploch je možné:

- a. s ohledem na vztah mezi zdrojem hluku, vzdáleností od něho v porovnání s rozměry zdroje hluku a vlnovou délkou vyzařovaného hluku třídit buďto jako blízké, nebo vzdálené pole,
- b. s ohledem na vazbu vlastností prostoru a vzdálenosti od zdroje hluku třídit buďto jako volné, nebo difúzní pole.

Blízké zvukové pole je v těsném okolí zdroje hluku, kde poměr zvukového tlaku a zvukové rychlosti se nerovná vlnovému odporu prostředí. V blízkém poli není stoprocentně možné zdroj hluku popsat měřením hladin zvukového tlaku. Ve vzdáleném zvukovém poli, které zároveň splňuje podmínky volného zvukového pole, snižuje teoreticky zvukový tlak lineárně o 6 dB při zdvojnásobení vzdálenosti. Zdroj v této oblasti je zdroj hluku přesně charakterizovatelný hladinami zvukového tlaku. Ve volném zvukovém poli za předpokladu všesměrového zdroje hluku probíhá vyzařování shodně do všech směrů, poněvadž zde nejsou žádné ohraničující plochy, kde by mohlo docházet k odrazům. O difúzním poli se mluví, pokud v každém jeho bodě je dopad zvukového paprsku z libovolného směru náhodný, intenzita zvuku je neměnná a hustota zvukové energie je rovnoměrně

rozložena. V praxi v běžných případech lze předpokládat, že v uzavřených prostorech je dozvukové pole vždy difúzním.

Snížení hladiny hluku bodového zdroje ve volném akustickém poli se vysvětluje působením tzv. sférické disperze, tj. rozdělení zvukové energie na zvětšující se plochu. Sférické disperze znázorňuje snížení hladiny hluku o 6dB při zdvojnásobení vzdálenosti pozorovatele od zdroje. Dalším činitelem ovlivňujícím postup hluku ve vzduchu je atmosférická absorpce, která obecně závisí na vlhkosti vzduchu, teplotě a kmitočtu přenášeného signálu. Dle fyzikální podstaty útlumu jsou členěny do dvou kategorií:

1. Klasická absorpce způsobuje snížení akustické energie působením tepelné vodivosti a vyzařováním tepla, viskozity a difuzity vzduchu na cestě šíření akustické energie. Během šíření sinusového signálu o kmitočtu 1 000 Hz na vzdálenost 100 m bude snížení vlivem tohoto mechanismu cca 0,004 dB.
2. Molekulární absorpce způsobuje snížení akustické energie působením relaxace při pohybu molekul ve vzduchu a je díky tomu závislá na množství vodních par, tj. na relativní vlhkosti a teplotě vzduchu. Velikost molekulární absorpce je zároveň kmitočtově závislá a pro určitý kmitočet dosahuje svého maxima.

U útlumu působením atmosférických podmínek byl rozsah změn pozorován experimentálně a nejzásadněji se projevuje vliv husté mlhy. Například klidný déšť nebo sněžení nenavýšuje přídavný útlum, poněvadž zároveň nastává ohyb zvukových vln, a tím koncentrace akustické energie přízemní vlny.

Ve venkovním prostředí takřka pokaždé zjistíme nenulový gradient (spád, změna na jednotku délky) teploty a rychlosti větru, a to především ve směru svislém. To se projevuje změnou rychlosti zvuku v závislosti na výšce, ohybu a lomu zvukových paprsků. V blízkosti zemského povrchu jsou převážně kladné gradienty větru – rychlost větru se zvyšuje s výškou. Dle empirického pravidla, je hluk „zanášen“ (ve směru vanutí) tak, že ke zvýšení vzdálenosti asi 100 m vzroste hladina hluku oproti šíření při bezvětří o tolik dB, která odpovídá třicetině z rychlosti větru v km/hod. Ve směru proti větru se naopak projeví snížení hladiny hluku o stejný počet dB.

Vysvětlený vliv rozdílných atmosférických podmínek bývá nejzásadnějším důvodem značného kolísání měřených hladin hluku při větších vzdálenostech od

jinak neměnného zdroje hluku. Tento fakt podtrhuje požadavek běžných atmosférických podmínek, mají-li být měření reprodukovatelná.

V reálné situaci je případ volného akustického pole, tj. pole bez překážek výjimečný, a to jen vesměs v některém směru šíření hluku ze zdroje. V případě, že je prostor ohraničený, nastává odraz hluku při šíření (pokud vlnová délka je shodná nebo menší než rozměry plochy). Intenzita odražené vlny je závislá na vlastnostech odrazné plochy (pohltivosti). Odražený paprsek, resp. odražený hluk vyvolá před překážkou soustředění zvukové energie, která se projeví zvýšením hladiny hluku – odtud vyplývá požadavek na volbu měřících míst ve vzdálenosti větší než 1 m od stěn.

Naopak za překážkou vzniká akustický stín, který se prezentuje snížením hladin hluku, resp. snížením hustoty zvukové energie a intenzity. Výsledný efekt stínění hluku překážkou je mimo spektrálního složení hluku závislý především na geometrických vlastnostech překážky (výšce a délce) a na vzájemném umístění zdroje hluku a „pozorovatele“, tj. místa, kde efekt překážky vyhodnocujeme. Samozřejmě je třeba, aby překážka, nebo jak se častěji říká „protihluková clona či bariéra“ (pokud jde o uměle a záměrně budovaná opatření) splňovala kritéria na neprůzvučnost, což je poměrně jednoduché uskutečnit pomocí vhodné volby materiálu.

Pokud vlnová délka dopadajícího zvukového signálu je shodná s rozměry překážky nebo je větší, nastane ohyb zvukového paprsku. Působením ohybu se omezuje funkce protihlukových clon nebo překážek v oblasti nízkých kmitočtů.

Dalším jevem je lom zvukového paprsku, jenž nastává, prostupuje-li zvuková vlna rozhraním dvou prostředí, kde jsou logicky vzato, rozdílné rychlosti šíření zvuku. Lom zvukových vln se může uskutečnit, pokud např. ve velkém sále jsou nestejněměrně prohráté vzduchové vrstvy, díky nimž se zvuk nešíří přímočaře – nastává lom zvuku (směrem do chladnějších vrstev vzduchu).

2.11.1 Šíření hluku z pozemních komunikací

Dnes není sporu o tom, že provoz vozidel na pozemních komunikacích útočí na největší území a také nevyšší počet obyvatel. Z pohledu ochrany např. obytných sídel proti hluku z komunikací je nezbytné ovládat zákonitosti a využívat jich při projekci nových obytných celků nebo dopravních řešení.

Zvukové pole bude určitě ovlivněno nesymetrickou směrovou vyzářovací charakteristikou daného vozidla a z toho také složitým tvarem směrové vyzářovací charakteristiky pozemní komunikace, ovlivněné hustotou provozu a skladbou dopravního proudu. Na přímé i odražené paprsky, které mají různou dráhu, působí jinou velikostí útlum působením vzdálenosti, útlum atmosférickou absorpcí, útlum vlivem atmosférických podmínek, bez ohledu na to, že působením nestejných drah do místa pozorování mají odlišné podmínky pro odraz a lom. Díky měřením byly potvrzeny závěry matematického modelování, že tvar zvukového pole okolí pozemních komunikací ve volném prostoru má trychtýřovitý tvar a je závislý na intenzitě a složení dopravního proudu.

2.11.2 Šíření hluku ve stavbách

V budovách má šíření hluku určité zvláštnosti dané tím, že jde buď o šíření zvuku z určitých uzavřených nebo polouzavřených prostor do prostor sousedících, oddělených přepážkami různého druhu, a především poté o šíření ze zdrojů, jež se nacházejí vně budovy a jsou různým způsobem spjaty s budovou samotnou. Vznikají tím dva způsoby šíření:

- a) vzdušné šíření,
- b) šíření konstrukcí.

Během vzdušného šíření narazí zvukové vlny na přepážku, určité množství energie se odrazí zpět, určité množství je odvedeno konstrukcí přepážky do okolí, určité množství se pohlcuje v překážce (přemění v teplo) a určité množství projde do místnosti sousední. O poměru pohlcené a odražené energie ovlivňuje povrch a struktura materiálu přepážky. S omezením hmotnosti dělicích prvků stavby je spjato zpravidla vždy omezení akustické kvality. Snahy o odlehčení stavby musí být doprovázeny využitím zvukoizolačně účinnější skladby (konstrukce) příček. O neprůzvučnosti dělicího prvku je rozhodující jeho nejslabší díl; o neprůzvučnosti stěny s dveřmi tedy hlavně dveře apod. Neprůzvučnost zásadně ovlivňují netěsnosti, otvory či štěrbiny. Při šíření konstrukcí se jedná o šíření zvukových vln pevnými částmi stavby, jež jsou mezi sebou pevně (nepružně) spojeny.

Většina problémů nastává při nevhodném projektovém řešení nebo stavebním provedení uložení hlučných zařízení v budově, jako např. strojoven výtahů, vodních čerpadel, kompresorů, vodovodních rozvodů apod. Obecně lze říci, že je nutné zabránit přímému kontaktu vibrujících zařízení s konstrukcí budovy, že přímý styk je

nutno zaměnit za pružné uložení, které nedovoluje postup takového vlnění do stěn a stropů, jež by se jimi mohlo dále šířit.

2.12 Absorpční materiály

Význam zvuk pohlcujících materiálů souvisí se změnami zvukových vlastností toho prostoru, v němž byly tyto materiály použity.

Snížením množství odražené zvukové energie (ke snížení opravdu efektivnímu může dojít, když bude vybraný pohltivý materiál odpovídat svými vlastnostmi frekvenčnímu složení působícího hluku) se zkrátí doba dozvuku a omezí se oblast difúzního pole v daném prostoru. Použití zvuk pohlcujících materiálů je tedy užitečné tam, kde jde o omezování hluku na větší vzdálenosti od zdroje, nebo v prostoru, kde spolupůsobí množství zdrojů, kde jde spíše o střední a nižší hladiny, kde hluk vzniká hovorem lidí nebo jejich pestrou činností atd. Absorpční vlastnosti jsou tvořeny materiály, jako jsou vláknité, kanálkovité a komůrkovité. [11]

2.13 Rychlost zvuku

Rychlost šíření zvuku závisí na prostředí, kterým se zvuk šíří. Rychlosti šíření zvuku také závisí na teplotě. Hodnoty jsou zaokrouhleny na celá čísla.

Tab. č. 2 – Rychlost šíření hluku[2]

Látky	Rychlost zvuku [m/s]
Vzduch [0 °C]	331
Vzduch [20 °C]	343
Beton	1700
Ocel	5000
Sklo	5200
Dusík [25 °C]	334

2.14 Metody měření a vyhodnocování hlučnosti

Kromě vlastního měření hlučnosti je třeba hodnotit i měření pro zdravotnické účely, které vycházejí ne pouze z fyzikálních veličin, ale jejichž prvořadým kritériem je omezení prahu slyšitelnosti po určité hlukové expozici. V hygienických měřeních obvykle nejsou nejdůležitějším měřítkem samotné hlučnosti, ale tzv. hluková expozice, mapující nevratnost či vratnost (dočasnost) redukce prahu slyšitelnosti jako kritéria pro hodnocení meze pro trvalé poškození sluchového orgánu. U hlukových

expozic v současné době není stále striktně dán postup hodnocení. Snížení doby expozice umožňuje pro shodný konečný účinek nějaké zvýšení hladiny hlasitosti, které se dle vybraných autorů udržuje při zkrácení expoziční doby na polovinu mezi 2,5 až 4,8 dB. Při stanovení hlukových expozic se vychází z nějaké střední nebo průměrné hladiny, která má za úkol popsat energetický časový průměr proměnného hluku. K jejímu označení je doporučeno využívat odborný výraz „ekvivalentní trvalá hladina“ (L_{ekv}).

2.14.1 Subjektivní měření

Tato metoda patří mezi nejstarší, kdy se pozorovaný hluk porovnával se signálem, jehož hladina se měnila tak dlouho, než běžný pozorovatel posoudil oba hluky za stejně hlasité. Regulační prvek, díky němuž byla měněna hladina srovnávacího-referenčního signálu, byl cejchován určitou stupnicí, a jeho umístění tedy určovala hlučnosti měřeného hluku určité číslo.

Na této metodě měření se vcelku nic nezměnilo, jen bylo konkrétně definováno, jaké vlastnosti má referenční signál mít a jaká stupnice je k němu přidružena. „*Dnes je referenční signál během měření hlasitosti zvuk o kmitočtu 1 kHz, a to buď jednoduchý sinusový signál, nebo signál úzkopásmového šumu (šířky nejvýše 1/3 oktávy) se středním kmitočtem 1 kHz*“; je nutné, aby referenční signál přicházel k pozorovateli v čelních rovinných vlnách a je vyhodnocován při binaurálním poslechu (poslechu oběma ušima). *Referenční signál je měřen v hladinách hlasitosti ve fónech [Ph] a výsledná hlasitost je udána v sonech převodem. S ohledem k číselné rovnosti obou hodnot, je možno referenční signál měřit také v hladinách akustického tlaku, poněvadž musí mít kmitočet 1 kHz; jak je dáno definicí – hladina akustického tlaku referenčního signálu v decibelech je rovna hladině hlasitosti ve fónech.*

Samotná jednotka [Ph] se dle platných norem smí používat jen pro skutečně subjektivně získané hladiny hlasitosti. Jestliže byla hladina hlasitosti zjištěná např. výpočtem dle Stevensovy či Zwickerovy metody, pak musí být jednotka [Ph] doplněna symbolem podmínek, podle způsobu získání; *tak u Stevensovy metody je to Ph (OD), u Zwickerovy buď Ph (GD) nebo Ph (GF). Symboly přitom značí: O – oktávová měření, G – měření v kritických (nebo třetinooktávových) pásmech, D – měření v poli difúzním a F – měření ve volném poli.*

Měření subjektivní jsou přístrojově i časově neskutečně náročné, a kvůli tomu jsou využívány jen u vědeckých pokusů, na základě kterých jsou pro praxi odvozeny jednodušší měřicí postupy.

