

1. ÚVOD

Již od středověku je známo, že expozice hluku o vysokých zvukových hladinách může po řadě le vyústit v hluchotu – ať je příčinou hluku důlní těžba či kostelní zvon. Řada evropských zemí nyní oficiálně přijala ztrátu sluchu v zaměstnání mezi onemocněním z povolání. Bylo prokázáno, že nejenom hluk v zaměstnání, ale i hluk okolního prostředí, jako je doprava, může mít řadu prvotních nepříznivých účinků, včetně poškození sluchu. Hluk je nyní pro řadu lidí hlavním problémem životního prostředí, a doprava je jeho dominantním zdrojem. Často může narušit prostředí, které je jinak tiché a relaxační, jako jsou dvorky, zahrady a parky.

WHO (Evropské centrum pro životní prostředí) zařadilo do přehledu o zdravotních dopadech působícího hluku, narušení komunikace, hlukem způsobenou ztrátu sluchu, obtěžování hlukem, poruchy spánku, poruchy kardiovaskulárního a vegetativního systému, ovlivnění výkonu produktivity a sociálního chování.

Vnímání zvuků v každodenním životě je základní potřebou pro pohodu člověka. Příkladem nezbytných zvuků pro naši každodenní pohodu je šum mořských vln a větru mezi větvemi stromů nebo cvrkot cvrčků během odpočinku.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1. Historie akustiky

Na počátku historie lidstva byly znalosti o zvuku zajisté velice omezené, nicméně z archeologických nálezů je známa celá řada hudebních nástrojů, které obyvatelé dávných kultur používali. V období rozvoje antické kultury v Řecku již musely být známé vlastnosti šířícího se zvuku na větší vzdálenosti jak nám dokumentují vynikající akustické vlastnosti řady dochovaných atických divadel. Aristoteles ve svých listech rozděluje akustiku do tří hlavních oblastí:

- a) šíření informací zvukovou vlnou
- b) umění navrhovat hudební nástroje
- c) znalost mechanismu slyšení

Na začátku devatenáctého století posunuli dopředu významným způsobem znalosti o šíření akustických vln pánové Fresnel, Fourier, Poisson, Laplace a další vědci. Stále se využívá publikací lorda Rayleigha, Helmholtze a Sabina.

V dnešní moderní době nelze opomenout publikované práce Skudrzyka, Morseho, Cremera, Beranka, Zwickera, Ingarda, Lighthilla a řady dalších osobností v tomto oboru, kteří publikovali výsledky svých prací v mnoha mezinárodních časopisech.

V českých zemích mají velkou zásluhu na rozvoji technické akustiky 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 řada dalších, kteří přispěli k rozvoji oboru technické akustiky. Jejich žáci pokračovali v jejich díle jako zaměstnanci významných pracovišť, mezi něž bylo možné zařadit SVÚSS Běchovice, VÚPS hostivař, ČVUT Praha, VÚZORT Praha, IHE Praha a další pracoviště zabývající se technickou akustikou. V současné době dochází jsou v mnoha případech tyto instituce transformovány na soukromé podniky.

2.2. Hluk jako faktor životního prostředí

Vysoké hodnoty hladin hluku jak v pracovním a obytném prostředí, tak často i v rekreačních oblastech vytvořily situaci, jejíž pozitivní ovlivnění se stává z hlediska celospolečenského nezbytnou potřebou.

Zvuk je přirozeným projevem přírodních jevů a životní aktivity člověka. Slyšení je přitom pro něho jedním z nejbohatších informačních zdrojů a velmi účinným poplašným systémem. Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat, neboť velmi záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, ale pro jiného občana bude důležitým zdrojem informací. Proto boj proti hluku není bojem proti hluku vůbec, ale bojem proti zbytečnému neúměrně silnému hluku, který ruší a zneprůjemňuje pobyt a práci člověka, popřípadě ohrožuje jeho zdravotní stav.

Nadměrný hluk zaujímá v řadě faktorů ohrožujících naše životní prostředí stále důležitější místo. V programech ochrany prostředí, které realizují vyspělé státy světa, se řadí hluk zpravidla ihned za znečištěné ovzduší a ochranu povrchových vod. Přestože nikdo nepochybuje o tom, že hluk je zlo, které člověku škodí, je většina lidí zároveň přesvědčena, že konkrétní hluk, který sám produkuje, nebo o jehož vzniku či šíření rozhoduje, ještě není tak závažný, aby bylo třeba se opravdu účinně snažit ho potlačit. Je to pochopitelné, neboť většina hluků s nimiž se setkáváme se neprojevuje bezprostředně bolestí nebo patrnou funkční poruchou organismu, ale jeho účinky se kumulují a negativní dopady na exponovanou osobu se projeví až po delší době. Účinky hluku na lidský organismus se nijak výrazně výstražně neprojevují. Dočasné snížení citlivosti sluchu nebo např. bolesti hlavy, neschopnost soustředit se na náročnou práci jsou často překrývány jinými zdravotními potížemi a proto jim exponovaná osoba nevěnuje obvykle pozornost. Hluk působí na velké skupiny obyvatel ale ve srovnání např. se znečištěním ovzduší nevyvolá hromadný výskyt onemocnění. Ani jiné katastrofální situace. Účinek hluku je navíc individuálně různý podle osoby, na kterou působí. Existuje návyk v psychologické oblasti, který jako součást obecné laické zkušenosti usnadňuje podceňování problému. Akustická energie, která zamořuje životní prostředí a proto je pro nás hlukem, nakonec podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua v prostředí, nemůže se tudíž v prostředí kumulovat jako např. olovo a jiné těžké kovy resp. Chemické látky.

V současné době je na škodlivé účinky hluku soustředěna pozornost mnoha odborníků v oblasti zdravotnictví. Stejně tak se měřením a snižováním hluku zabývají stále větší skupiny odborníků různých profesí.

Jednou z nejzávažnějších vlastností zvuku a hluku je, že se šíří na poměrně velké vzdálenosti, stovky metrů i více. Přitom se šíří vzduchem i vodou nebo pevnou hmotou, např. konstrukcí stavby. Za určitých podmínek se může akustické vlnění odrážet, lomit a ohýbat. I když např. působí pouze jeden zdroj hluku, může obklopit naše pracoviště nebo místo pobytu v důsledku uvedených efektů akustická energie tak, že není možno předem určit kde je zdroj zvuku umístěn. To se projevuje zejména v uzavřených a polouzavřených prostorech. V důsledku tohoto jevu působí hluk na každého, kdo je v dosahu akustické energie. Postihuje tedy nejenom toho, kdo zdroj obsluhuje, ale i osoby, které se zdrojem nemají nic společného a pro něž je hluk nežádoucí a zbytečný. Jako výstižný příklad možno uvést osobní automobil, který často využívá k přepravě jenom jedna osoba. Hlukem tohoto automobilu není exponován pouze jeho uživatel, ale tisíce lidí na ulicích města a v přilehlých obytných budovách. Ve volném terénu může běžný dopravní prostředek svým hlukem zamořit území o ploše několika čtverečních kilometrů.

V technické literatuře se někdy udává, že vzrůst hlučnosti v našem životním prostředí činí cca 1 dB za rok. Je to údaj samozřejmě pouze hrubý. Přesto však ukazuje na prudký vrůst hlučnosti a varuje nás pře dalším možným nepříznivým vývojem. V minulosti se hovořilo o nadměrném hluku pouze u vybraných profesí jako byli kováři, kotláři apod. Hlukem byla exponována pouze úzká skupina lidí. Dnes, v době rozvinuté techniky, kdy do všech oblastí našeho života zasáhla hlučná strojní a elektrická zařízení, je situace opačná. Těžko bychom dnes našli významnější skupinu lidí, která by nebyla denně exponována ve značné míře akustickou energií.

Všichni občané našich měst jsou v mimopracovní době zasahováni dopravním hlukem, který např. v Praze v některých místech běžně dosahuje hladin akustického tlaku A 85dB.

Vývoj techniky směřuje ke stálému zvyšování výkonu strojů a technologických zařízení. Mezi mechanickým a akustickým výkonem existuje přímá úměrnost, což je jeden z důvodů růstu hlučnosti, který je možno dokumentovat např. u leteckých motorů. Z původních hodnot několika desítek koní vzrostly jejich výkony na desítky tisíc koní. Navíc letadla začala být významným dopravním prostředkem, takže počet dopravních linek i letadel prudce vzrostl. Hustá dopravní letecká síť dokáže potom hlukově exponovat miliony občanů ve všech koutech naší republiky. Obdobné tendence jsou i u ostatních dopravních prostředků.