2.14.2 Objektivní měření

U veškerých metod měření hlučnosti je akustický tlak vyvolaný neznámým hlukem měřen a uváděn poté svou hladinou, vztaženou k referenční hodnotě $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Pokud jsou zařazeny v měřicí cestě váhové filtry, pak některé měřicí postupy vedou na hladinu zvuku, při zařazení pásmových propustí na hladiny zvukového tlaku v pásmu (oktávovém nebo třetinooktávovém). Ani měření zvukového výkonu není výjimkou těchto pravidel, neboť zvukový výkon či jeho hladiny jsou stanovovány dodatečně výpočtem. Pouze u časové analýzy figuruje nová veličina – čas. Ale také zde ze změřené hladiny zvukového tlaku, hladiny zvuku či hladiny zvukového tlaku v pásmu stanovujeme výslednou hlukovou expozici vyjádřenou ekvivalentní stálou hladinou a celkovou dobou jejího působení.

U objektivních měření se tedy neliší měřená fyzikální veličina, pouze v průběhu měření či vyhodnocování jsou zařazeny různé převody, výpočty či transformace.

2.14.3 Akustické třesky

Díky vývoji a rozšíření nadzvukových letadel se objevuje nový druh hlukového signálu, označující se akustický třesk. Je to vlastně tlaková vlna, která během pár milisekund až desítek milisekund zvětší tlak v prostředí tak, že toto zvětšení lze vyčíslit v hladinách zvukového tlaku hodnotami až 180 dB (tzn., že nejvyšší zvukový tlak je přibližně roven normálnímu atmosférickému tlaku). V případě nadzvukových letadel a jejich přeletů ve velkých výškách (nad 10 km) převyšuje zvukový třesk míru škodlivosti hluku a velmi často může být přímo zdravotně nebezpečný (prokázány např. potraty). Zvukové třesky mají za následek i nemalé hospodářské škody, nepočítáme-li již skla, narušování zdiva staveb vedoucí až k jejich zřícení, zdánlivě nevysvětlitelnými únavovými lomy a např. prasklými vodiči vysokonapěťových linek.

Zvuková rázová vlna se šíří krajinou s letadlem letícím nadzvukovou rychlostí a přibližně řečeno velikost zvukového třesku je úměrná letové váze letadla

(váhou je určen výkon motorů, kterému je přibližně úměrný i výkon zvukový). Zvukovým třeskem je krajina zasažena v rozsahu několika desítek kilometrů od letové osy letadla. Jediná možnost ochrany před zvukovým třeskem je striktní zákaz přeletu nadzvukových letadel nad obydlenými oblastmi. [17]

2.15 Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví

DÍL 6

Ochrana před hlukem, vibracemi a neionizujícím zářením

Hluk a vibrace

§ 30

(1) Osoba, která používá, popřípadě provozuje stroje a zařízení, které jsou zdrojem hluku nebo vibrací, provozovatel letiště,³¹ vlastník, popřípadě správce pozemní komunikace,³² vlastník dráhy^{32a}) a provozovatel dalších objektů, jejichž provozem vzniká hluk (dále jen "zdroje hluku nebo vibrací"), jsou povinni technickými, organizačními a dalšími opatřeními v rozsahu stanoveném tímto zákonem a prováděcím právním předpisem zajistit, aby hluk nepřekračoval hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněný venkovní prostor, chráněné vnitřní prostory staveb a chráněné venkovní prostory staveb a aby bylo zabráněno nadlimitnímu přenosu vibrací na fyzické osoby.

§ 31

(1) Pokud při používání, popřípadě provozu zdroje hluku nebo vibrací, s výjimkou letišť, nelze z vážných důvodů hygienické limity dodržet, může osoba zdroj hluku nebo vibrací provozovat jen na základě povolení vydaného na návrh této osoby příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví. Orgán ochrany veřejného zdraví časově omezené povolení vydá, jestliže osoba prokáže, že hluk nebo vibrace budou omezeny na rozumně dosažitelnou míru. Rozumně dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi náklady na protihluková nebo antivibrační opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové nebo vibrační zátěže fyzických osob stanovený i s ohledem na počet fyzických osob exponovaných nadlimitnímu hluku nebo vibracím. Toto povolení se nevydává, pokud je jeho vydání nahrazeno postupem v řízení o vydání integrovaného povolení podle zákona o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů (zákon o integrované prevenci).

(2) Při překročení hygienických limitů z provozu hluku na mezinárodních letištích zajišťujících ročně více než 50 tisíc startů nebo přistání a vojenských letištích je provozovatel letiště povinen navrhnout vydání opatření obecné povahy podle správního řádu ke zřízení ochranného hlukového pásma. Opatření obecné povahy ke zřízení ochranného hlukového pásma vydá Úřad pro civilní letectví v dohodě s krajskou hygienickou stanicí.

(3) U bytových domů, rodinných domů, staveb pro školní a předškolní výchovu, staveb pro zdravotní a sociální účely a funkčně obdobných staveb umístěných v ochranném hlukovém pásmu je provozovatel letiště na základě odborného posudku vypracovaného na jeho náklad povinen postupně provést nebo zajistit provedení protihlukových opatření v takovém rozsahu, aby byly alespoň uvnitř staveb hygienické limity hluku dodrženy. U staveb uvedených ve větě první, ve kterých by podle odborného posudku protihluková opatření nezajistila dodržování hygienických limitů, může příslušný správní úřad zahájit řízení o změně v užívání stavby nebo o jejím odstranění.

§ 32

Hluk z provozoven služeb a hluk z veřejné produkce hudby (například koncert, taneční zábava, artistická produkce s hudbou) nesmí překročit hygienické limity upravené prováděcím právním předpisem pro chráněné prostory uvedené v § 30^a33c). Splnění této povinnosti zajistí osoba provozující službu a, jde-li o veřejnou produkci hudby, pořadatel, a nelze-li pořadatele zjistit, pak osoba, která k tomuto účelu stavbu, jiné zařízení nebo pozemek poskytla.

§ 33

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

§ 34

(1) Prováděcí právní předpis upraví hygienické limity hluku a vibrací pro denní a noční dobu, způsob jejich měření a hodnocení.

(2) *Noční dobou se pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem a vibracemi rozumí doba mezi 22.00 a 6.00 hodinou. [20]*

2.16 NAŘÍZENÍ VLÁDY 148/2006 Sb.

ze dne 15. března 2006

o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Vláda nařizuje podle § 108 odst. 3 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, k provedení § 30, 32 a § 34 odst. 1 a podle § 134c odst. 7 zákona č. 65/1965 Sb., zákoník práce, ve znění zákona č. 155/2000 Sb.:

ČÁST PRVNÍ

PŘEDMĚT ÚPRAVY

§ 1

(1) Toto nařízení zpracovává příslušné předpisy Evropských společenství a upravuje

- a) hygienické limity hluku a vibrací pro místo určené nebo obvyklé pro výkon činnosti zaměstnanců (dále jen "pracoviště"), minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnanců a hodnocení rizik hluku a vibrací pro pracoviště,*
- b) hygienické limity hluku pro chráněný vnitřní prostor staveb, chráněný venkovní prostor staveb a chráněný venkovní prostor,*
- c) hygienické limity vibrací pro chráněný vnitřní prostor staveb,*
- d) způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.*

(2) Toto nařízení se nevztahuje na

- a) hluk z užívání bytu,*
- b) hluk a vibrace způsobené prováděním a nácvikem hasebních, záchranných a likvidačních prací, jakož i bezpečnostních a vojenských akcí,*
- c) akustické výstražné signály související s bezpečnostními opatřeními a záchranou lidského života, zdraví a majetku.*

ČÁST DRUHÁ

HLUK NA PRACOVIŠTI

§ 2

Ustálený a proměnný hluk

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

a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo

b) expozicí zvuku $A E_{A,8h}$ se rovná 3640 Pa²s, pokud není dále stanoveno jinak.

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

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

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

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

(6) Průměrná týdenní expozice hluku $L_{Aeq,w}$ se určí podle vztahu

$$L_{Aeq,w} = 10 * \lg \left[\frac{1}{5} \left(\sum_{k=1}^n 10^{0,1 * (L_{Aeq,sh})_k} \right) \right], [dB],$$

kde n . . . je počet pracovních dnů během pracovního týdne.

§ 3

Impulsní hluk

(1) Přípustný expoziční limit impulsního hluku vyjádřený

a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo

b) expozicí zvuku A EA,8h se rovná 3640 Pa2s.

(2) Přípustný expoziční limit impulsního hluku vyjádřený

a) špičkovým akustickým tlakem C pCpeak se rovná 200 Pa, nebo

b) hladinou špičkového akustického tlaku C LCpeak se rovná 140 dB.

(3) Hygienický limit impulsního hluku na pracovišti se stanoví podle § 2.

(4) Stanovení průměrné týdenní expozice impulsního hluku se použije pouze v případě, že pracovní doba v průběhu pracovního týdne není rovnoměrně rozvržena, nebo když se hladina hluku při práci v průběhu týdne sice mění, avšak jednotlivé týdenní expozice hluku se neliší o více než 10 dB v ekvivalentní hladině akustického tlaku A od dlouhodobého průměru a při žádné z expozic není překročena hladina maximálního akustického tlaku A LAm_{ax} 107 dB.

(5) Průměrná týdenní expozice impulsního hluku se stanoví podle § 2.

§ 4

Vysokofrekvenční hluk

Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 8 kHz, 10 kHz, 12,5 kHz a 16 kHz Lteq,8h se rovná 75 dB; vysokofrekvenčním hlukem je slyšitelný zvuk s tónovými složkami v pásmu kmitočtů vyšších než 8 kHz.

§ 5

Ultrazvuk

Přípustný expoziční limit ultrazvuku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku Lteq,8h v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz a 40 kHz Lteq,8h se rovná 105 dB.

§ 6

Infrazvuk a nízkofrekvenční hluk

(1) Přípustný expoziční limit infrazvuku a nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku G LGeq,8h se rovná 116 dB; nízkofrekvenčním hlukem je slyšitelný zvuk s tónovými složkami v pásmu kmitočtů nižších než 100 Hz.

(2) Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 1 Hz až 16 Hz Lteq,8h se rovná 110 dB.

(3) Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 Hz až 40 Hz $L_{teq,8h}$ se rovná 105 dB.

(4) Při krátkodobé expozici nízkofrekvenčnímu hluku do 8 minut z pracovní směny vyjádřenému hladinami maximálního akustického tlaku L_{tmax} v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 1 Hz až 16 Hz nesmí překročit 137 dB a v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 Hz až 40 Hz, L_{tmax} nesmí překročit 132 dB.

§ 7

Hygienický limit hluku, infrazvuku a ultrazvuku na pracovištích pro jinou než osmihodinovou pracovní dobu

(1) Hygienický limit expozice hluku, infrazvuku, nízkofrekvenčního a vysokofrekvenčního hluku a ultrazvuku pro jinou než osmihodinovou pracovní dobu (dále jen "480 minut") T v minutách se určí tak, že se ke stanoveným přípustným expozičním limitům $L_{Aeq,8h}$, $L_{teq,8h}$, nebo $L_{G_{eq,8h}}$ přičte korekce KT , která se stanoví podle vztahu

$$KT = 10 \cdot \lg(480/T), [dB].$$

(2) Hygienický limit expozice zvuku A se pro jinou pracovní dobu T než 480 minut určí tak, že se hodnota $E_{A,8h}$ 3640 Pa²s vynásobí činitelem kT , který se stanoví podle vztahu

$$kT = 480/T, [-].$$

§ 8

Hodnocení rizika hluku a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnanců

(1) Riziko expozice hluku vůči zaměstnancům musí být vylučováno nebo alespoň omezováno na minimum v souladu s dostupností protihlukových technických opatření. Při hodnocení rizika hluku zaměstnavatel přihlíží zejména k

- úrovni, typu a době trvání expozice včetně expozic impulsnímu hluku,
- přípustným expozičním limitům a hygienickým limitům hluku,
- účinkům hluku na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, zejména mladistvých zaměstnanců, těhotných žen, kojících žen a matek do konce devátého měsíce po porodu,

- d) účinkům na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, jež jsou důsledkem současně expozice faktorům, které jsou součástí technologie a mohou tak zvyšovat nebezpečí poškození zdraví, zejména sluchu,
- e) nepřímým účinkům vyplývajícím z interakcí hluku a výstražných signálů nebo jiných zvuků, které je nutno sledovat v zájmu snížení rizika úrazů,
- f) informacím o hlukových emisích, které uvádí výrobce stroje, nářadí nebo jiného zařízení,
- g) existenci alternativních pracovních zařízení navržených ke snížení hlukové emise stanovených zvláštními právními předpisy³),
- h) rozšíření expozice hluku nad osmihodinovou pracovní dobu,
- i) příslušným informacím, které vyplývají ze zdravotního dohledu a dostupným publikovaným informacím,
- j) dostupnosti chráničů sluchu s náležitými útlumovými vlastnostmi.

(2) Uspořádání pracovišť, na nichž je nebo bude vykonávána práce spojená s expozicí hluku, umístění výrobních prostředků a zařízení, volba pracovního nářadí, pracovní postupy a metody práce, musí směřovat ke snižování rizika hluku u jeho zdroje.

(3) Školení zaměstnanců, kteří vykonávají práci spojenou s expozicí ustálenému nebo proměnnému hluku, jehož ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{LAeq,8h}$ překračuje 80 dB, nebo práci spojenou s expozicí jiným druhem hluku, jehož hodnoty překračují jejich přípustný expoziční limit, musí obsahovat zejména informace o

- a) správném používání výrobních prostředků, zařízení a pracovního nářadí,
- b) zdrojích hluku na pracovišti,
- c) druhu a účincích daného hluku a jeho přípustných expozičních limitech,
- d) výsledcích měření hluku,
- e) opatřeních přijatých k omezení úrovně míry a doby expozice hluku,
- f) správném používání osobních ochranných pracovních prostředků,
- g) vhodných pracovních postupech stanovených k minimalizaci expozice hluku,
- h) postupech při zjištění možného poškození sluchu,
- i) účelu lékařských preventivních prohlídek zajišťovaných zařízením závodní preventivní péče.