Technický pokrok přináší i změny principů funkce strojů. Místo pístových motorů se dnes u letadel používají motory proudové, více hlučné; parní lokomotivy byly nahrazeny výkonnějšími, ale současně hlučnějšími dielelektrickými stroji.

K růstu hlučnosti přispívají i některé tendence při vylehčování konstrukcí strojů a zařízení. Významným měřítkem kvality výrobků se stává poměr mezi výkonem a vlastní hmotností. Vylehčené a ne zcela dobře z hlukového a vibračního hlediska vyvinuté konstrukce strojů a staveb často ztrácejí zvukoizolační schopnost a způsobují prudké zvýšení vyzařování akustického výkonu. Význačné změny vyvolává často umístování nových druhů strojních zařízení v obytných budovách. Ačkoliv se před několika desítkami let stroje v obytných budovách téměř nevyskytovaly, je dnes téměř pravidlem či nutností, že zde instalujeme větrací a klimatizační zařízení, čerpadla, elektromotory, výtahové stroje, vytápěcí zařízení a různé jiné hlučné stroje pro domácnost. Nezanedbatelný vliv na hlukovou situaci v našem životním prostředí má i moderní reprodukováná hudba. Z naznačených příčin vzniku a růstu hlučnosti můžeme učinit závěr, že z hlediska ochrany člověka před nadměrným hlukem si musíme všimnout zejména těchto oblastí: konstrukce a výroby strojů a zařízení, pracovního prostředí, venkovního prostoru a vnitřního prostoru obytných budov a staveb.

Aktivita různých orgánů a spolků, které věnují pozornost ochraně životního prostředí, vedly občany k většímu zájmu o tiché prostředí a k zálibě vlastnit tichá domácí zařízení. Málo hlučné místo z hlediska venkovního prostoru zvyšuje cenu budov i stavebních parcel. Naopak byty v hlučnějším prostředí budou vždycky cenově znevýhodněny. S tím souvisí i ceny izolací proti hluku, jejichž aplikace při prvotním provádění stavby je vždy nižší než dodatečné protihlukové opatření.

Přední pracovníci v oboru technické akustiky jsou sdruženi v České akustické společnosti a ve Společnosti pro techniku prostředí. V dnešní době, kdy dochází k transformaci hospodářství je těžké vyjmenovat nejdůležitější pracoviště, která se v českých zemích zabývají problémy snižování hluku a vibrací, protože dochází nejenom ke změnám názvů institucí, ale i k výrazné migraci pracovníků.

(Nový 1995)

2.3. Hluk a zdraví

tab. 1

STUPNĚ PŮSOBENÍ HLUKU NA LIDSKÝ ORGANISMUS (2)		
Stupeň č.1	Do 60 dB	Bez nepříznivého vlivu na organismus
Stupeň č 2	60 – 85 dB	Nepříznivé působení na organismus
Stupeň č 3	Nad 85 dB	Možnost trvalého poškození sluchu, stressové působení na organismus
Stupeň č 4	130 dB	Poruchy psychické fyziologických reakcí organismu
Stupeň č 5	Nad 160 dB	Protržení bubínku

2.3.1 Hluk v přírodě

Pro řadu z nás patří hluk k životu. Zvuky v přírodě mohou být velmi hlasité, jako např. hřmění nebo vodopády; nebo velmi slabé, jako jemný větřík šustící mezi listy. Stejně jako je zvuk nositelem informace, může i ticho poskytnout informaci o přírodě a počasí. V zimě je snadné poznat noční chumelenici díky tichu, které je venku. Náhle vzniklé ticho v lese je často signálem, že dravec vyhlíží svou kořist.

Všechny tyto vysoké či nízké hladiny přírodních zvuků jsou součástí přírody a harmonického prostředí.

2.3.2 Hluk způsobený člověkem

Lidský způsob života je v zásadě hlučný. Zvony přinášejí informaci o radostné události, smrti nebo válce. Po staletí, v závislosti na zvyku, kdy zvony zvonily, poznali lidé pracující v okolí, co se ve vesnici událo. Odlišný charakter zvonění představuje pro společenství sociální kód, který může být zcela opačný mezi jednotlivými kraji. Jiné sociální kódy, jako jsou barvy, gesta či zvyky, jsou v rámci jednotlivých zemí dobře známé (např. Červená nebo bílá barva nemusí mít stejný význam v Evropě jako v Asii)

Před mnoha lety ohlašoval v centru města křik obchodníků okolním obyvatelům, že přijeli za účelem podomního prodeje zboží. Tento křik, nabízející vodu, sirky, stuhy, čerstvá vejce nebo ocet, byl pro obyvatele velice užitečný a formoval částečně sociální strukturu. Již od brzkého rána byli lidé ve vesnici zvyklí na pronikavý zvuk kovářova kladiva dopadajícího na kovadlinu. Kdy tento běžný zvuk neslyšeli, automaticky předpokládali že je kovář nemocen. Některé typy okolního hluku mohou být příjemné; např. děti hrající si na školním hřišti nebo hodina hry na piano. Z jiného pohledu nás může okolní hluk informovat třeba o počasí. Například slyší-li člověk jedoucí vlak, může to znamenat změnu směru větru a příchod deště během jednoho či dvou dnů.

2.3.3. Hluk jako symbol radosti

Tradiční veřejné slavnosti jsou obvykle hlučné a hluk je sám o sobě nedílnou součástí oslavy. Vrcholnou atrakcí národních slavností jsou obvykle ohňostroje; jak dospělí tak děti pouštějí jako součást zábavy petardy. V jiných zemích může oslavy provázet palba z automatických zbraní do vzduchu. Když jeden z týmů vyhrává, diváci na sportovních stadionech zpívají, tleskají a jásají. Vytváření hluku je často spojeno se zábavou a jde o způsob vlastního vyjádření, který je společný celému světu.

2.3.4. Zdravé zvukové prostředí

Zdravé zvukové klima by mělo každému zajistit nejlepší kvalitu života a umožnit kombinaci různých aktivit. Takové aktivity mohou být hlučné, nebo si žádají klid. Cílem je, aby každý mohl žít, odpočívat, spát, pracovat nebo si pouštět muziku, aniž by obtěžoval ostatní. Zdravé zvukové prostředí je kombinací povinností jedinců stejně jako společnosti.

(Noise 2000)

2.4. Základní akustické principy

2.4.1. Zvuk a hluk

Fyzikálně neexistuje jednoznačné rozlišení mezi zvukem a hlukem.

Hluk není možné definovat výhradně na základě fyzikálních parametrů zvuku. Namísto toho je běžnou praxí operativně definovat hluk jako slyšitelnou akustickou energii, která negativně ovlivňuje nebo může ovlivnit zdraví lidí a jejich fyzickou, duševní a sociální pohodu. [1]

2.4.1.1. Zvuk

V terminologii fyziky je zvuk vibrační fenomén, který má 3 specifické znaky:

- Frekvence: počet kmitů za sekundu vyjádřených v hertzech (Hz). Pro člověka je za normálně slyšitelné považováno rozmezí frekvence od 20 do 20 000 Hz a má tendenci se s věkem měnit.
- Hladina akustického tlaku: odchylky tlaku pozorované v okolním vzduchu, vyjádřené v Pascalech (Pa). „Referenční akustický tlak“ je nejslabší zvuk, kterýž může zdravý člověk slyšet při 1000Hz. Jeho hodnota je 20 mikropascalů (20 μ Pa). [2] Tato hodnota byla standardizována za účelem měření zvukové hladiny. Nejvyšší tlak, který může být slyšen lidským sluchovým ústrojím bez jeho poškození, je okolo 20 Pa. Tento tlak je milionkrát vyšší než sotva slyšitelný „referenční zvukový tlak“.
- Délka (trvání): délka emise, může být dlouhá nebo krátká; průběh zvuku v čase může být ustálený, proměnný nebo přerušovaný.

2.4.2. Základní akustické veličiny

2.4.2.1. Decibel

Vzhledem k širokému rozsahu akustických tlaků, které mohou být zachyceny lidským sluchovým systémem, je účelnější použití decibelů ve formě logaritmické stupnice. Na základě této speciální stupnice týkající se hladiny akustického tlaku představuje 0 dB práh slyšitelnosti (20 μ Pa) a 120 dB práh bolestivosti, to znamená maximum (20 Pa)

Nelze použít běžná aritmetická pravidla a lineární stupnice, protože decibely není možno tímto způsobem sčítat. Například při kombinaci dvou hluků o stejné zvukové hladině je dosažen výsledný nárůst o 3dB. To představuje zdvojení akustické intenzity hluku za předpokladu, že jejich sloučení odpovídá nezávislým (náhodným) hlukům.