(4) Protihlukové zástěny nebo protihlukové systémy se umísťují tak, aby byl takový hluk pohlcován nebo bylo sníženo šíření hluku mimo tato pracoviště.

(5) Pravidelná a řádná údržba výrobních prostředků, zařízení a pracovního nářadí na pracovištích, kde je vykonávána práce spojená s expozicí hluku, musí zajistit, aby míra jejich opotřebení nebyla příčinou zvyšování hluku.

(6) Pokud je při práci v hluku nepřetržitě používán osobní ochranný prostředek proti hluku k omezení jeho působení, musí být během této práce zařazeny bezpečnostní přestávky. Po dobu bezpečnostních přestávek nesmí být zaměstnanec exponován hluku překračujícím přípustný expoziční limit.

§ 9

Minimální rozsah opatření k omezení expozice hluku

(1) Pokud se vyhodnocením změřených hodnot prokáže, že přes uplatněná opatření k odstranění nebo minimalizaci hluku překračují ekvivalentní hladiny hluku A přípustný expoziční limit 80 dB, nebo že průměrná hodnota špičkového akustického tlaku C je větší než 112 Pa, musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky k ochraně sluchu účinné v oblasti kmitočtů daného hluku.

(2) Jestliže je překročen přípustný expoziční limit 85 dB, respektive nejvyšší přípustná hodnota 200 Pa, musí zaměstnavatel zajistit, aby osobní ochranné pracovní prostředky zaměstnanci používali.[15]

2.17 Zvukoměry

Různé typy zvukoměrů musí udávat hodnoty vzájemně srovnatelné, což je vyžadováno přesně definovanými a dodržovanými vlastnostmi přístrojů, aby případně odchylky od ideálních hodnot, nastalé při měřeních, se zákonitě opakovaly a byly reprodukovatelné. Součástí normalizace jsou proto i zdánlivě podružné vlastnosti a tolerování jak směrem k lepším, tak i horším vlastnostem (jako např. váhový filtr C, rozhodující jinak nevýhodné snížení u vysokých kmitočtů).

Mezinárodně a v zásadě shodně i v ČSN 35 6870 „Zvukoměry“ byly definovány vlastnosti dvou typů zvukoměrů, lišících se mezi sebou přípustnými tolerancemi vlastností přístrojů jako celku. Běžné zvukoměry berou v úvahu rozdíly od fyzikálně správné hodnoty v nepříznivých případech až +/-4 dB a jsou udány pro provozní měření; přesné zvukoměry tolerují nejvyšší odchylky +/-2 dB, jestliže nejde o mezní případy, a díky tomu slouží ke kontrolním a laboratorním měřením.[17]

Zvukoměr je hlavní měřicí přístroj zvuku, využívá se pro řadu různých druhů zvukových a vibračních měření. V digitálním zvukoměru je zabudovaný frekvenční analyzátor v reálném čase. Kondenzátorový mikrofon s lineární frekvenční charakteristikou a dobrou časovou stabilitou je obvykle zvukový měnič. Součástí zvukoměru je dále zesilovač a analogové přepínání rozsahů, běžně jsou součástí váhové filtry A, B, C a ev. D a možnost oktávové nebo třetinooktávové filtrace. *„Váhové filtry A, B, C jsou inverzní ke křivkám stejné hlasitosti při hladinách 40, 80 a 120 dB, křivka D se používá pro letecký hluk“*. Podstatnou vlastností, která podstatně stanovuje třídu přesnosti zvukoměru, je převodník střídavého signálu na stejnosměrný. V současnosti je již většinou zobrazovací jednotka digitální, její dynamické vlastnosti jsou však převzaty od ručkových měřidel. Naměřený údaj pak zhruba odpovídá průměru za čas daný časovou konstantou. Norma stanovuje časové konstanty S (slow) 1s, F (fast) 200ms a I (impuls), která je nesymetrická a pro náběh má hodnotu 35ms a pro doběh (pokles) 2s. *„Požadavky na elektroakustické parametry zvukoměrů jsou v normě IEC651 a jejích dodatcích“*. [9]

3 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je představení společnosti BRÜEL & KJAER. Prezentace a seznámení se zvukoměry BRÜEL & KJAER, které patří k tomu nejlepšímu, co náš trh nabízí. Společnost BRÜEL & KJAER je přední světový výrobce a dodavatel řešení zvuku. Podrobnější charakteristika a popis zvukoměru typu 2250, se kterým budou provedena měření různých zdrojů hluku, které budou zpracovány. U těchto hodnot bude provedena frekvenční analýza a určeny tónové složky. Práce s přístrojem byla umožněna díky zapůjčení z Výzkumného ústavu zemědělské techniky v Praze a návrhu na toto téma díky paní Ing. Marii Šístkové, CSc.

4 Metodika práce

4.1 Brüel & Kjær

Společnost Brüel & Kjær patří mezi nejdůležitější výrobce a dodavatele řešení vibrací a zvuku. Snaží se pomáhat zákazníkům s řešením jejich problémů s vibracemi a zvukem – počínaje měřením provozních vibrací a hluku ve spalovacích motorech automobilů až po diagnostiku zvuku staveb a řízení kontroly kvality. Zákazníci jsou zastoupeni v různých oblastech, např. v automobilovém průmyslu, letectví, spotřebního zboží a telekomunikace, stejně jako ve státních úřadech.

Snahou je pomoci zákazníkům vylepšit kvalitu akustiky a vibrací a lidského komfortu souvisejícího se zvukem a vibracemi. V této oblasti zkvalitňuje životní prostředí, kvalitu a požitky ze života.

Hlavním cílem je být výhradním partnerem a poskytovatelem řešení pro veškeré důležité instituce a společnosti, které se zabývají zvukem a vibracemi, a také globálním kompetentním centrem pro vibrace a zvuk.

Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S poskytuje mistrovský Systém managementu hluku životního prostředí a letišť (Airport and Environmental Noise Management System), který splňuje všechny známé celosvětově platné standardy a vyhovuje legislativě jako je nová EU direktiva a ISO/FDIS 20906 (Bezobslužné monitorování zvuku letadel v blízkosti letišť).

Oddanost firmy Brüel & Kjær environmentálnímu trhu trvá déle než šest desetiletí, čímž je doloženo, že je seriózní a velmi zdatná společnost působící na poli systémů managementu hluku životního prostředí a letišť. Dlouhodobé zaměření firmy Brüel & Kjær na tento segment trhu patří mezi jednu z největších výhod jejich zákazníků, neboť investice do environmentálních systémů je jistě investicí dlouhodobou, která bude vyžadovat údržbu i v příští dekádě.

4.1.1 Obchodní části

Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S se dělí na tři různé obchodní části:

- Sound and Vibration Measurement
- LDS Test & Measurement
- Lochard EMS

Sound and Vibration Measurement

Řada produktů dodávaná tímto obchodním centrem k měření vibrací a zvuků je projektována tak, aby redukovala emisní hodnoty hluku a zkvalitňovala bezpečnost a působení na životní prostředí konstrukcí lepších výrobků a lepší kvality života finálního uživatele. Plný rozsah měření zvuku a vibrací umožňuje nejnovější přírůstek v sortimentu přenosných multi-analyzátorových systémů a aplikuje uskutečňované analýzy v této oblasti. Příklady obsahující analýzu zvuku, aplikace vedení kvality a strukturální dynamické zkoušky “zabudované ve vozidle”.

LDS Test & Measurement

LDS test a měření je mezinárodně znám pro poskytování řešení validace výrobků pro využití v automobilovém a leteckém průmyslu, strojírenství, obraně a také v elektronickém a elektrotechnickém průmyslu. Rozšířený díky aplikacím tak rozmanitým jako celkové testování vypuštěných satelitů, strukturální analýzy a squeak and Rattle kontroly pro zabezpečení komfortu v kabině a pro testování balíčků výrobků, dodává LDS elektro-dynamické vibrační shakery a skvělé systémy snižování vibrací pro komplexní testování. Díky řešením v průběhu cyklu designu a testování umožní zákazníkům prokázat integritu výrobku s lepší spolehlivostí, životností, výkonností a bezpečností. Pro jedničky v průmyslu jsou řešení od sektoru LDS test a měření obsahující velké množství výrobků doprovázeny školením, technickou podporou a servisními službami.

Lochard EMS

Světovým lídrem v řízení letištního hluku a řízení životního prostředí je právě sekce Lochard EMS. Aby mohla letiště minimalizovat dopad na životní prostředí a vytvořit si silné partnerské společenství, pomáhá jim Lochard EMS s managementem jejich růstu a dodržováním právních předpisů. Těsně spolupracuje se širokou základnou klientů čítající více než 130 letišť a plní jejich požadavky týkající se životního prostředí, a to jak ty současné, tak i ty budoucí. Lochard EMS poskytuje největší sadu služeb a výrobků, které se v současnosti rozšiřují i na sledování kvality ovzduší a emise uhlíku.

Společnost Brüel & Kjær je vlastněna společností Spectris plc Velká Británie.

4.1.2 Zákazníci

Zařízení Brüel & Kjaer používají některé z největších světových společností, stejně jako i malé, specializované firmy a vládní agentury. Pracují v různých oblastech:

- Automobilový průmysl
- Letectví a obrana
- Společenství a akustický komfort
- Telcom & Audio
- Kancelářská technika
- Úřady / Instituce
- Ochrana zdraví při práci
- Spotřební zboží
- Těžký průmysl

Vzdělání [6]

4.2 Místa měření a jejich charakteristika

Měření hladin hluku bylo provedeno na soukromé rodinné farmě v obci Olešnice, která se nachází přibližně 25 km od Českých Budějovic. Rodinná farma byla založena p. Miroslavem Dvořákem v roce 1992 v areálu bývalého JZD. V současné době je hlavní náplní farmy živočišná a rostlinná výroba a okrajově službami v zemědělství. Farma hospodaří na ploše přibližně 600 ha půdy. Farma zaměstnává 6 stálých zaměstnanců a na sezonní práce jsou najímáni další tři až čtyři zaměstnanci.

Dále měření probíhalo ve školním zemědělském podniku Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Základní činnosti Školního zemědělského podniku jsou tvořeny souhrnem tří základních činností, kdy kladné výsledky jedné z nich podmiňuje realizaci i úroveň další. Finančním vlivem a rozsahem je nejrozsáhlejší část výrobní. Ve střednědobém horizontu došlo za posledních 8 let ke stoprocentnímu nárůstu výkonů znamenajících částku 20 mil. Kč.

Jako další program činnosti ŠZP JU figuruje účelová činnost, která je považována za nosnou. V roce 2006 byla uskutečněna především v areálu účelového zařízení Čtyři Dvory praktická cvičení v rozsahu 9043 studentohodin. Provozní praxe studentů I.

ročníků a odborné praxe studentů IV. ročníků představovaly vytížení ŠZP JU v rozsahu 9480 studentohodin. Dohromady s takřka shodnou náplní studentů Střední školy veterinární a zemědělské, kteří v rámci střediska praxe odcvičili cca 20000 studentohodin, bylo na školním podniku absolvováno téměř 40000 studentohodin výuky a praxí. Poslední a také podstatnou část činnosti ŠZP JU tvoří projekty „Zelená laguna“ <http://www.sosvaz.cz/laguna> i zapojení ŠZP JU a jeho zaměstnanců do práce krajského informačního a poradenského centra <http://www.kisjk.cz>.

Měření také probíhalo v další rodinné farmě nacházející se v Mydlovarech přibližně 20 km od Českých Budějovic. V současné době je hlavní náplní farmy živočišná a rostlinná výroba. Farma hospodaří na ploše přibližně 120 ha půdy. Farma zaměstnává 3 stálé zaměstnance a na sezonní práce jsou příležitostně najímáni jeden až dva zaměstnanci.

Měření proběhlo také přímo v Českých Budějovicích v ulici Branišovská.



Obr. č. 10 – místo umístění farmy Dvořák



Obr. č. 11 – místo umístění farmy Vobrů

4.3 Měřicí zařízení

Měření akustického tlaku bylo provedeno výše zmíněným digitálním hlukoměrem, od výrobce Brüel & Kjær typu 2250, na kalibraci byl použit kalibrátor typ 4231 rovněž výrobce Brüel & Kjær. Jen jako příklad k porovnání možností použití je zde uveden hlukoměr Voltcraft Plus SL-300. S tímto přístrojem a také ostatními přístroji společnosti Brüel & Kjær však nebyly měřeny žádné situace jako s přístrojem typu 2250.

4.3.1 Zvukový kalibrátor typ 4231

Zvukový kalibrátor typu 4231 je přenosný, praktický zvukový zdroj pro kalibraci měřiče hladiny zvuku a jiné zvukové měřicí zařízení.

Vlastnosti

- *Odpovídá EN/IEC60942 (2003) Třída LS a Class 1, a ANSI S1.40 - 1984*
- *Robustní kapesní velikost - dizajn s vysoce stabilní úrovní a četností*



Obrázek 12 - Zvukový kalibrátor typ 4231

- *Kalibrační přesnost ± 0.2 dB*
- *94 dB SPL, nebo 114 dB SPL pro kalibraci v hlučném prostředí*
- *Extrémně malý vliv statického tlaku a teploty*
- *1 kHz frekvence kalibrace přístroje pro správnou kalibraci úrovně nezávislé na vážení sítě*
- *Adaptéry Brüel & Kjaer 1" a 1/2" mikrofony (1/4" a 1/8" mikrofony s adaptérem)*
- *Automaticky vypne, v případě odstranění z mikrofonu [3]*

4.3.2 Zvukoměr 2250

Analyzátor 2250 je již čtvrtou generací ručních analyzátorů vyráběnou společností Brüel & Kjær. Filozofie designu je založena na širokém průzkumu, z jehož závěru vyplynulo, že přístroj musí být lehce ovladatelný i přes velké množství jeho funkcí. Tento přístroj byl vyznamenán několika

cenami za jeho vynikající ergonomiku a atraktivní design. Analyzátor 2250 dává k dispozici uživateli množství softwarových modulů včetně frekvenční analýzy, logování a záznamu měřeného signálu. Tyto softwarové moduly spolu s inovovaným hardwarem předurčují přístroj k používání pro nejpřesnější měření v oblastech pracovního prostředí, životního prostředí, i v průmyslu. K přenosu dat a on-line ovládání analyzátoru přes USB rozhraní je určen program BZ-5503, který je dodáván dohromady s přístrojem a dále je využíván k zobrazení naměřených dat, jejich archivaci a exportu.



Obrázek 13 - Zvukoměr 2250

Použití:

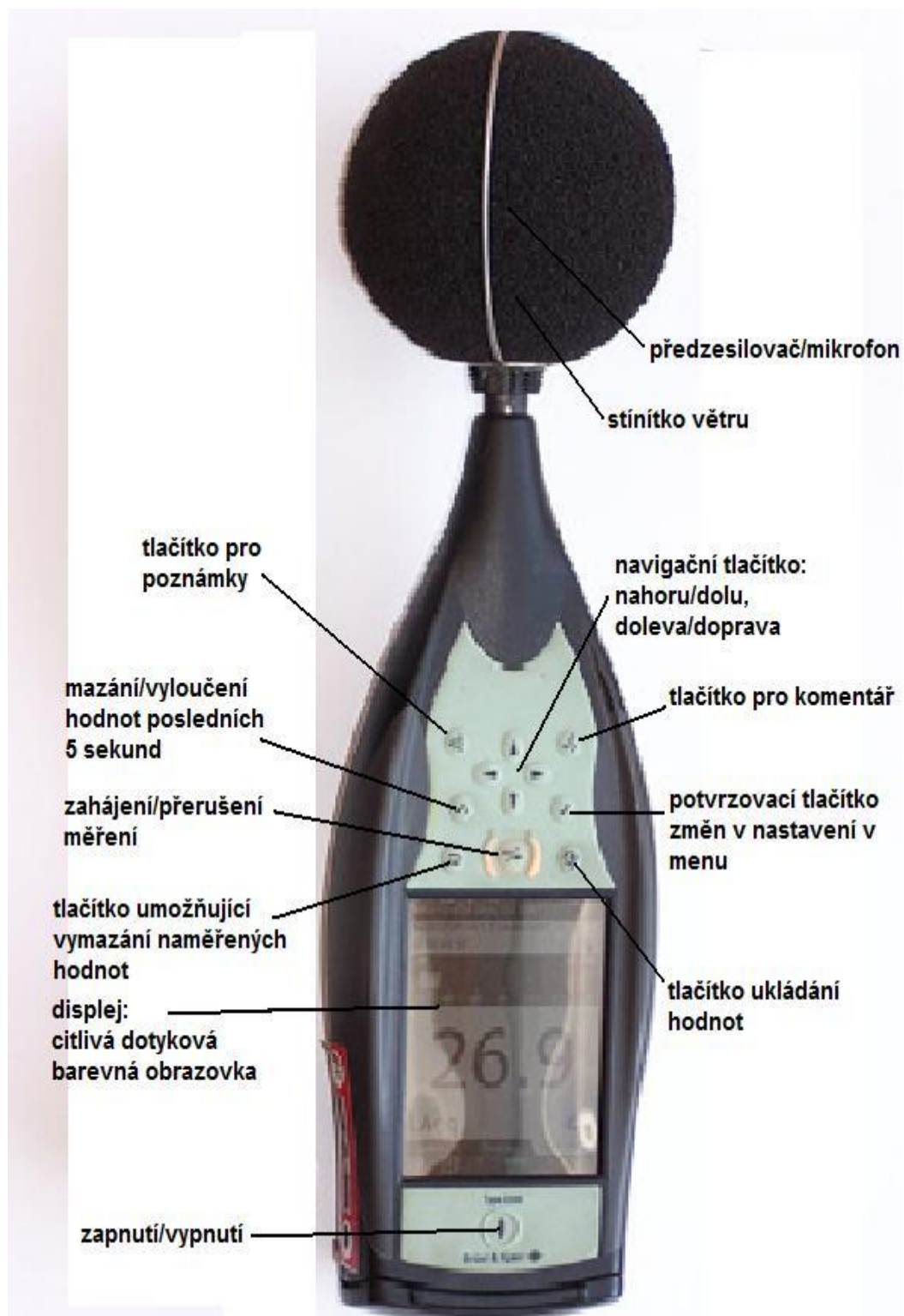
- *Monitorování hluku životního prostředí*
- *Měření a vyhodnocení účinků hluku v pracovním prostředí*
- *Snižování hluku*
- *Kontrola kvality výrobků*
- *Frekvenční analýza v reálném čase*
- *atd.*

Vlastnosti:

- *Dynamický rozsah 120dB*
- *Frekvenční rozsah 3 Hz – 20kHz*
- *Ukládání širokopásmových i spektrálních dat pro pozdější analýzu*
- *Záznam zvuku*
- *USB rozhraní*
- *Možnost použití paměťových karet pro ukládání dat (CF, SDHC)*
- *Dodatečný vstup a výstup na spodní straně*
- *Odposlech*
- *Velký dotykový displej s vysokým rozlišením*
- *Autodetekce krytu proti větru*
- *Stupeň krytí IP44*

Softwarové moduly:

- *Základní zvukoměr (třídy 1 dle IEC61672.1)*
- *Rozšířený zvukoměr*
- *Frekvenční analýza (1/1 a 1/3 oktáv)*
- *FFT analýza*
- *Záznam (1s parametry po dobu až 24 hod)*
- *Rychlý záznam (100ms parametry)*
- *Záznam zvuku*
- *Záznam zvuku*
- *Doba dozvuku[6]*



Obr. č. 14 – Popis zvukoměru 2250[7]

4.4 Ostatní zvukoměry Brüel & Kjær a Voltcraft Plus SL-300

4.4.1 Zvukoměr 2270

Ruční analyzátor 2270 je ideální řešení pro měření hluku a vibrací, jejich analýzu a záznam. Je pokračovatelem oblíbeného a úspěšného analyzátoru 2250 na jehož základu je založen. Disponuje však řadou moderních technologií, které se prolínají s více než 60-ti letými zkušenostmi v oblasti problematiky měření hluku a vibrací. Analyzátor 2270 disponuje dvěma plnými měřicími kanály, barevným dotykovým displejem, digitálním fotoaparátem, integrovaným LAN a USB rozhraním, možností použít SDHC a CF kartu. Třída krytí je IP44. Myšlenkou konstrukce moderních ručních analyzátorů je ihned ukázat a vyhodnotit výsledky měření uživateli přímo v jeho dlani bez nutnosti použití počítače. Této myšlenky se drží všechny aplikační moduly analyzátoru:

- *Zvukoměr*
- *Frekvenční analýza v reálném čase*
- *Záznam (profil hlukových událostí)*
- *Rekordér*
- *FFT analýza*
- *Měření doby dozvuku*
- *atd..*

4.4.2 Zvukoměr 2240

Je snadno ovladatelný základní zvukoměr třídy I, který splňuje příslušné platné normy. Jde o přístroj integračního typu s průměrováním, který kromě okamžité, maximální a špičkové hladiny měří také ekvivalentní hladinu akustického tlaku.

Měřicí rozsah je 30 – 140 dB ve dvou přepínatelných pásmech (30-110 dB a 60-140 dB) s rozlišením 0.1 dB. Frekvenční rozsah je 20Hz - 16kHz. Zvukoměrem lze měřit s časovou konstantou Fast (125 ms) a frekvenčním vážením A (RMS) a C (Peak). Ke zvukoměru patří předpolarizovaný ½“ kondenzátorový mikrofon.

4.4.3 Zvukoměr 2239

Vlastnosti zvukoměru 2239

Zvukoměr 2239 spadá do třídy 1 podle IEC 60651, IEC 60804.

Tímto zvukoměrem lze provádět měření v různých podmínkách a ukládat výsledky.

Jeho **hlavní vlastnosti** jsou:

- *Použitý mikrofon 4188*
- *Snadnost použití*
- *Tři měřicí rozsahy*
- *Sedm měřených parametrů*
- *Rychlé, pomalé a impulzní časové vážení*
- *Osvětlení displeje*
- *Sériový výstup pro tiskárnu nebo přenos naměřených dat do PC*
- *Export naměřených dat ve standardním tabulkovém formátu*
- *Střídavý (analogový) výstup pro monitorování pomocí sluchátek nebo nahrávání na měřicí magnetofon DAT*
- *Pět vestavěných jazyků*
- *Doba měření až osm hodin*
- *Uložení až 40 záznamů*

4.4.4 Zvukoměr 2238 Mediator

Vlastnosti zvukoměru 2238 Mediator

Zvukoměr 2238 je moderní klasický zvukoměr, patřící do třídy 1 a použitím:

- *Pro měření v oblasti životního prostředí*

- *Pro měření v pracovním prostředí*
- *Frekvenční analýzy zvuku*
- *Hodnocení pro použití chráničů sluchu*
- *Snižování hluku*
- *Hodnocení hluku výrobků*
- *Obecné měření zvuku ve třídě 1*
- *Splňuje normy IEC 60651 typ 1, IEC 60804, IEC/EN 61672 třída 1*
- *Dynamický rozsah 80 dB*
- *Dva RMS detektory, jeden špičkový detektor*
- *Paměť 2 Mb pro uložení až 511 měření*
- *Sériové rozhraní pro spojení s PC (RS232)*
- *Možnost změny funkcí pomocí interních programů*
- *Vnitřní hodiny*
- *Poloautomatická kalibrace se záznamem 20 kalibrací*

2238 Mediator lze pomocí programových modulů a jejich kombinací nakonfigurovat podle individuálních potřeb uživatele. Díky sériovému rozhraní RS-232 lze software snadno upgradovat. Program pro frekvenční analýzu potřebuje Mediator Typ 2238-A-F (se sadou filtrů).

4.4.5 Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300

Hlukoměr Voltcraft Plus SL-300 se skládá ze tří částí:

- 1) Měřicí mikrofón s polyuretanovým nástavcem kulového tvaru,
- 2) Monochromatický LCD displej s rozlišením 2000 DPI,
- 3) Ovládací prvky na těle hlukoměru, konektor pro připojení k síti, analogový a USB výstup.

Přístroj lze také používat se stacionárním stojanem. Přístroj je napájen devíti voltovou baterií, která dovoluje pracovat až 50 hodin v závislosti na podmínkách provozu. Pokud se měření uskutečňuje v blízkosti rozvodu elektrické energie, lze přístroj používat s použitím síťového adaptéru. Digitální hlukoměr splňuje normu EN 61 672-1 třídy 2. Váha hlukoměru je přibližně 350 gramů a rozměry jsou 76 x 278 x 50 mm.

Přístroj umožňuje měření s rozsahem hladiny hluku od 30 do 130 dB s frekvenčním rozsahem 31,5 až 8000 Hz, odezvou 125 až 1000 ms a je také doplněno pamětí o kapacitě až 32 600 naměřených údajů.[8]



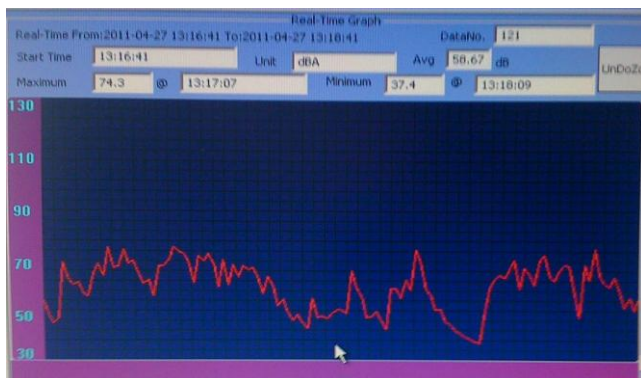
Obr. č. 15 – hlukoměr Voltcraft Plus SL-300[8]

4.5 Postup měření

Pomocí hlukoměru bylo provedeno několik měření na více místech, kvůli větší názornosti použití přístroje. Například měření zemědělské techniky při shodných otáčkách u moderních a starších strojů. Měření během jízdy v automobilu se zavřenými a otevřenými okny. Měření v areálu s chovem prasat a skotu.

Po zapnutí přístroje tlačítkem zapnutí/vypnutí, což trvá přibližně 40 sekund (v případě pohotovostního režimu 5 sekund), a nastavení si složky pro své měření, lze přístroj ihned používat. Měření se zahájí stiskem tlačítka zahájení/přerušování měření a ukončí se stiskem stejného tlačítka. Takto naměřenou hodnotu uložíme do paměti přístroje nebo na paměťové CF/SD karty tlačítkem ukládání hodnot. Přístroj lze ovládat jen tlačítky, jen dotykovým displejem nebo kombinací obou. Po dokončení veškerých měření se hlukoměr připojí k PC pomocí USB kabelu a uložené naměřené hodnoty se přenesou do připojeného PC. V případě SL 300 by se následně hodnoty statisticky zpracovávaly například v excelu, v případě typu 2250 jsou veškeré hodnoty již statisticky zpracovány. Na obrázku 16 lze vidět hodnoty získané

z přístroje SL300 a zobrazené na PC, na obrázku 17 jsou zobrazeny hodnoty přímo na přístroji typu 2250.



Obr. č. 16 – Ukázka naměřených hodnot SL300 přenesené v PC Zdroj: (Novotný, 26.4.2011)



Obr. č. 17 – Příklad zobrazení displeje (frekvenční analýza, obecné hodnoty, časový záznam)[7]

Na přístroji SL300 lze v podstatě měřit pouze průměr, LAFmax a LAFmin v třídě přesnosti 2, naproti tomu s přístrojem typu 2250 lze měřit L_{Aeq} , LCpeak, LAF, LAFmax, LAFmin, LAF90,0 s vybavením s obecným modulem. Dále lze přístroj vybavit modulem pro frekvenční analýzu, modulem pro časový záznam a popřípadě modulem s frekvenční analýzou a zvukovým záznamem v třídě přesnosti 1.