2.4.2.2. A – Vážený decibel

Sluchový systém není rovnoměrně citlivý na všechny zvukové frekvence. Je třeba vzít v úvahu, že tóny o některých frekvencích jsou vnímány více než o jiných frekvencích. Pokud měříme komplexní hluk, například celkový hluk okolního prostředí, měření frekvence je nejjednodušší postup při posuzování důležitosti jednotlivých frekvenčních složek hluku v jedné číselné hodnotě. Nejčastěji používané je vážení filtrem a pro zjištění přibližné frekvenční odpovědi lidského sluchového systému. Nicméně existují i jiné křivky závislosti, které se používají ve specifických aplikacích.

(Noise 2000)

[Obr.1.]

P (in μ Pa)	dB	Subjektivní pocit	Typ hluku
200.000.000	140		Letadlo při startu ve výšce 50 m
	130		
20.000.000	120	Práh bolesti	Letadlo ve výšce 300 m
	110	Snesitelné krátkou dobu	
2.000.000	100		Pneumatické kladivo
	90	Velmi bolestivé	Ulice s velkou dopravní zátěží
200.000	80		
	70	Bolestivé	Živá ulice
20.000	60		Běžná konverzace
	50	Běžné	
2.000	40	Tiché	Knihovna
	30		Les
200	20	Velmi tiché	
	10		Akustická laboratoř
20	0	Práh slyšitelnosti	

2.4.2.3. Hlukové spektrum

Akustické spektrum je soubor hodnot sledované akustické veličiny uváděný v závislosti na kmitočtu. Zvuky, které můžeme pozorovat v našem okolním prostředí, nejsou jen akustické signály o jednom jediném kmitočtu. Každý reálný zvuk se skládá z řady drobných signálů, čímž se utváří akustické spektrum.

V mnoha případech sousedí tyto složky svojí frekvencí tak blízko u sebe, že se velmi těžko podaří je vůbec rozlišit. Pro technickou akustiku je tento fakt velice důležitý, protože při zvukové analýze musí být brán ohled na korekci akustických signálů. Jinak by mohlo docházet ke zkreslujícím výsledkům a chybným závěrům, právě díky pomíjení odchylek vlivem hlukových spekter. [1]

2.4.2.4. Akustická rychlost

Rychlost s jakou kmitají jednotlivé částičky prostředí, kterým se šíří zvuková vlna, nazýváme akustickou rychlostí v [m/s]. Akustická rychlost, je jednou z nejdůležitějších akustických veličin a je jí nutno odlišovat od rychlosti šíření zvuku. Její velikost je o mnoho řádů menší než rychlost šíření zvuku. [1]

2.4.2.5. Akustický tlak

Akustický tlak je projevem akustické energie v místě působení. Vyjadřuje kladné a záporné odchylky od hodnoty barometrického tlaku, které vyvolává postupující zvuková vlna. Celkový tlak v určitém čase se skládá ze statického tlaku atmosférického p_s a z okamžitého akustického tlaku p_a . Barometrický tlak má hodnotu přibližně 100 000 Pa, zatímco akustický tlak je veličina o mnoho řádů nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, což je hodnota v porovnání s barometrickým tlakem téměř zanedbatelná. Jednotkou akustického tlaku je jeden pascal [Pa]. [2]

2.4.2.6. Hlasitost

Hlasitostí rozumíme míru subjektivního vjemu působeného hluku a je určována pro celé zvukové spektrum. Pokud chceme přesně udat hodnotu hlasitosti, musíme ji vztahovat k určitému kmitočtovému pásmu. Jednotkou hlasitosti je son [son].

2.4.2.7. Hladina hlasitosti

Hladina hlasitosti určitého zvuku udávaná ve fóních [Ph] je číselně shodná s hladinou akustického tlaku [dB], posoudí – li normální posluchač hlasitost tohoto zvuku za stejnou s hlasitostí jednoduchého zvuku o kmitočtu 1000 Hz.

2.4.2.8. Rychlost šíření zvuku

Rychlost šíření zvuku je rychlost šíření rozruchu ve směru šíření zvukové vlny prostředím. U plynů je závislá především na teplotě daného prostředí. Pro obvyklou teplotu 20° C počítáme s rychlostí 344 [m/s]. Rychlost šíření zvuku v plynech je téměř nezávislá na tlaku a relativní vlhkosti. V kapalném prostředí se akustické vlnění šíří podstatně rychleji než je tomu u plynů. Záleží ovšem také na vlastnostech kapalin, zejména pak na jejich hustotě. Se stoupající hustotou určené kapaliny klesá rychlost šíření akustických signálů přímo úměrně. U vody dosahuje rychlost zvuku hodnoty okolo 1500 [m/s].

2.4.2.9. Složený periodický signál

Nejjednodušší periodický akustický signál můžeme v jeho časovém rozložení znázornit jednou nekonečnou sinusovou křivkou. Složený periodický signál obsahuje však více sinusových složek, a proto lze jeho časovou funkci vyjádřit jako soubor harmonických funkcí. Součtem okamžitých hodnot jednotlivých složek dostaneme okamžitou hodnotu složeného signálu. Složka o nejnižším kmitočtu je označována jako základní, ostatní složky jsou pak celistvými násobky hodnoty základní složky a nazýváme je harmonickými. Takže při vyhodnocování složeného akustického signálu se soustředíme na definování jeho složek. Ty charakterizuje vedle kmitočtu ještě jejich amplituda,

nebo efektivní hodnota. Vlivem rozdílnosti hodnot jednotlivých složek dochází ke vzniku tzv. hlukového spektra.

2.4.2.10. Vlnová délka zvuku

Je to vzdálenost mezi nejbližšíma dvěma body bodové řady, u nichž je v daném časovém okamžiku stejný akustický stav. Jinak lze říci že je to vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí za dobu jednoho kmitu T . Mezi délkou vlny, frekvencí a rychlostí šíření zvuku platí vztah.

$$\lambda = \frac{c}{f} [m] \quad \text{nebo} \quad \lambda = c \cdot T [m]$$

λ – vlnová délka [m]

c – rychlost šíření zvuku [m/s]

f – kmitočet [Hz]

T – doba kmitu [s]

2.4.2.11. Kmitočet

Kmitočet, nebo-li frekvence, určuje počet změn periodického děje za určitý časový úsek. Jeho převrácená hodnota udává dobu trvání jednoho kmitu.

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

f – kmitočet [Hz]

T – doba kmitu [s]

2.4.2.12. Intenzita zvuku

Intenzitou zvuku rozumíme průchod akustické energie zvukového pole jednotkovou plochou kolmou na směr šíření zvukové vlny. U rovinného vlnění, které působí už delší vzdálenost od zdroje zvuku je intenzita dána součinem akustické rychlosti akustického tlaku. Vzhledem k tomu, že dnešní běžnou zvukoměrnou technikou nelze měřit přímo intenzitu zvuku, dochází ke zjišťování intenzity prostřednictvím měření akustického tlaku s následným přepočtem a vyhodnocením.

$$J = P \cdot v [W \cdot m^{-2}]$$

p – akustický tlak [Pa]

J – intenzita zvuku [$W \cdot m^{-2}$]

v – akustická rychlost [$m \cdot s^{-1}$]

2.4.2.13. Akustický výkon

Akustický výkon je dán součinem intenzity zvuku a celkové plochy, do které zdroj vyzařuje akustické vlnění. Ve většině případů není zdroj hluku v prostoru umístěn volně, ale je na zemi. Pak je třeba brát v úvahu, že velká část energie jím vyzářená se odráží od zemského povrchu a musíme proto počítat se zkreslením akustického výkonu vlivem odrazu. Nerovnoměrné vyzařování do různých směrů je potom charakterizováno a vyhodnocováno pomocí směrových činitelů a indexů.

$$P = J \cdot S \text{ [W]}$$

P – akustický výkon [W]

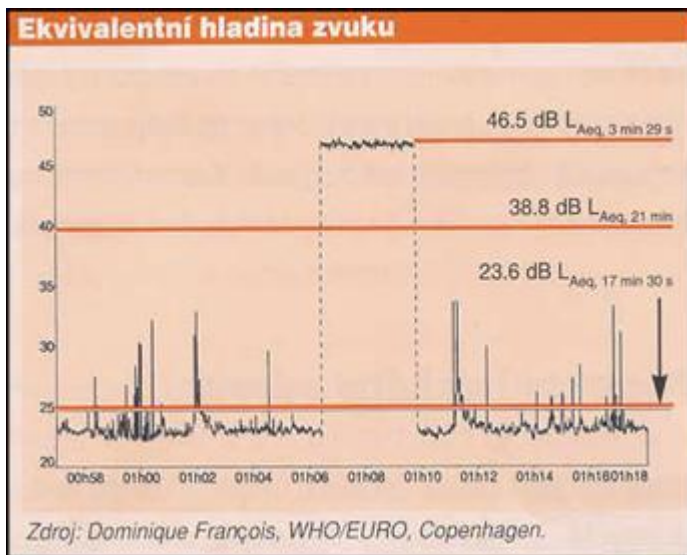
J – intenzita zvuku [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

S – plocha [m^{-2}]

(Nový 1995)

2.4.2.14. Ekvivalentní hladina zvuku

Ekvivalentní hladina zvuku se používá k charakteristice kolísavé hladiny zvuku jedinou hodnotou. Tato hodnota reprezentuje stejné množství energie (nebo hladiny zvuku), která by mohla být produkována rovnoměrným zvukem. Ekvivalentní hladina zvuku musí být vždy spojena s údajem o trvání měřicí periody. (viz obr.2) .