- L_{Aeq} - výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku
- LCpeak - maximální vrcholová hladina akustického tlaku
- LAFmax - maximální hladina akustického tlaku
- LAFmin - minimální hladina akustického tlaku
- LAF - okamžitá hladina akustického tlaku
- LAF90,0 - Hladina hluku A 90% resp. hladina akustického tlaku A 1% - vyjadřuje, že

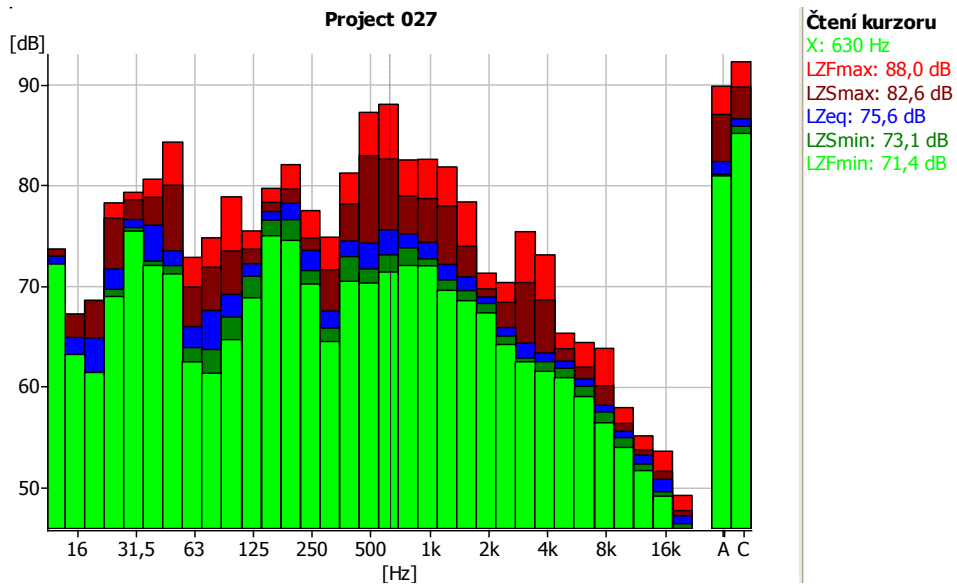
měřená hladina akustického tlaku překračuje uvedenou hodnotu hluku v 90% doby měřeného intervalu (maximální hodnota)

Níže jsou uvedeny příklady naměřených hodnot v různých situacích a jejich vyhodnocení. Hodnoty jsou zobrazené ve tvaru, v němž jsou získány přímo po stažení do PC.

5 Naměřené hodnoty

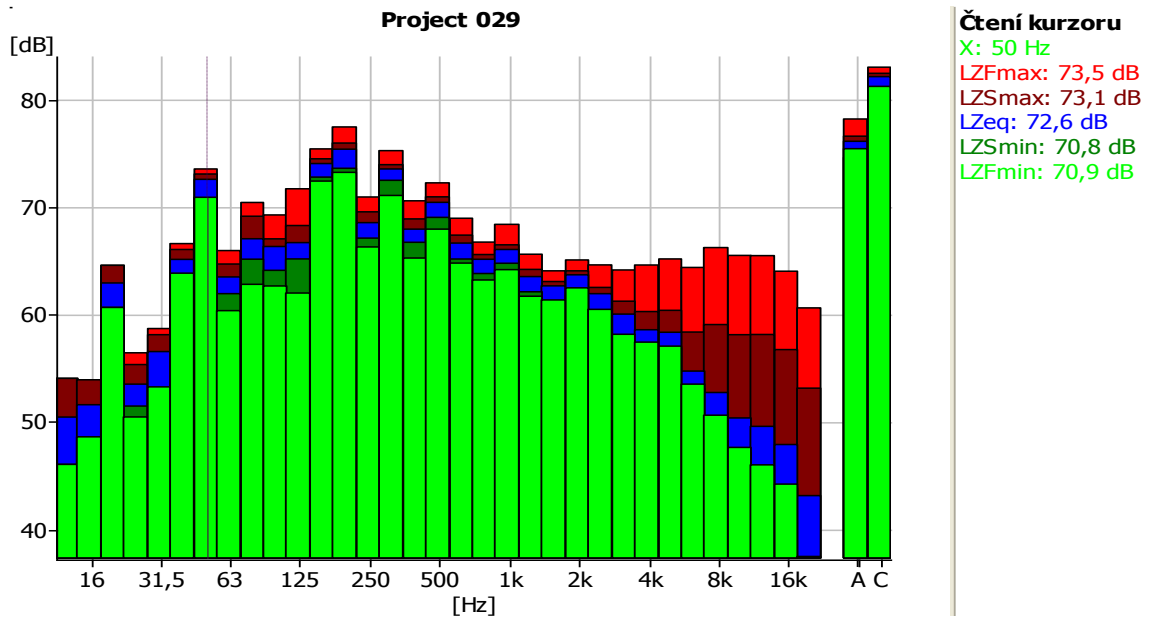
5.1 Měření 1 – ST 600 ot./min, JD 600 ot./min

Graf č.1 – ST 600 ot./min



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Graf č.2 – John Deere 600 ot./min



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Popis měření 1

První měření hlukové zátěže bylo uskutečněno v ŠZP JU na mechanizaci John Deere 6830 a Škoda ŠT 180 (viz. foto 1) při shodných otáčkách 600 ot./min

Měření ŠT proběhlo 21.3.2011 v čase 8:22:52 – 8:23:29.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 82,3 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 89,8 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 80,9 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 50 Hz a to dB a tónová složka zde nenastala.

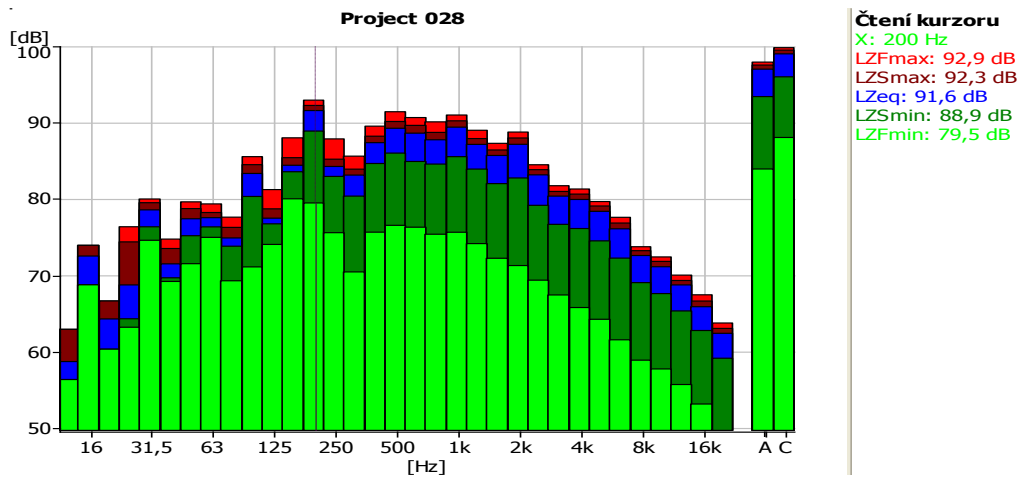
Měření JD proběhlo 21.3.2011 v čase 8:28:57 – 8:29:13.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 76,1 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 78,2 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 75,4 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 200 Hz a to 77,45 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 50 Hz.

Z naměřených hodnot je patrné, že u modernějšího stroje značky John Deere je o více než 10dB nižší hladina L_{AFmax} oproti zastaralé ŠT. Obsluha je tedy u ŠT vystavována působení vyššího hluku. Při tomto měření tónová složka nastala pouze v případě stroje John Deere 6830, u stroje Škoda ŠT 180 nenastala. Ani v jednom z těchto případů nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch a tudíž obsluha není v těchto otáčkách vystavena negativnímu působení hluku, natož riziku poškození sluchu.

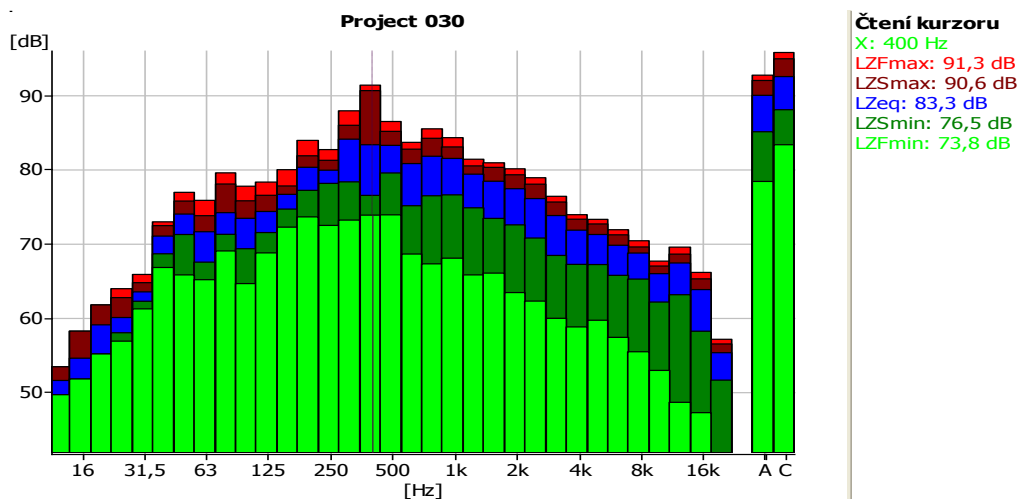
5.2 Měření 2 – ST 2200 ot./min, JD 2200 ot./min, Case 2270 ot./min

Graf č.3 – ST 2200 ot./min



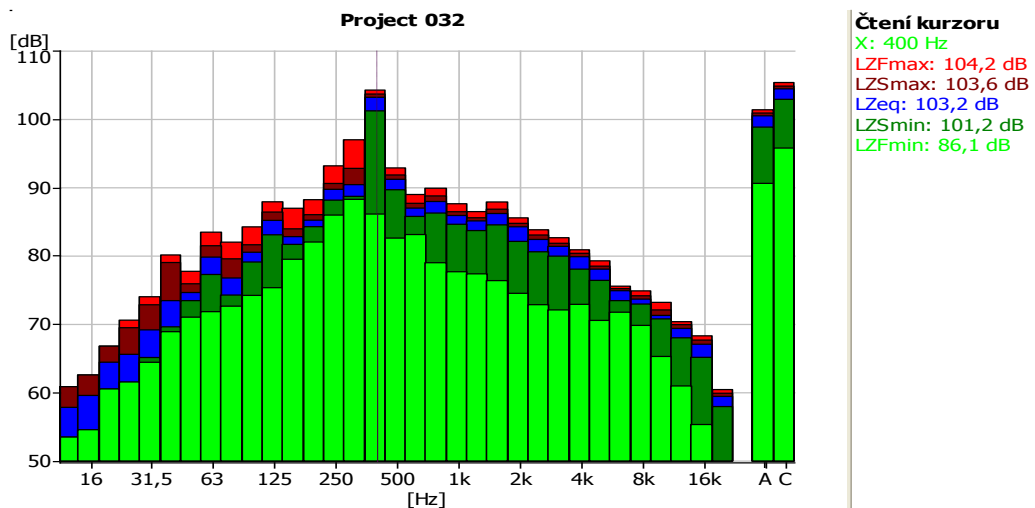
Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Graf č.4 – JD 2200 ot./min



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Graf č.5 – Case 2270 ot./min



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Popis měření 2

Druhé měření hlukové zátěže bylo uskutečněno v ŠZP JU na mechanizaci John Deere 6830 , Škoda ŠT 180 a Case MXM190 (viz. foto) při shodných otáčkách 2200 až 2270 ot./min

Měření ŠT proběhlo 21.3.2011 v čase 8:24:58 – 8:25:09.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 97 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 97,9 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 83,9 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 200 Hz a to 92,94 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 16 Hz a 20 Hz.

Měření JD proběhlo 21.3.2011 v čase 8:29:36 – 8:29:47.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 90 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 92,7 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 75,4dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 400Hz a to 91,35 dB a tónová složka zde nenastala.

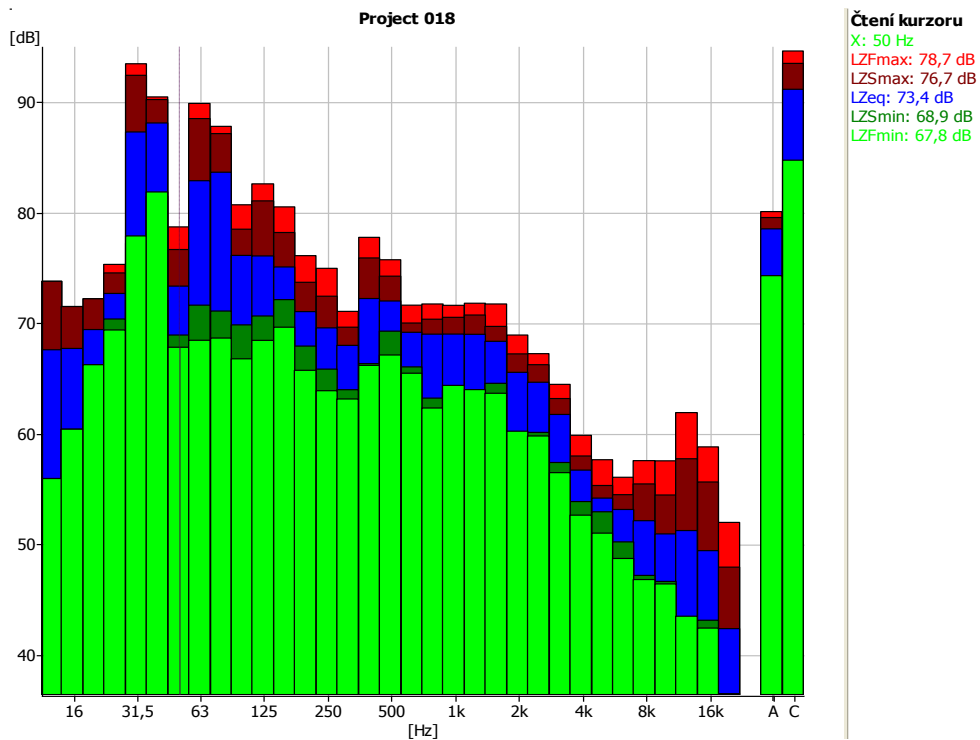
Měření Case proběhlo 21.3.2011 v čase 8:31:50 – 8:32:04.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 100,4 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 101,3 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 90,6 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 400Hz a to 104,21 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 400 Hz .

Z naměřených hodnot je patrné, že při 2200 ot./min u modernějšího stroje značky John Deere je o 5 dB nižší hladina L_{AFmax} oproti zastaralé ŠT, což je poloviční rozdíl oproti 600 ot./min Avšak nejvyšší hladina byla u relativně moderního stroje Case. V tomto případě tónová složka nastala pouze u dvou strojů a to u Škoda ŠT 180 a Case MXM190, naopak nenastala u stroje John Deere 6830. Ve dvou z těchto tří případů byla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch a ve třetím je na samé hranici 90 dB. V případech překročení hranice 90 dB by bylo vhodné, aby obsluha již začala používat ochranné pomůcky proti hluku (např. ochranná sluchátka). I přesto, že v tomto případě byla nejvyšší hodnota u stroje Case, díky stáří stroje a účinnosti izolace kabiny, bych se soustředil na bezpečnost obsluhy u stroje ŠT.

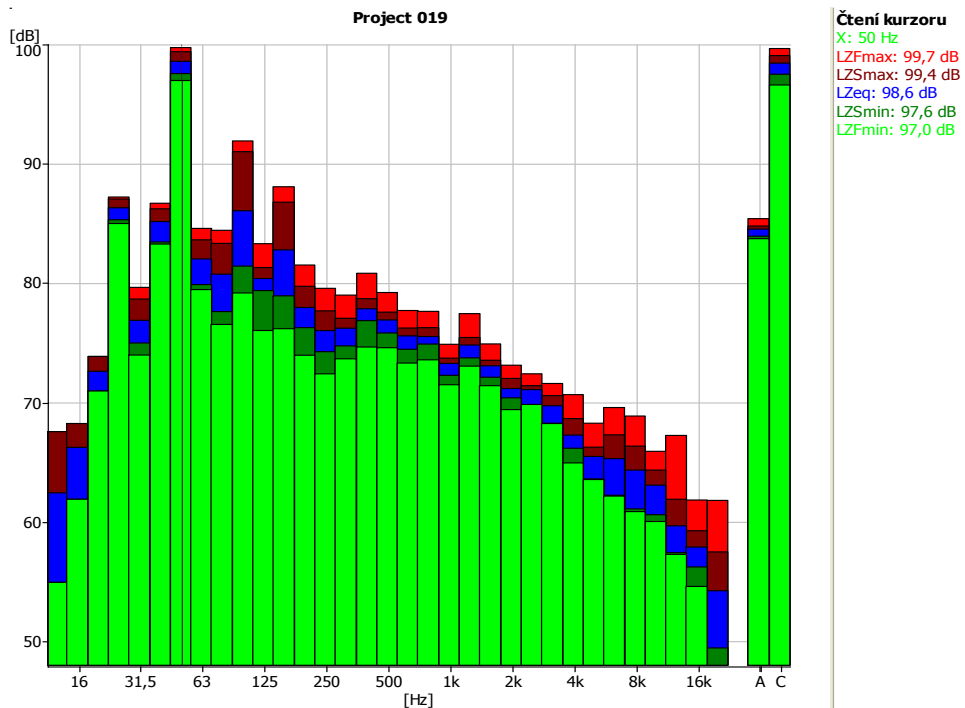
5.3 Měření 3 – kombajn Forschrit E 512 1000 ot./min, 1500 ot./min, 2000 ot./min

Graf č.6 – 1000 ot./min



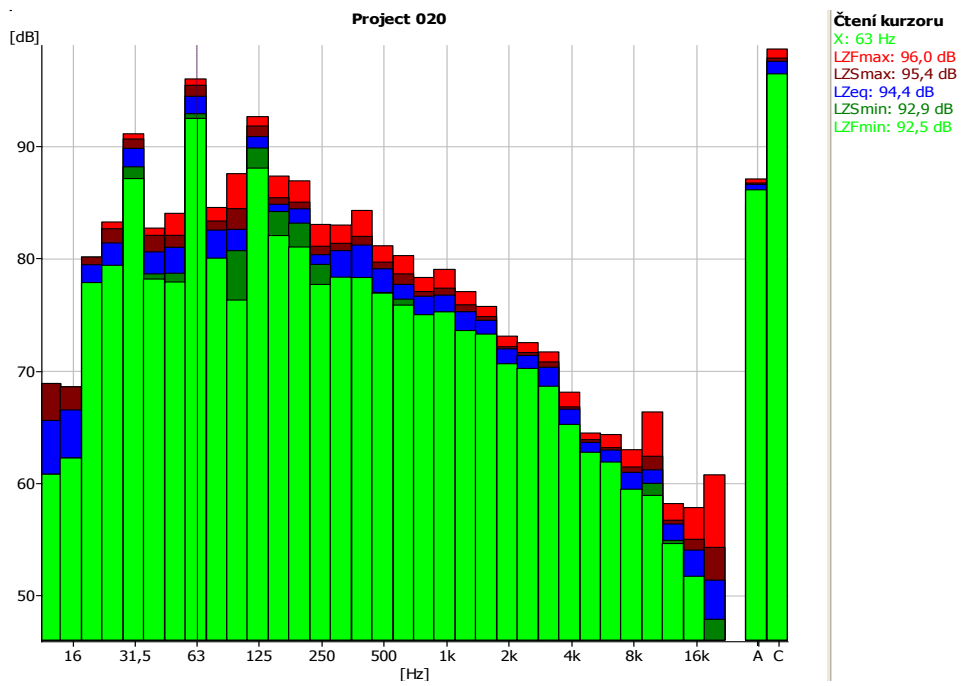
Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Graf č.7 – 1500 ot./min



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Graf č.8 – 2000 ot./min



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

5.4 Popis měření 3

Třetí měření hlukové zátěže bylo uskutečněno na farmě Mydlovary na mechanizaci kombajn Forschrit E 512 (viz. foto) při různých otáčkách 1000 ot./min, 1500 ot./min a 2000 ot./min

Měření 1000 ot./min proběhlo 28.7.2010 v čase 11:10:00 – 11:10:22. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 78,5 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 80,1 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 74,3 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 31,5 Hz a to 93,47 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 50 Hz.

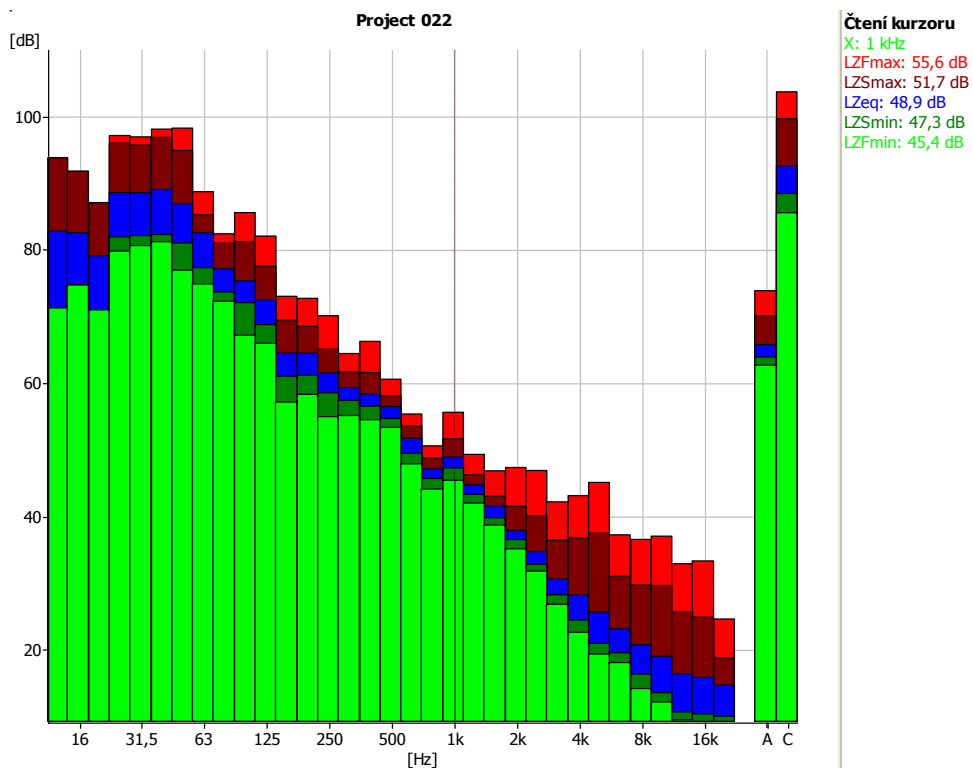
Měření 1500 ot./min proběhlo 28.7.2010 v čase 11:10:37 – 11:10:55. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 84,5 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 85,4 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 83,7 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 50 Hz a to 99,73 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 20 Hz, 31,5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 100 Hz.

Měření 2000 ot./min proběhlo 28.7.2010 v čase 11:11:08 – 11:11:19. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 86,6 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 87,1 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 86,1 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 63 Hz a to 95,99 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 31,5 Hz, 63 Hz, 125 Hz .

Z naměřených hodnot je patrné, že při 1000 ot./min je hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} o 6 dB nižší v porovnání s 1500 ot./min a o 8,1 dB oproti 2000/ot.. Maximální naměřená hladina hluku L_{AFmax} byla při 1000 ot./min o 5,3 dB nižší než při 1500 ot./min a o 7 dB nižší v porovnání s 2000 ot./min. Tónová složka v tomto případě nastala u všech tří případů. U těchto tří případů nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch, avšak v případě hodnot naměřených při 2000 ot./min, které činí L_{Aeq} 86,6 dB, by obsluha ochranných pomůcek (např. ochranných sluchátek) mohla pro svou ochranu z důvodu prevence využít. Zvláště, když odhlučnění kabiny u tohoto stroje nebude vykazovat ideální vlastnosti, s ohledem na jeho stáří.

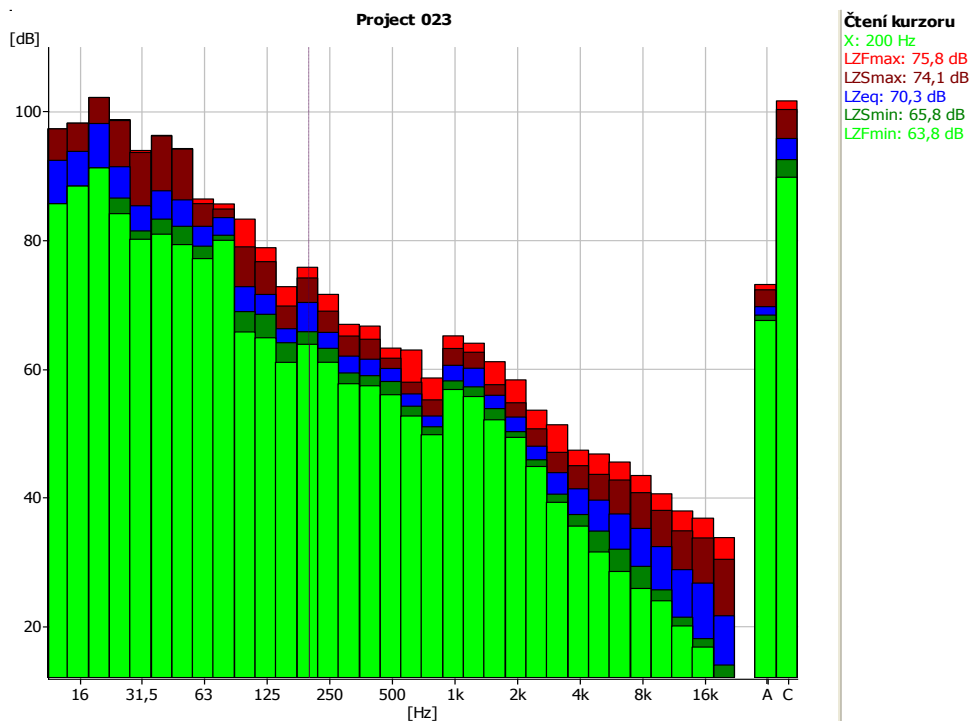
5.4 Měření 4 – Škoda Octavia 1,9Tdi, 2000 ot./min

Graf č.9 – automobil zavřená okna



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Graf č.10 – automobil otevřená okna



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Popis měření 4

Čtvrté měření hlukové zátěže bylo provedeno v automobilu značky Škoda Octavia o obsahu 1,9 ccm v průběhu jízdy (viz. foto) při shodných otáčkách 2000 ot./min, avšak v jednom případě se zavřenými okny a v druhém případě s otevřenými.

Měření automobilu zavřená okna proběhlo 28.7.2010 v čase 11:19:18 – 11:20:10.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{aeq} 65,8 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 73,9 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 62,7 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 50 Hz a to 98,26 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 63 Hz, 500 Hz, 1 kHz.