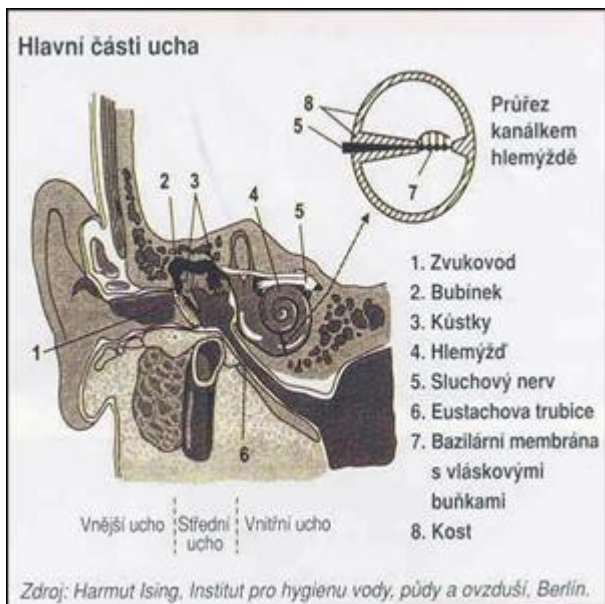


[Obr. 2].

2.5. Fyziologické aspekty

2.5.1. Ucho

Lidské ucho je tvořeno třemi základními částmi :



[Obr. 3].

Vnější ucho vede vnějším zvukovodem zvukové vlny do středního ucha. Jemné rozdíly v čase a intenzitě zvukových signálů v pravém a levém uchu nám umožňují detekovat směr zvuku. S pomocí jemných pohybů hlavy pomáhá vnější ucho optimalizovat detekci směru zvuku.[8]

Střední ucho je složeno hlavně 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 stoupá na 20:1 hlavně v průběhu oblastí mezi bubínkem a oválným okénkem. Funkcí kůstek je navíc nastavení přenosových pák. Jestliže je střední ucho díky zánětu naplněno tekutinou navíc, může dojít ke ztrátě sluchu (omezení až na 50 dB). Střední ucho optimalizuje přenos zvuku do vnitřního ucha.

Kmitající kůstky přenášejí zvuk přes oválné okénko do hlemýždě vnitřního ucha. Hlemýžď je kanálek, který vypadá jako šnečí ulita a je vyplněný tekutinou. Ve středu je rozdělen elastickou bazilární membránou do dvou podélných kanálků (na obrázku č. 3.) Bazilární membrána se táhne podél celé délky kromě malého otvoru na vzdáleném konci, který se nazývá helicotrema.

Na vnitřní straně spirálovité bacilární membrány leží vnitřní vláskové buňky vybavené smyslovými vlásky srovnanými v přímých liniích. Jsou zde 3 řady vnějších vláskových buněk se svazky sensorických vlásků ve tvaru V nebo W.

Pokud se oválné okénko pomalu pohne směrem dovnitř, tekutina se pohybuje podél kanálku přes helicotrema a dolů, do druhé poloviny kanálku k oválnému okénku, které se pohne směrem ven. Když oválné okénko kmitá, kmitá též bacilární membrána a vibrace způsobují ohyb sensorických vlásků (cílií, které se pohybují stejným způsobem jako vlasy ve vodě)

Jestliže je modulace dostatečná, je ve vlasových buňkách vytvořen nervový impuls, který produkuje sluchový vjem.

(Noise 2000)

2.5.2. Aktivace stresové reakce

Sluch je důležitý výstražný systém. Je aktivní během spánku, a také proto nejsme vybaveni „ušními víčky“. Ačkoli máme během spánku zavřené oči, naše uši jsou vždy otevřené a přicházející zvuky jsou v mozku rychle zpracovány.

Zvuk přibližujícího se nákladního auta může být v mozku během spánku interpretován jako blížící se nebezpečí, zatímco bdělý člověk by se při stejném zvuku cítil zcela bezpečně, pokud by byl v posteli a ne na silnici. Logický se proto zdá předpoklad, že hluk, který z denní zkušenosti známe jako nebezpečný, může během spánku vyvolat stresovou reakci. Ze stejného důvodu je pochopitelné, že když náš partner v ložnici chrápe, je snadné ohodnotit tento hluk jako méně nebezpečný než hluk z několika nákladních aut. Je tomu tak i tehdy, jsou-li hladiny hluku druhého zvuku (nákladního auta) o 20 dB nižší než u chrápajícího partnera.

Je obecně známo, že stejný druh hluku obtěžuje zcela různou měrou v závislosti na typu aktivity, kterou jsme zaměstnáni, např. fyzická námaha, jako je jízda na kole, nebo snaha o koncentraci a porozumění složité diskusi. Podobně hlukem způsobené stresové reakce vznikají mnohem pravděpodobněji během duševní než během fyzické práce. Nicméně velmi silný hluk [přes 90 dB(A)] může způsobit přímou stresovou reakci nezávislou na aktivitě exponované osoby.

Studie týkající se lidí žijících na hlučných ulicích prokázaly, že při dlouhodobé noční expozici hluku silniční dopravy o průměrné hladině 55 dB(A) a více jsou stresové hormony zvýšené jak u dětí, tak u dospělých. Jejich dlouhodobé zvýšení způsobuje též zvuk letadla. Bylo prokázáno, že jejich zvýšené hladiny stresových hormonů v důsledku dlouhodobé expozice hluku se mohou normalizovat po alespoň týdenním používání ušních zátek. Hluk má tedy evidentní schopnost způsobit fyziologické stresové reakce, jakou je např. zvýšení hladiny stresových hormonů.

2.6. Aspekty lidského zdraví

Hluk má schopnost způsobit nepříznivé zdravotní účinky. Naproti tomu také sensorická deprivace spojená s nedostatkem zvuků způsobuje důležité zdravotní problémy.

2.6.1. Vliv hluku na sluch

2.6.1.1. Rušení hlasové komunikace

Rušení hlasového porozumění hlukem může vyústit ve velké množství osobních problémů, poškození a změn v chování; problémy s koncentrací, únavu, nejistotu a ztrátu sebedůvěry, podrážděnost, nepochopení slyšícího, sníženou pracovní výkonnost, problémy v mezilidských vztazích a množství stresových reakcí. Může docházet též k problémům s učením, k agresivitě nebo obecným problémům ve společenském chování. Zvláště zranitelní jsou k těmto typům efektů ti lidé, kteří jsou postiženi sluchovými vadami, staří lidé a děti ve stadiu osvojování jazyka a čtení, jakož i jedinci, kteří nejsou dobře obeznámeni s hovorovým jazykem. Tyto zranitelné skupiny tedy tvoří podstatnou část populace dané země.

2.6.1.2. Rušení komunikace

Hluk má tendence narušovat sluchovou komunikaci, při které je řeč nejdůležitějším signálem. Mezi další signály patří dveřní zvonky, telefonní zvonění, budík, požární alarm, hudba atd. Mluvená řeč je ve volné konverzaci 100% srozumitelná při hladině hlukového pozadí okolo 35 dB(A) a může být ještě dobře pochopitelná při hladině 50-55dB(A) (hladina blízká průměrnému ženskému hlasu). Řeč mluvená vyšším hlasem je méně srozumitelná. Je-li vnímání řeči velmi důležité (ve třídách, konferenčních místnostech, ve starobincích a pro posluchače s poruchou sluchu), měl by být rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasem alespoň + 15 dB(A). Pro tyto citlivé skupiny to znamená, že při hladině pozadí 35 dB(A) by sdělení mělo mít hlasitost alespoň 50 dB(A)

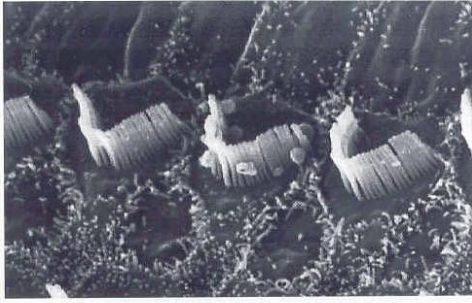
(Berglund, 1999)

2.6.1.3. Poškození vnitřního ucha

Poškození vnitřního ucha může být způsobeno bezprostředním účinkem náhlého hluku (např. střelba z pušky nebo exploze). V takových případech je energie akustické události extrémně vysoká a velmi krátká. Jinou možností je dlouhodobá expozice hluku během několika let, která je velmi obvyklá na pracovišti, v bezprostřední blízkosti letišť a dálnic nebo pro někoho, kdo poslouchá walkmana. Ve všech těchto případech nejsou zvukové hladiny extrémně vysoké, ale jsou déletrvající. Typický je potom pomalý rozvoj poškození sluchu v rozmezí řady let. Příčina může spočívat pouze v expozici na pracovišti, nebo v kombinaci s ostatními typy hluku, jako je hluk životního prostředí, hluk ve volném čase či hlasitá hudba.

Akustické trauma může způsobit exploze dělobuchu v blízkosti osoby nebo dokonce pistole střílející přímo u ucha. Mezi příznaky patří zvonění v uchu déle než 1 den nebo náhlá hluchota v jednom uchu. V tomto případě je třeba co nejdříve konzultovat stav s ORL specialistou, aby se minimalizovala možnost trvalého poškození sluchu.

K nejsnáze poranitelným částem hlemýžďe patří smyslové vlásky vláskových buněk. Ty mohou být poškozeny nadměrnou hlukovou expozicí jako první. Vzhledem k tomu, že nadměrně vysoký hlučný impuls může způsobit různý stupeň narušení smyslových buněk, k omezení trvalého poškození může přispět adekvátní terapie. Léčba jakéhokoli poškození by měla začít co nejdříve. Samozřejmě že nejvážnější poškození, zničení řasinek, nemůže být vyléčeno nikdy.



Na obrázku je patrný tento druh mechanického poškození způsobeného impulsním hlukem. K nejzávažnějším příčinám tohoto poškození vnitřního ucha patří střelba, ale významně negativní vliv mohou mít i různé zdroje hluku ve volném čase, jako jsou pistole, hračky a petardy.



Jestliže je vnitřní ucho vystaveno zvukovým hladinám nad $L_{Aeq,8h}=85$ dB po dobu 40 hodin týdně v průběhu život, vzniká riziko, že smyslové vlásky vnějších vláskových buněk budou v důsledku energetického vyčerpání významně poničeny. Tato porucha se vyvíjí pomalu během řady let a často nemusí být exponovanou osobou vnímána. Mezi první příznaky patří nesnáze porozumět běžnému hovoru při nízkých hladinách okolního hluku. Riziko poškození vnitřního ucha bylo stanoveno pro stupeň zátěže dospělých jedinců v zaměstnání. Není jasné, zda se stejné expoziční limity vztahují na děti a dospívající.

2.6.2. Poškození sluchu

Tinnitus (šelesty v uších)

Řada lidí se již setkala s šelesty v uších poté, co byla vystavena velmi hlasité hudbě na diskotéce nebo hudebním festivalu. Normálně mizí toto zvonění (tinnitus) několik minut nebo hodin po skončení expozice. Jestliže se však expozice často opakuje a třeba i vzrůstá, délka zvonění se bude prodlužovat a může se stát dlouhodobým problémem po celý život.

Zvonění v uších sestává ze zvuků vytvářených vnitřním uchem samotným, nebo se jedná o zvuky náležející proudu krve skrz struktury ucha. Je průvodním jevem nastupující ztráty sluchu v zaměstnání a stalo se rizikovým pro dospívající mládež, která poslouchá popové koncerty a diskotéky.

2.6.2.1 Dočasný posun prahových hodnot

Nejvíce lidí se mimo přechodných šelestů v uších setkává po poslechu velmi hlasité muziky nebo po zkušenosti s hlasitou ránou v blízkosti ucha se zhoršeným sluchem. Relativní ticho, než se sluch plně zotaví, může trvat řadu hodin nebo i více než týden. Tyto sluchové změny se označují jako dočasný posun prahových hodnot. Jestliže dojde k následné silné expozici hluku dříve, než je sluch plně obnoven, může se během let rozvinout chronická ztráta sluchu nebo dokonce hluchota. Dočasný posun sluchového prahu se využívá při pokusu o určení trvalého posunu prahových hodnot v populaci exponované hluku.

Riziko ztráty sluchu bylo stanoveno pro populaci exponovanou rovnoměrnému hluku v zaměstnání během 8hodinového pracovního dne po období až 40 let (v úvahu je brána ztráta sluchu i z jiných příčin, hlavně stárnutí). Je pozoruhodné, že při okolní hladině zvuku mezi 65 – 75 dB (A) je zotavovací období ze sluchové únavy zpomaleno (např. na pracovištích nebo během aktivit ve volném čase). Křivky dávkové závislosti nejsou k dispozici pro populaci obecně, ale riziko je podle většiny vědců označováno jako zanedbatelné při hodnotách menších než 75 dB $L_{Aeq,8h}$. Pro každodenní 24-hodinovou expozici by mohlo být riziko zanedbatelné při hodnotách menších než 70 dB $L_{Aeq,24h}$.

2.6.3. Chronické změny stresových hormonů a riziko infarktu myokardu

Kontinuální expozice hluku může vyústit v chronické změny v regulaci fyziologických systémů, především ve zvýšené uvolňování stresových hormonů. Účelem tohoto vzestupu stresových hormonů je buď připravit organismus na „boj nebo únik“, nebo maximálně využít šanci na přežití v případě poškození. Pro „boj nebo únik“ je třeba dodatečné energie. Proto stresové hormony (adrenalin a noradrenalin) zvyšují cholesterol a triglyceridy v krvi. Jestliže je dodatečná energie využita pro „boj nebo únik“, je dosaženo účelu, ale v naší moderní společnosti se jedná velmi často o planý poplach. Jestliže pokračující expozice hluku vede k chronicky se opakujícímu vzestupu stresových hormonů a lipidů, vzrůstá i riziko arterosklerosy a nakonec i riziko infarktu. Na druhé straně, jestliže je organismus připravován na přežití během poškození, má zvýšený stresový hormon (kortizon) za úkol zastavit krvácení a omezit riziko infekce v ráně. Ačkoli kortizon může lidem pomoci zachránit život a zraněným napomáhá se srážlivostí krve, vysoký vzestup kortizonu, který přetrvává po řadu let, může mít nebezpečné vedlejší účinky. Zvýšená srážlivost krve, např. zvýšený fibrinogen, dodatečně zvyšuje riziko srdeční příhody. Současné literární přehledy ukázaly že ačkoli většina studií nedosáhla hodnot se statistickou významností, shodně potvrdily následující závěr: Zvýšená expozice dopravnímu hluku nad průměrem denní/noční venkovní hladiny 65/55 dB(A) zvyšuje riziko infarktu myokardu přibližně o 20 %.

(Noise 2000)

2.7. Etologie hospodářských zvířat

Etologie patří mezi přírodovědní a speciální zoologické vědní obory, který analyzuje denní režim typický pro určitý druh zvířat. Obecná etologie se zabývá základy životních projevů a jejich ovlivněním nervovou soustavou, hormonálně, instinkty, dědičností a analýzou životních projevů a zjišťováním jejich změn. [8]

Dříve se etologický výzkum zabýval převážně volně žijícími zvířaty a pouze v malé míře zvířaty hospodářskými. Jelikož byla potřeba nabytých znalostí shledána jako naprosto nezbytná k omezení negativních vlivů domestikace, které v intenzivních chovech způsobovaly podstatné rozdíly v životních projevech zvířat. Poznatky z etologie hospodářských zvířat umožňují velmi dobře zjišťovat vliv různých podmínek prostředí při různé technologii chovu.

Bohaté zkušenosti z praxe, nashromážděné zootechnikou, jasně potvrzují nepříznivý vliv poměrně stálých podmínek existence na životní projevy zvířat a jejich produkční vlastnosti. Přizpůsobením příliš stálým životním podmínkám ztrácí organismus zvířat svou plachost a s tím i schopnost úspěšně vzdorovat nepříznivým vnějším vlivům. Například změněné mikroklimatické podmínky v průběhu roku při nových formách chovu vedou k tzv. fyziologickému tréninku orgánů, což přispívá k lepšímu tělesnému vývinu a vývoji zcela odlišných životních projevů.