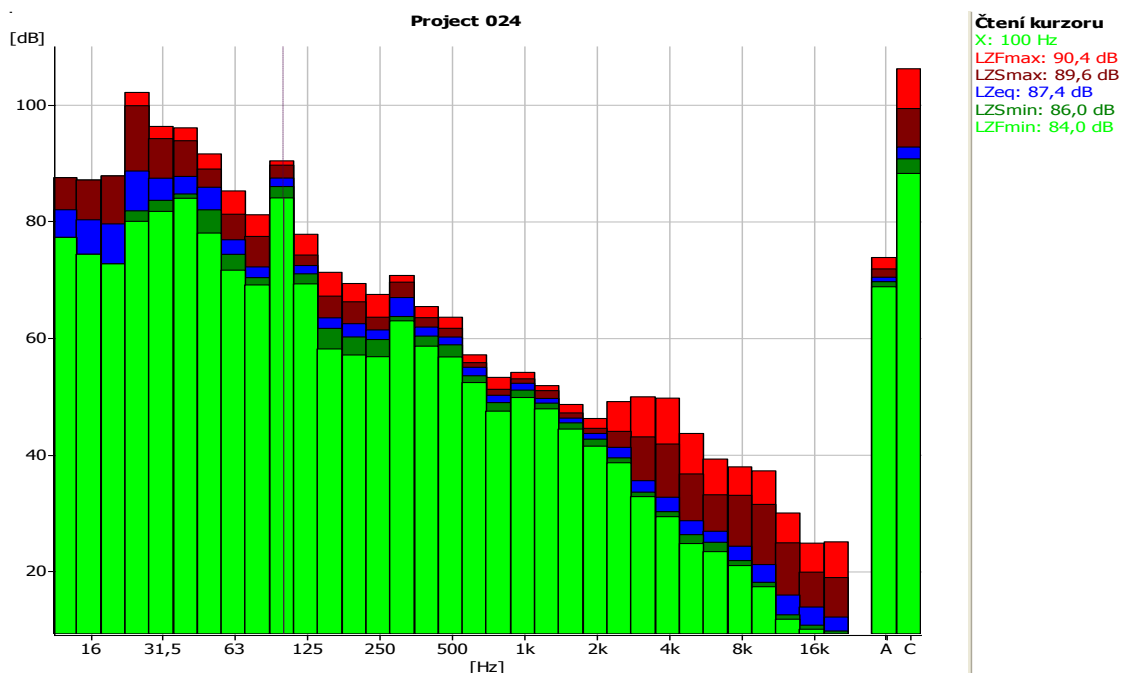
Měření automobilu otevřená okna proběhlo 28.7.2010 v čase 11:20:29 – 11:21:12.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{aeq} 69,7 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 73,1 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 67,5 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 20Hz a to 102,16 dB a tónová složka zde nenastala.

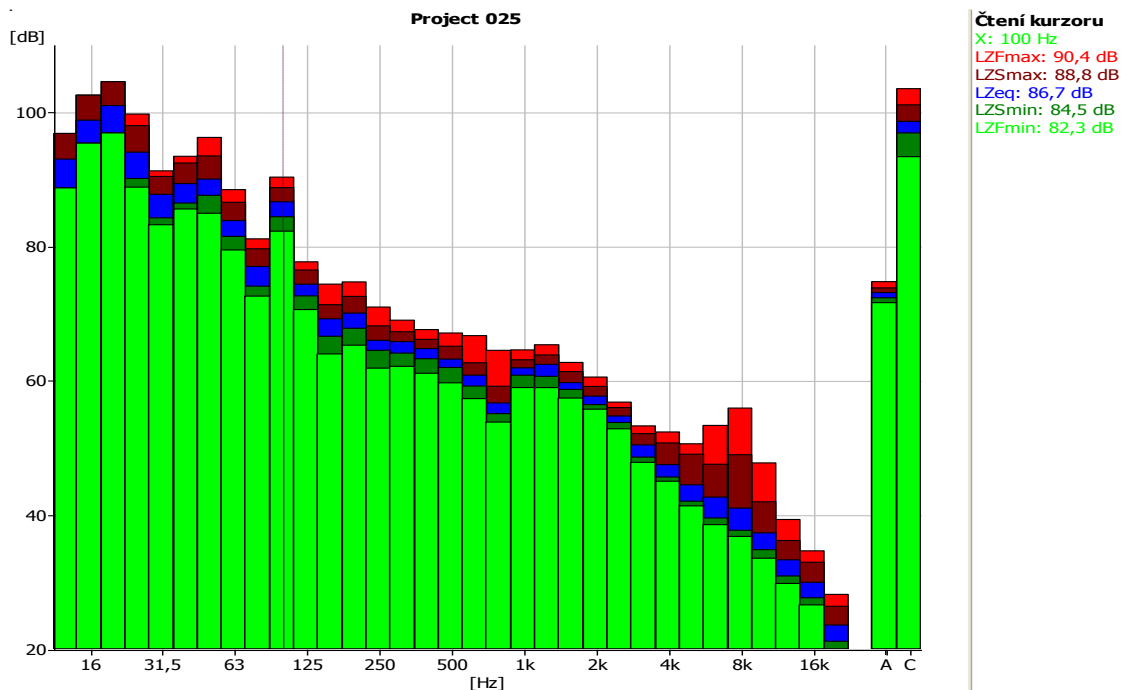
Z naměřených hodnot je patrné, že při 2000 ot./min v průběhu jízdy se zavřenými okny byla hodnota ekvivalentní hladiny hluku L_{aeq} o 3,9 dB nižší oproti ekvivalentní hladině hluku při jízdě s otevřenými okny. Maximální naměřená hladina hluku L_{AFmax} se lišila v případě zavřených oken oproti maximální naměřené hladině hluku u otevřených oken o 0,8 dB. A tónová složka nastala v obou případech. U těchto dvou případů nebyla překročena hodnota L_{aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch, tomuto limitu se hodnoty ani nepřiblížily, tudíž nehrozí žádná rizika poškození sluchu.

5.5 Měření 5 – Škoda Octavia 1,9Tdi, 3000 ot./min

Graf č.11 – automobil zavřená okna



Graf č.12 – automobil otevřená okna



Popis měření 5

Páté měření hlukové zátěže bylo provedeno v automobilu značky Škoda Octavia o obsahu 1,9 ccm v průběhu jízdy (viz. foto) při shodných otáčkách 3000 ot./min, avšak v jednom případě se zavřenými okny a v druhém případě se otevřenými.

Měření automobilu zavřená okna proběhlo 28.7.2010 v čase 11:21:53 – 11:22:29.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{aeq} 70,4 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 73,8 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 68,8 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 25 Hz a to 102,11 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 100 Hz, 125 Hz.

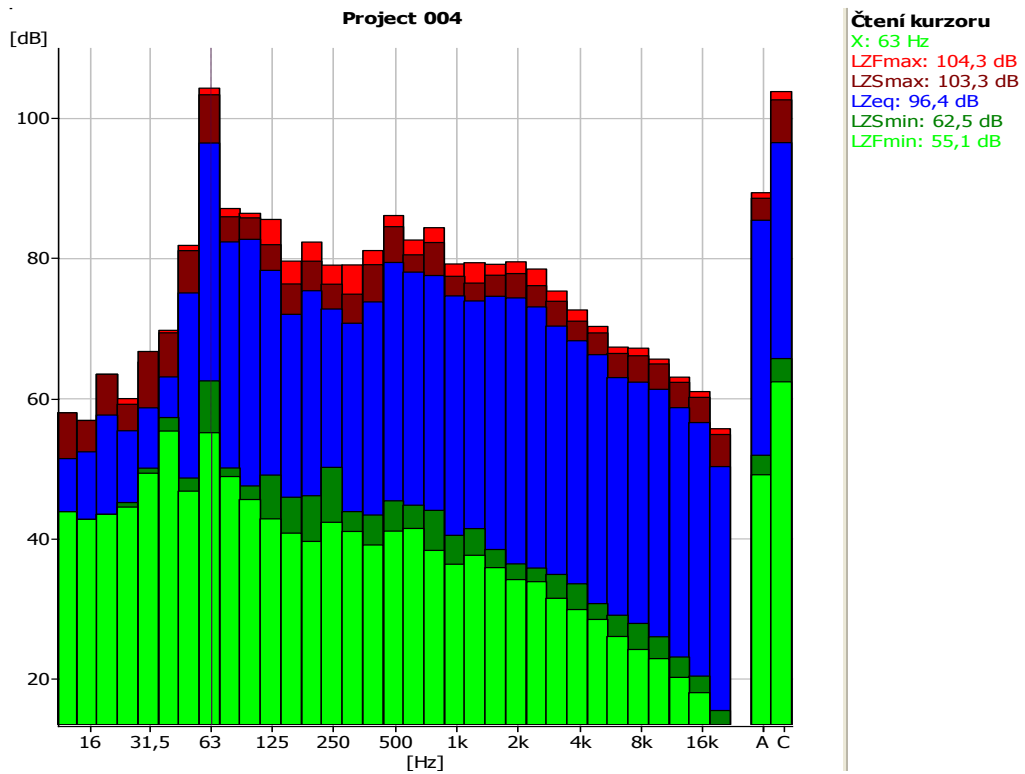
Měření automobilu otevřená okna proběhlo 28.7.2010 v čase 11:22:42 – 11:23:24.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{aeq} 73,2 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 74,8 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 71,7 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 20Hz a to 104,59 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 63 Hz, 80Hz, 100 Hz, 10kHz.

Z naměřených hodnot je patrné, že při 3000ot./min v průběhu jízdy se zavřenými okny byla hodnota ekvivalentní hladiny hluku L_{aeq} o 2,8 dB nižší oproti ekvivalentní hladině hluku při jízdě s otevřenými okny. Maximální naměřená hladina hluku L_{AFmax} se lišila v případě zavřených oken oproti maximální naměřené hladině hluku u otevřených oken o 1 dB. Tónová složka poté byla v obou případech. U těchto dvou případů nebyla překročena hodnota L_{aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch, tomuto limitu se hodnoty ani nepřiblížily, tudíž nehrozí žádná rizika poškození sluchu.

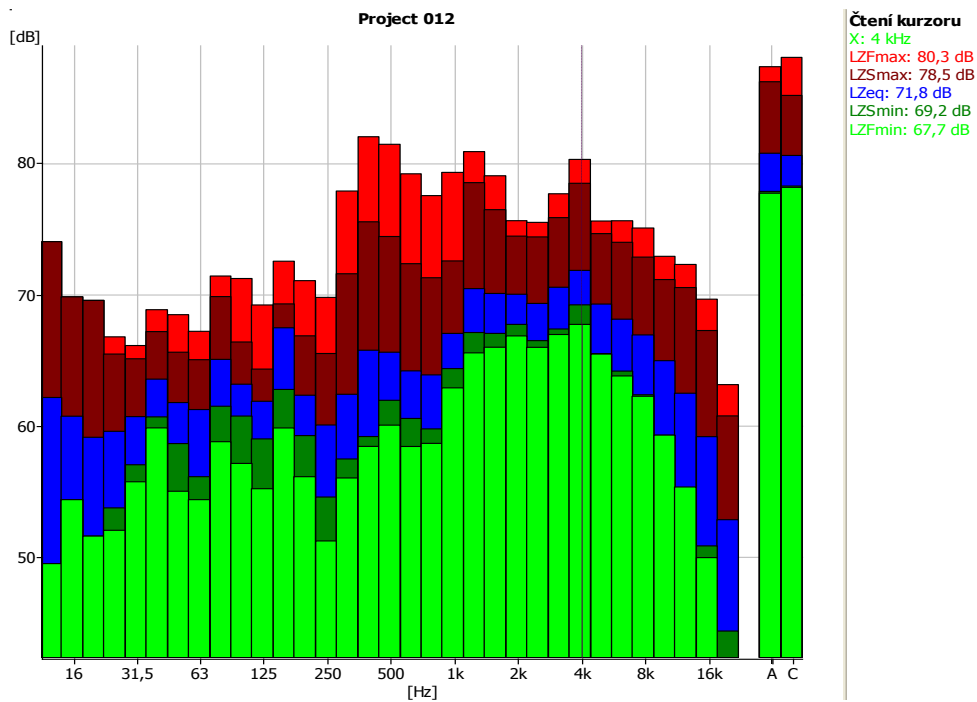
5.6 Měření 6 – silniční mini válec, katr

Graf č.13 – válec



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Graf č.14 – katr



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Popis měření 6

Šesté měření hlukové zátěže bylo uskutečněno na rodinné farmě Dvořák na mechanizaci jako silniční mini válec HAMM HD 10 a katr (ve vzdálenosti cca. 10 m) (viz. foto 1) při shodné vzdálenosti 10 m.

Měření silniční mini válec HAMM HD 10 proběhlo 28.7.2010 v čase 09:29:26 – 09:30:03.

Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 85,4 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 89,3 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 49,1 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 63 Hz a to 104,25 dB a tónová složka zde nastala při kmitočtu 50 Hz, 63 Hz.

Měření katr proběhlo 28.7.2010 v čase 09:59:25 – 10:00:26.

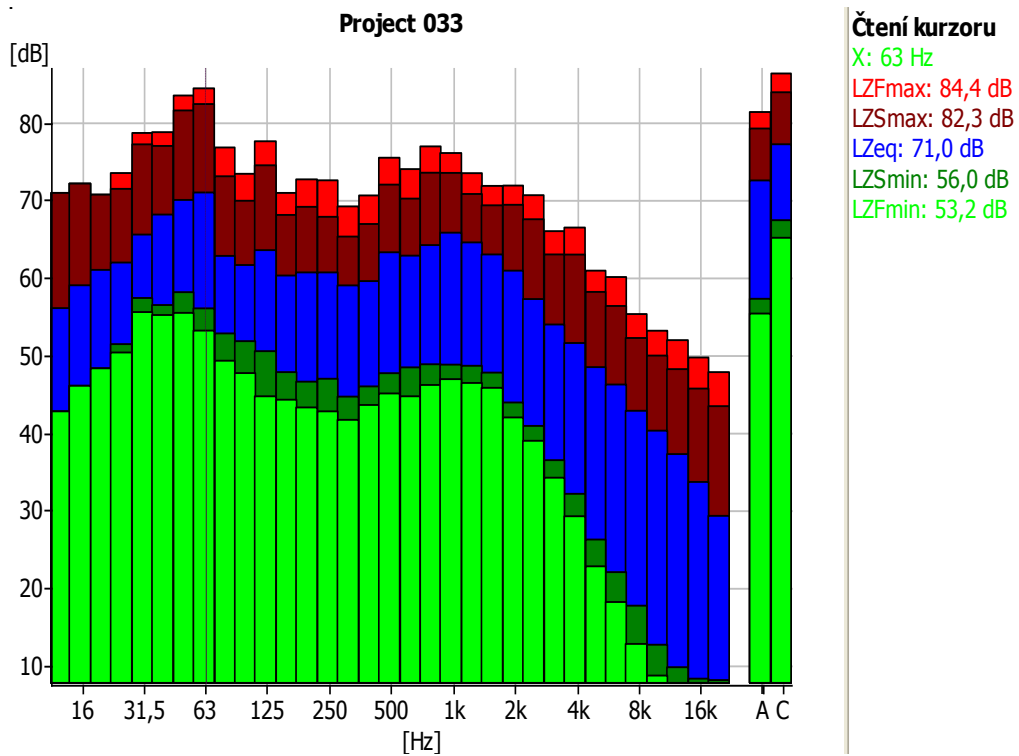
Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 80,8 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 87,4 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 77,7 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 400 Hz a to 82,03 dB a tónová složka zde nenastala.

Z naměřených hodnot je zřejmé, že hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} byla v případě silničního mini válce HAMM HD10 o 4,6 dB vyšší než v případě ekvivalentní hladiny akustického tlaku u katru. Maximální naměřená hladina hluku L_{AFmax} se lišila v případě silničního mini válce HAMM HD10 o 1,9 dB než v případě maximální naměřené hladiny hluku L_{AFmax} u katru. Tónová složka poté byla v obou případech. U těchto dvou případů nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch, avšak v případě hodnot mini válce HAMM HD 10, které činí L_{Aeq} 85,4 dB, by obsluha ochranných pomůcek (např. ochranných sluchátek) mohla pro svou ochranu z důvodu prevence využít.

V případě mini válce HAMM HD 10 byla těsně překročena hodnota L_{Aeq} 85 dB, což je dle normy mezní přípustná ekvivalentní hladina hluku pro pracovní provoz s osmihodinovou směnou a to o 0,4 dB. Toto měření však nebylo provedeno dle stanovených metod, ale bylo provedeno jen orientačně, proto nelze na základě naměřených hodnot vytvářet závěry s různými omezeními.

5.7 Měření 7 – České Budějovice, ulice Branišovská

Graf č.15 – ČB, ul. Branišovská



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Popis měření 7

Sedmé měření hlukové zátěže bylo uskutečněno v Českých Budějovicích na ulici Branišovská v blízkosti areálu Vysoké školy (viz. foto 1) v těsné blízkosti komunikace.

Měření ulice Branišovská proběhlo 21.3.2011 v čase 08:47:18 – 08:48:58. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 72,5 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 81,3 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 55,3 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 63 Hz a to 84,37 dB a tónová složka zde nenastala.

Dle hodnot naměřených Státním zdravotním ústavem Praha, byla průměrná hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku v hlučných lokalitách L_{Aeq} 66,72 dB. Z naměřených hodnot je patrné, že ulice Branišovská převyšuje průměrné hodnoty naměřené Státním zdravotním ústavem Praha o 5,78 dB, avšak srovnání nemůže být jako průkazné, neboť bylo použito jiných metod měření hluku za naprosto rozdílných postupů a podmínek. Proto lze toto srovnání brát jen jako orientační a především jako ukázkou použití zvukoměru. U tohoto případu nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je již silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch, hodnota L_{Aeq} 72,5 dB je považován jen jako lehký hluk, srovnatelný s hlukem televizoru ve vzdálenosti 3 m, což je pro lidské zdraví neškodné.

6 Závěr

V oboru technického měření má měření hluku nezastupitelnou pozici společně s měřením chvění. Nejdůležitější oblasti ke sledování hladin hluku jsou měření hluku na pracovišti, dále poté největším problémem měst je v současnosti pro změnu vliv dopravy na životní prostředí, ať už se jedná o dopravu silniční, leteckou či železniční. Zvláště, když doprava se dále dynamicky rozvíjí, i díky lidem a jejich pohodlnosti, poněvadž doprava, má bezesporu mnohé výhody, na které lidé snadno navykli a nechtějí se o ně připravit. Sledováním a především dodržováním zákonem stanovených hodnot hluku na pracovištích je podstatnou podmínkou k efektivnímu a kvalitnímu výkonu zaměstnanců. Nedodržování těchto zákonem stanovených hodnot hluku může vést ke snížení efektivnosti zaměstnanců, ale bohužel také ke zdravotním komplikacím, a to prvořadě poškození sluchového orgánu.

V současnosti bylo učiněno několik akcí ke snížení a omezení hlukové zátěže působící na obyvatelstvo v oblasti hlukových emisí. Evropskou legislativou byla vydána v roce 2002 směrnice, která předpokládá, že měření a sledování hluku bude samozřejmostí, dále udává povinnost vypracovávat hlukové mapy a v neposlední řadě vytváření akčních plánů zaměřených na snižování hlukové zátěže. Všechny aktuálně řešené projekty a stavby jsou řešeny tak, aby vyhovovaly hygienickým požadavkům v oblasti hluku v životním prostředí. Například v dopravě by bylo vhodné snížení hluku odkloněním dopravy, což je však velmi komplikované a tak je tento problém řešen spíše stavebně technicky (např. protihlukové stěny) nebo dopravou (např. omezení rychlosti).

Cílem mé diplomové práce bylo především představení ručního analyzátoru zvuku Brüel & Kjær typu 2250. Snahou bylo také na určitých příkladech měření ukázat na problematiku hluku a možnosti výše zmiňovaného hlukoměru a také stručné porovnání s parametry digitálního hlukoměru Voltcraft Plus SL-300.

Přednosti typu 2250 obecně a v podstatě i oproti SL-300, které jsou patrné ihned při prvním použití, jsou především jednoduchost, kdy díky ergonomickému tvaru lze přístroj používat a ovládat prakticky jednou rukou. Jako další je bezpečnost zacházení, kdy materiál použitý na přístroji zabezpečuje pevné a bezpečné držení. A dále důvtip výrobce, kdy lze díky zabudovanému mikrofonu v průběhu měření vytvářet poznámky, dotykový displej je snadno nastavitelný při práci (ať kontrast případně barevná schémata). Každý uživatel, který pracuje, může

mít uloženou v paměti přístroje svou šablonu, vytvořenou dle svých představ, požadavků a potřeb. Jako jeden z nejdůležitějších faktorů se také jeví jeho další rozšíření v případě potřeb v budoucnosti. Oproti SL-300 patří 2250 ne taktéž do třídy přesnosti 2, ale do třídy 1. Předností 2250 je jeho schopnost automaticky statisticky vyhodnocovat naměřené hodnoty, oproti SL-300, kdy je třeba dále naměřené hodnoty zpracovat výpočty např. v Microsoft Office Excel, což není snadná a časově nenáročná činnost.

Práce s přístrojem typu 2250 je tudíž o mnoho pohodlnější na zacházení a ovládání než ostatní přístroje jako například Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300, s nímž je přístroj 2250 v diplomové práci okrajově porovnáván. Především ale ulehčuje a usnadňuje vyhodnocování naměřených hodnot. Díky společnosti Brüel & Kjaer a jednomu z jejich typů zvukoměrů typu 2250 lze říci, že zjišťování hladin hluku, které jsou v současnosti značným problémem, tuto práci alespoň usnadňuje a zpříjemňuje svou jednoduchostí a schopností samostatně data vyhodnocovat.

7 Summary

The aim of this work was to characterize and describe the Type 2250 Sound Level Meter by Brüel & Kjaer and its practical use. The work briefly describes the Brüel & Kjaer Company, its goals, structure and sound level meters produced by this manufacturer. The main emphasis is put on the Type 2250 Sound Level Meter that was at disposal for the practical part of the work. The Type 2250 Sound Level Meter is characterized, described and its practical application is mentioned, too.

The measuring instrument was used for monitoring different environments, the list of which follows: Dvořák family farm in Olešnice, the Vobrs' family farm in Mydlovary, The Agricultural School Enterprise of University of South Bohemia in České Budějovice and also directly in the city of České Budějovice, in Branišovská Street. The measuring results were analysed, but due to the applied measuring methods it is necessary to consider their analytical value only as of tentative nature, especially in the sense of schematic demonstrating of measuring results. In spite of the aforementioned warning the obtained results indicate some possible measurements that could be taken in connection with the protection of hearing and health.

Generally speaking, the Brüel & Kjaer Company and its sound level meters, especially the Type 2250, make the noise monitoring and data processing easier and more convenient. This contributes significantly to the treatment of the noise level issue which has recently become a serious worldwide problem.

Key words: sound, noise, sound level meter, Brüel & Kjaer, Type 2250

8 Použité zdroje

1. BERAN, Vlastimil, et al. *Měření neelektrických veličin*. Vyd. 1. Plzeň : Katedra aplikované elektroniky (Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická), 1994. 189 s. ISBN 80-7082-158-2.
2. BUREŠ, Jiří. *ConVERTER* [online]. 2002 [cit. 2011-04-27]. Fyzikální tabulky. Dostupné z WWW: <<http://www.converter.cz/tabulky/index.htm>>.
3. *Brüel & Kjaer* [online]. [201?] [cit. 2011-04-27]. Kalibrátor zvuk - Typ 4231. Dostupné z WWW: <<http://translate.google.cz/translate?hl=cs&langpair=en|cs&u=http://www.bksv.com/products/telecomaudiosolutions/electroacousticsaccessories/soundcalibratorortype4231.aspx>>.
4. Brüel & Kjaer: *Product data*. [s.l.] : [s.n.], 2006. 15 s. BP 2025-16.
5. Brüel & Kjaer. In *Údajový list 2250* [online]. [s.l.] : [s.n.], [200?] [cit. 2011-04-27]. Dostupné z WWW: <http://www.bruel.sk/PDF_files/UL_2250.PDF>.
6. Brüel & Kjaer, Spectris Praha spol. s.r.o. [online]. c2010 [cit. 2011-03-05]. Dostupný z WWW: <<http://spectris.cz/>>.
7. *B&K s.r.o.* [online]. [200?] [cit. 2011-04-27]. Ruční analyzátor typu 2250. Dostupné z WWW: <<http://www.bruel.sk/BKSV/2250.HTM>>.
8. *Conrad Electronic Česká republika, s.r.o.* [online]. 2008-2009 [cit. 2011-04-27]. Zvukoměry. Dostupné z WWW: <[http://hosting.ok.cvut.cz/~digri/skola/UAK/uloha1.pdf](http://shop.conrad.cz/websale7/Hlukomery.htm?Ctx={ver%2f7%2fver}{st%2f3ea%2fst}{cmd%2f0%2fcmd}{m%2fwebsale%2fm}{s%2fconrad-cz%2fs}{1%2f02-aa%2fl}{mi%2fSHOP_AREA_17633_0508010%2fmi}{fc%2fx%2ffc}{p1%2f73695196d0aa45de92df93a245e3d20a%2fp1}{md5%2f608375efb6a277211a0ebbcc4b23bcf5%2fmd5}>.>.9. FIALA, Martin. Měření hluku a vibrací zvukoměrem. In <i>UAK-Měření hluku a vibrací zvukoměrem</i> [online]. [s.l.] : [s.n.], 2004 [cit. 2011-04-27]. Dostupné z WWW: <.

10. Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen 2008, s. 48. ISBN 978-3-8169-2788-4
11. HAVRÁNEK, Jiří a kol. Hluk a zdraví, 1. vyd., Praha, Avicenum, zdravotnické nakladatelství 1990, 280 s., ISBN 80-201-0020-2
12. Hluk ve vnějším prostředí : Právní rádce občana obtěžovaného hlukem . In DOUCHA, Pavel, et al. *Hluk ve vnějším prostředí - Právní rádce občana obtěžovaného hlukem* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2007 [cit. 2011-04-27]. Dostupné z WWW: <http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf>.
13. LAHODNÝ, Václav Lahodný. Česká akustická společnost : Několik poznámek k hluku s tónovými složkami. In *Česká akustická společnost - Několik poznámek k hluku s tónovými složkami* [online]. Praha : [s.n.], 2008 [cit. 2011-04-27]. Dostupné z WWW: <http://www.lahodnyv.cz/files/tonova_slozka.pdf>.
14. Mapy.cz [online]. Seznam.cz, [cit. 2011-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.mapy.cz>>.
15. Nařízení vlády č. 148/2006 Sb. ze dne 21. dubna 2006 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In Sbírka zákonů České republiky. 2006. částka 51. s. 1842 - 1854. Dostupný z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2006/sb051-06.pdf>>.
16. NOVÝ, Richard. Hluk a chvění. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1995. 389 s. ISBN 80-01-01306-5.
17. SMETANA, Ctírad, et al. *Hluk a vibrace : Měření a hodnocení*. Vyd. 1. Praha : Sdělovací technika, 1998. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
18. Státní zdravotní ústav Praha. *Hluk a zdraví*. Praha : Sefira, [200?]. 28 s. ISBN 80-7071-185-X.
19. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí : Zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku. In Státní zdravotní ústav Praha . *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí - Zdravotní důsledky a rušivé účinky hluku* [online]. [s.l.] : Státní zdravotní ústav Praha , 2005 [cit. 2011-04-27]. Dostupné z WWW: <http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_04/hluk_04.pdf>.

20. Zákon č. 258/2000 Sb. ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In Sbírka zákonů České republiky. 2000. s. 3622-3662. Dostupný z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-258-2000-sb-o-ochrane-verejneho-zdravi-a-o-zmene-nekterych-souvisejicich-zakonu>>. ISSN 1801-4399

9 Přílohy

Foto 1 - Katr



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Foto 2 - silniční mini válec HAMM HD 10



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Foto 3 - kombajn Fortschritt E 512



Zdroj: (Novotný, 28.7.2010)

Foto 4 – Case MXM 190



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Foto 5 – John Deere 6830



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Foto 6 - Škoda ŠT 180



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)

Foto 7 – měření hluku ulice Branišovská



Zdroj: (Novotný, 21.3.2011)