V souvislosti s nástupem výrazné technizace v živočišné výrobě působí na zvířata často vlivy, které byly v tradičním chovu neznámé a jejichž účinek se z hlediska výzkumu i praxe často posuzuje zcela nesprávně. Jedním z nejvýraznějších nových činitelů prostředí, který se v souvislosti s technizací vyskytuje a jehož vliv byl dříve prakticky neznámý, je hlučnost prostředí. [8]

Hluk je jedním z činitelů prostředí ovlivňujících organismus zvířat. V případě, že hladina

akustického tlaku přesáhne určitou mez, projevuje se působení hluku stresově.

2.7.1. Účinky hluku na organismus hospodářských zvířat

Hluk působí jako fyzikální veličina na nervové cesty. Nepříznivý vliv nadměrného hluku záleží v komplexním ovlivnění organismu, což se projevuje u hospodářských zvířat zejména změnou životních projevů. Hladina akustického tlaku do 60 dB na zvířata působí tím, že zneklidní a zkracuje se doba jejich odpočinku, snižuje se příjem krmiva apod. Výsledkem těchto změn je pak i nepříznivé ovlivnění užitkovosti. Po určité době adaptace si však zvířata na tuto hlučnost zvykají. Hladina akustického tlaku nad 60 dB vyvolává již u některých zvířat podráždění vegetativně hormonálního systému a při delším působení se projevuje u některých druhů zvířat škodlivě. Stupeň nepříznivého vlivu hluku závisí na jeho intenzitě a době působení. Celkově je možno říci, že po navyknutí organismu je vliv trvale působících hluků méně nepříznivý než vliv hluků občasných (při stejných hladinách akustického tlaku).

Hodnoty hluku [dB]	Vliv působení hluku
Do 40	Bez nepříznivého vlivu na organismus
40 - 60	Bez nepříznivého vlivu na organismus po adaptaci
60 - 75	Nepříznivé působení na organismus
Nad 80	Stresové působení na organismus

(Hauptman 1972)

2.7.1.1. Reakce na hluk

Fáze reakce zvířete na působení faktorů jsou: A, poplachová fáze
B, adaptační fáze
C, fáze vyčerpání organismu

2.7.1.2. Fáze poplachová

Poplachová fáze je krátkodobá odpověď na vznik stresoru. Trvá 6 až 48 hodin. V této fázi se mobilizují mechanismy na obranu proti negativním vlivům prostředí.

2.7.1.3. Fáze adaptační

Adaptační fáze trvá od několika dnů do několika týdnů. Upravují se změny, ke kterým došlo v počátcích působení hluku, upravuje se živá hmotnost, zvyšuje se užitkovost a odolnost proti dalším nepříznivým vlivům. Po této fázi mohou nastat 3 případy reakce organismu na působení stresoru: 1, působení stresoru skončí a zvíře se vyrovná s předchozím působením, 2, organismus se dokáže vyrovnat s nepříznivými podmínkami a zvíře se adaptuje na nové podmínky, 3, působení stresujícího podnětu je tak veliké, že organismus zvířete nedokáže odolávat a nastane fáze vyčerpání.

2.7.1.4. Fáze vyčerpání

Fáze vyčerpání organismu vede až k úhynu zvířete. Prudce se snižuje živá hmotnost a užitkovost, dochází ke změně chování, zvířata jsou neklidná, často se objevuje svalový třes se zrychleným tepem i dechem. [8] Jedinec přestane částečně, nebo úplně přijímat potravu, zvýší se jeho tělesná teplota, častěji močí a kálí a objevují se také žaludeční a střevní potíže.

2.8. Metody měření a vyhodnocování hluku

2.8.1 Metody měření hluku

Podle účelu provádíme více druhů měření hluku, která lze rozdělit takto:

1. měření hluku strojů, technologických zařízení a objektů atd., které má poskytovat údaje charakterizující jednotlivý zdroj hluku bez vlivů jiných strojů, hluku z okolí, bez vlivu místa použití
2. měření hluku prostředí v místech pobytu osob, tedy pracovních nebo při odpočinku. Výsledky měření ukazují skutečné působení hluku na člověka (imisi). Jsou podkladem pro posuzování, zda se vyhovuje předpisům ochrany člověka před hlukem v místě instalace strojů při jejich souhrnném použití.
3. měření poskytující informace o cestách šíření hluku a vzájemném vztahu zdrojů. Nejsou jednotně předepisovány a využívají různé diagnostické postupy. Provádějí se při vyhledávání hlavních příčin hluku, při hledání prostředků snížení hluku, při vývojových pracích.
4. měření určující charakteristiky přenosu a tlumení hluku materiály a konstrukcemi, k získání podkladů pro technické návrhové účely.

2.8.2. Přesnost měření a hodnocení

Měření a hodnocení hluku se provádí ve 3 třídách přesnosti, jako:

- a) podrobné měření a hodnocení – třída přesnosti I – výsledek se od skutečné hodnoty liší o méně než 0,5 dB,
- b) běžné měření a hodnocení – třída přesnosti II – výsledek se od skutečné hodnoty liší o méně než 3 dB,
- c) přehledové měření a hodnocení – třída přesnosti III – výsledek se od skutečné hodnoty liší o méně než 5 dB,

(Němec 1983)

2.8.3. Použití váhových filtrů

Měření fyzikálních veličin hluku nerespektuje kmitočtové závislosti působící na vnímání zvuku lidským uchem. Pro přiblížení měřených veličin vlastnostem sluchového orgánu byly proto do zvukoměrných souprav zařazeny tzv. váhové filtry, které připodobňují kmitočtovou charakteristiku měřicího řetězce vybrané hladině hlasitosti. Váhové filtry mají jako elektrické obvody zařazené do měřících cest zvukoměrů zrcadlově přetransformované průběhy hladin hlasitosti, tzn., že pokles citlivosti sluchu směrem k nižším frekvencím musí odpovídat poklesu hodnoty měřené veličiny.

2.8.4. Jednotlivé metody měření

2.8.3.1. Zvukoměr – průběh „lin“

Zvukoměr, který je doplněn o kmitočtové průběh „lin“ měří zdánlivě přímo hladinu akustického tlaku. Hladina akustického tlaku je měřena pouze pro jednoduchý, sinusový signál, nebo s určitou zanedbatelnou nepřesností pro pásmo nejvýše šířky jedné oktávy. Nepřesnosti, které vznikají při měření v celém rozsahu akustických kmitočtů, mohou dosahovat k chybě až 3 dB.

2.8.4.2. Hladina zvuku C

U této hladiny není zavedena významnější kmitočtová závislost. Tohoto důvodu slouží tato metoda především k hodnocení hlučnosti pro technické účely. U jednodušších zvukoměrů nahrazuje průběh „lin“

2.8.4.3. Hladina zvuku B

Tato metoda se používala dříve a snažila se o přímý převod na hlasitost. V současné době již ztratila na významu.

2.8.4.4. Hladina zvuku A

Jedná se rovněž o starší metodu, která neztratila na významu. Význam spočívá v zavedení kmitočtové závislosti, která přímo určuje stupeň škodlivosti kmitočtu pro sluchový orgán.

2.8.4.5. Hladina akustického tlaku

Nejčastěji je měřena pomocí měřicího mikrofonu při kmitočtovém průběhu „lin“, nebo ve středních kmitočtových pásmech při váhovém filtru C.

2.8.4.6. Hladina hlasitosti

Hladina hlasitosti ve fónách se určuje přímými subjektivními testy. Dnes tato metoda pozbyla na významu, neboť se již nepovažuje za správné zjišťovat hladinu hlasitosti pomocí přepočtů z jiných naměřených veličin vzhledem k velké nepřesnosti vycházejících hodnot.

2.8.4.7. Hladina rušivosti

Tato metoda vychází ze subjektivního testování především leteckých hluků. Nehodnotí hluk pouze podle jeho intenzity, ale i podle jeho spektrálního složení. Proto křivky hladin respektují subjektivní vjem obtěžování, či nepříjemnosti hluku.

2.8.4.8. Hladina akustického výkonu

Oproti jiným metodám, je touto metodou možno provádět přepočty hlučnosti strojů i pro jiná prostředí. Vychází z hladiny akustického tlaku, ale výsledná hodnota je udávána v hladině akustického výkonu.

2.8.4.9. Hlasitost podle Stevense

Tato metoda umožňuje jednoduchý způsob zpracování objektivně změřených hodnot ve výslednou hlasitost. Vychází ze změřených hladin akustického tlaku v oktávových pásmech a jednoduchým

výpočtem dostaneme přímo hlasitost v sonech. Tato metoda však nerespektuje v plné míře spektrální složení sledovaného hluku, a proto často dochází k nepřesnosti výsledků. Tato metoda se využívá pro běžné hodnocení průmyslových hluků, kde není kladen důraz na chybu měření menší než 3 dB.

2.8.4.10. Hlasitost podle Zwiklera

Jedná se o obdobu Stevensnova určení výsledné hlasitosti, ale Zwiklerova metoda se již zaměřuje i na spektrální složení hluku. Tím však stoupá její pracnost a časová náročnost. Z tohoto důvodu je tato metoda více nerozšířila. Použití Zwiklerovy metody je oprávněno tam, kde je požadováno hodnotit sledovaný hluk včetně jeho spektrálních složek.

2.9. Popis přístroje pro měření hluku

Zvukoměrná souprava má tyto základní části: mikrofon, předzesilovač, zesilovač, pásmové filtry, hladinový zapisovač a měřidlo. V současné době se stalo nutností i použití výpočetní techniky.

2.9.1. Jednotlivé části přístroje

2.9.1.1. Elektroakustický měnič – mikrofon

Mimořádně důležitou a náročnou částí měřicího řetězce je vstupní elektroakustický měnič – mikrofon. Jeho elektrická odezva na mechanické podněty musí být věrná v širokém pásmu slyšitelných kmitočtů. Požadujeme, aby napětí signálu bylo dostatečně velké ve značném dynamickém rozsahu. Je velice důležité, aby mikrofon neměnil svoje vlastnosti v závislosti na vnějších podmínkách – teplotě, tlaku a vlhkosti. K měřicím účelům jsou používány tyto základní typy měničů: kondenzátorové, dynamické a piezoelektrické. Z těchto tří druhů jsou nejčastěji používány kondenzátorové mikrofony pro přesná měření a piezoelektrické pro všeobecnější měření, i když si zachovávají dosti dobré vlastnosti.

2.9.1.2. Předzesilovač

Oba dříve popsané typy měničů se vyznačují tím, že jejich výstupní impedance je značně vysoká. Úkolem předzesilovače je zesílit snímaný signál pro zesilovač. Základní požadavky na předzesilovače nejsou kladeny na příliš velké zesílení, ale především na dlouhodobou stálost. Výstupní signál by neměl být ovlivnitelný teplotou, ani kolísáním napětí zdrojů, jelikož by docházelo k podstatnému zkreslení.

2.9.1.3. Zesilovač

Výstupní napětí z předzesilovače je obvykle velmi malé a je nutné jej dostatečně zesílit. Zesilovače k tomuto účelu konstruované využívají dnes obvykle polovodičové prvky, tranzistory a integrované obvody. Protože mají zesilovače vysoké zesílení, je jejich konstrukce náročná na provedení, údržbu, provoz a stabilizaci zesílení a napětí v celém pásmu slyšitelných kmitočtů. Jejich charakteristika musí být lineární v celém rozsahu od 20 do 20000 Hz. Při měření není zvláštností, že akustické tlaky mohou dosahovat až 140 dB. Proto musí být zesilovače vybaveny zařízeními, která jim umožní změnit vstupní hodnotu do takové míry, aby ji mohly bez zkreslení zpracovat. Tyto přístroje se nazývají přepínače rozsahu a jsou integrované přímo v zesilovači.

2.9.1.4. Pásmové filtry

Pásmové filtry jsou obvody složené převážně z paralelních a sériových kombinací indukčností, kapacit

a popřípadě odporů. Při vhodném zapojení propouštějí jen tu část elektrického signálu, jehož kmitočty leží v určitém pásmu, které odpovídá zcela jisté kombinaci kapacit a indukčností.

2.9.1.5. Hladinové zapisovače

Pro přímý záznam hladin akustického tlaku se používá tzv. hladinového zapisovače, jehož záznam je přímo viditelný. Můžeme zaznamenávat buď hladiny hluku, nebo hladiny akustického tlaku v závislosti na čase.

Pisátko píše inkoustem na registrační papír, takže jeho zápis je ihned viditelný. Pohyb pisátka zajišťuje elektromagnetická cívka, která je řízena pomocnými obvody napájenými ze zesilovače.

2.9.1.6. Měřidlo – indikátor

Indikátor zvukoměrné soupravy má stupnici upravenou tak, že ukazuje přímo v dB v rozmezí -6 až +10 nebo 0 až +20 dB. Některé modernější zvukoměry mají lineární stupnice s rozsahem až 50 dB. Výsledná měřená hodnota se určí tak, že se k nastavené hodnotě na přepínači rozsahu přičte hodnota ukazovaná v daném okamžiku ručičkou. V posledních letech jsou konstruovány zvukoměry, kde výsledný údaj měření je uveden na digitálním displeji.

2.9.7. Výpočetní technika

V nejmodernější zvukoměrné technice je dnes již běžné použití počítačů. Počítač je zapojen přes převodník do zvukoměrné soustavy. Úkolem převodníku je převod výstupních dat ze zesilovače na data používaná počítačem. Počítač pak samostatně naměřené hodnoty vyhodnotí a zobrazí na monitoru. Pak je již možno zpracovávat a vyhodnocovat naměřené hodnoty do různých grafických podob pomocí příslušných programů..

2.10. Metody vyhodnocování hluku

2.10.1. Posouzení ekvivalentní hladiny akustického tlaku A , $L_{Aeq,T}$, pomocí metody vzorkování

Během periody pozorování T se provede sběr určitého počtu nekorelovaných hodnot L_{Aeq,T_i} , které jsou zde označeny L_i [2]

Odhad

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \text{ dB} = \bar{L} + 0,115 \cdot s^2 \quad (2.1)$$

Kde:

$$\bar{L} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i \quad \text{je aritmetický průměr v decibelech a} \quad (2.2)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \bar{L})^2}{n-1}} \quad \text{směrodatná odchylka v decibelech} \quad (2.3)$$

2.10.2. Normování ekvivalentní hladiny akustického tlaku A na jmenovitou pracovní dobu 8 hodin

Pro účely porovnání expozic hluku v pracovních dnech o různých dobách trvání je z mnoha důvodů žádoucí normování denní expozice hluku na pracovišti s kratší nebo delší dobou trvání T_e na jmenovitou dobu pracovního dne 8 hod. V této mezinárodní normě se časový interval, který pokrývá periodu 8 hod, nazývá T_0 . Normovaná hladina denní expozice hluku se získá pomocí vztahu:

$$L_{EX,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T_e}{T_0} \text{ dB} \quad (2.4)$$

(ČSN ISO 9612)

2.10.3. Nejvyšší přípustné hodnoty hluku na pracovištích pro jinou než osmihodinovou denní pracovní dobu

Nejvyšší přípustné hladiny hluku pro jinou denní pracovní dobu T se stanoví tak, že se ke stanoveným nejvyšším přípustným hladinám pro osmihodinovou pracovní dobu v hluku $L_{Aeq,8h}$ připočte korekce K_T , která se stanoví podle vztahu:

$$K_T = 10 \log \left(\frac{480}{T} \right) \text{ dB} \quad (2.5)$$

(Vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 502/2000 Sb.)

2.11. Metody boje proti hluku

Při snižování hluku je nutné se zaměřit především na oblast organizace výroby a použití strojů, kde můžeme podnikat nejúčinnější opatření. Nejlepších výsledků při snižování hlučnosti dosáhneme vhodnou kombinací všech níže uvedených metod. Přednostně je však třeba využívat ty metody, které dávají nejvyšší snížení hlučnosti a přitom jsou cenově dostupné.

Při plánování a použití metod boje proti hluku je důležitá i otázka jejich nákladnosti. Z rozborů nákladů realizovaných, nebo teprve projektovaných investic vyplývá, že podíl akustických řešení tvoří asi půl procenta celkových projektovaných nákladů. U staveb, kde akustická funkce je jedním ze základních cílů stavby roste podíl akustických opatření až na 5 procent celkových nákladů. Proto je nutno poznamenat, že v projektech, kde byla opomenuta hluková otázka se náklady prudce zvyšují a značně překračují částku, která byla potřebná pro běžný projekt.

Způsoby používané při boji s hlukem je možno rozdělit do pěti základních metod.

2.11.1. Jednotlivé metody

2.11.1.1. Redukce hluku ve zdroji

První metoda se zaměřuje na redukci hluku ve zdroji a spočívá v úplném odstranění zdroje hluku,

nebo ve snižování jeho hlučnosti. Tento způsob zajišťuje nejúčinnější opatření při nízkých finančních nákladech. Tuto metodu je možno uplatňovat při konstrukci a stavbě strojů a zařízení. Například u traktorů je možno provést úpravu tlumením spalovacích motorů, nebo i nahrazením určitého úkonu jiným, méně hlučným. V některých případech však není žádoucí snižovat hluk na minimum, protože zvuk vyzařovaný strojním zařízením může přispět ke zjištění technického stavu stroje. Z tohoto důvodu je nutno používat i jiné „sekundární“ opatření.

2.11.1.2. Metoda dispozice

Metoda dispozice patří mezi sekundární metody. Je založena na vhodném situování hlučných strojů a zařízení od prostor chráněných a méně hlučných. Je na to třeba pamatovat již při plánování objektů živočišné výroby, například situovat objekty do větší vzdálenosti od dopravních tepen, nebo umístěním zdrojů hluku mimo prostory stáje (přesun motorů shrnovače chlěvské mrvy).

2.11.1.3. Metoda izolace

Další sekundární metodou je metoda izolace, která spočívá ve zvukovém odizolování hlučného stroje, zařízení, nebo hlučného provozu od prostoru chráněného. Této metody využívá především stavební akustika, která se zabývá výpočtem, navrhováním a stavbou zvukoizolačních příček, stropů a krytů. V praxi například izolací stěn přiléhajících k hlučnému prostředí (dojírny, sušičky a čističky obilí apod.)

2.11.1.4. Metoda zvukové pohltivosti

Třetí „sekundární“ metodou je aplikace poznatků prostorové akustiky. Zde je využíváno zvukové pohltivosti. Tuto vlastnost mají některé hmoty a konstrukce, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo. Této metody lze využít při snižování hlučnosti uvnitř objektů.

2.11.1.5. Osobní ochranné pomůcky

Poslední metodou je používání osobních ochranných pomůcek u pracovníků. Tato metoda se uplatňuje tehdy, jestliže předcházející metody nebylo možno použít, nebo pokud dostatečně nesnížily hlukovou zátěž. Pracovník musí ve svém vlastním zájmu používat např. tlumící zátky do ucha, které jsou určeny pro pracoviště s hladinou hluku do 100 dB. Pro tlumení vysokých kmitočtů se používají vatové chrániče napouštěné parafinem. Sluchátkové chrániče omezují přístup hluku k ušnímu boltci a jsou vhodné do prostorů s hladinou hluku do 100 dB. Nejlepších výsledků lze dosáhnout použitím protihlukových přileb a kukel, které kryjí celou hlavu a lze je použít i v prostorech, kde hodnoty hluku dosahují až 160 dB.

3. DRUHY A POUŽITÍ VĚTRACÍCH SYSTÉMU VE STÁJÍCH

3.1. Velkoobjemové ventilátory ve stáji pro krávy

Ventilátory se starají o zlepšení kvality vzduchu a ochlazování zvířat proudícím vzduchem. Krávy vytvářejí při procesu trávení mnoho tepla, kterého se potřebují zbavit. Pokud již okolní vzduch nedokáže toto jejich teplo odvádět-odebírat, dochází u zvířat ke stresu z horka přehřátím. Látková výměna a tím i mléčná produkce klesají. Proto krávy potřebují při teplotách nad 20°C kontinuální proudění vzduchu k udržení vysoké mléčné produkce.

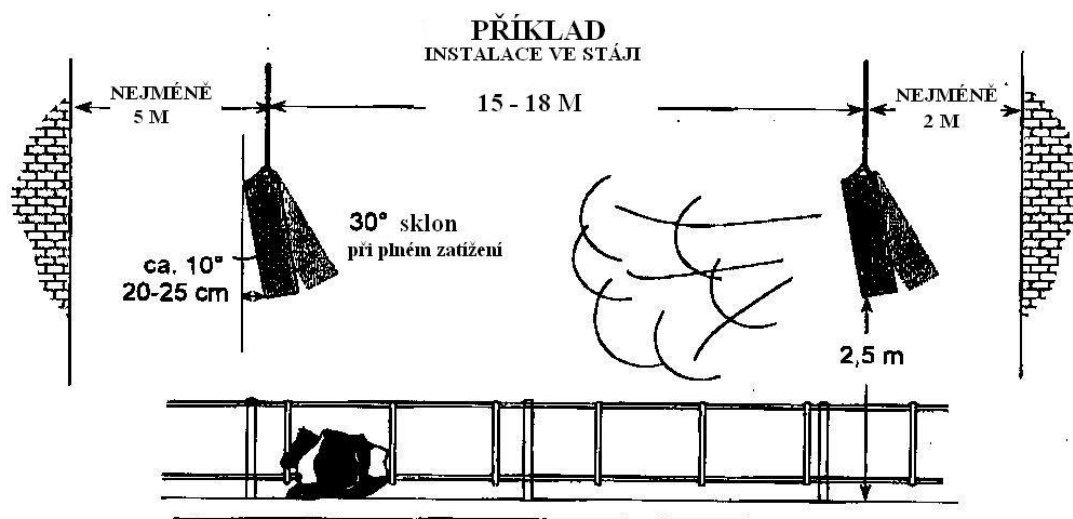
(M. Příkryl 1997)

3.2 Velkoobjemové ventilátory lze používat v následujících oblastech :

- 1. jako oběhový ventilátor volně zavěšený ve stáji**
- 2. jako oběhový ventilátor v problémových zónách stáje**
- 3. jako odtahový ventilátor ve stěně**

3.2.1. Jako oběžný ventilátor volně zavěšený ve stáji

Více ventilátorů visí zavěšeno uvnitř stáje nad lehacími plochami (dvořadami, jednořadami lehacích boxů). Jsou zavěšeny v řadě za sebou ve vzdálenosti 15-18 m tak, aby jejich účinné proudění vzduchu ve stáji směřovalo podélně, pokud možno ne proti převládajícímu (hlavnímu) směru větrů. Pro montáž jsou vhodné řetězy, kterými je možno nastavit optimální úhel sklonu a výšku zavěšení. Doporučený je sklon 10° v klidovém stavu a tedy následně 30° při plném provozním zatížení. Toho dosáhneme předsazeným zavěšením v člancích řetězu.



3.2.2. Oběhový ventilátor v problémových zónách stáje

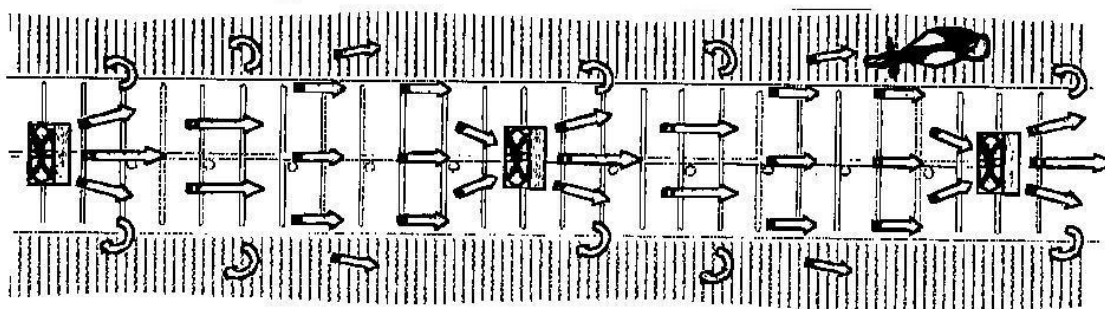
Problémové zóny mohou být v čekárně, před dojrnou, v porodně nebo na jiných místech ustajovacího prostoru. Mezi dojrnou a čekárnou mohou správně instalované ventilátory zamezit tepelný stres a vlivem sacího efektu proudícího vzduchu zajistit jeho stálou výměnu i v dojrně. Přesné umístění ventilátorů je nutné přizpůsobit konkrétním podmínkám každé stáje. Pokud jsou ventilátory volně zavěšené nad plochami chodeb, je třeba dávat pozor aby říjící se zvířata při naskakování neměla možnost narazit do ventilátoru a případně se zranit nebo poškodit ventilátor.

3.2.2.1. Výkonový diagram oběhových ventilátorů

Pomocí ventilátorů (lopatka 127), které visí ve volném prostoru, lze dosáhnout následujících rychlostí proudění vzduchu :

Vzdálenost Transformátor-stupeň	3 m	6 m	9 m	12 m	15 m
Stupeň 1 m/s	5,5	2,7	2,3	1,9	1,9
Stupeň 2 m/s	6,9	4,0	3,0	1,9	1,9
Stupeň 3 m/s	7,6	5,4	4,0	2,6	2,3

Proudění vzduchu nad dvojitou řadou boxů (pohled shora):



Vzduch proudí od jednoho ventilátoru ke druhému v šířce 4 – 5 m.

V okrajových oblastech nad chodbami existuje ještě dostatečná výměna vzduchu vlivem nasávání vzduchu a jeho víření.

3.2.3. Odtahový ventilátor umístěný ve stěně

Umístěním ventilátoru ve stěně docílíme v první řadě stálou výměnu vzduchu v prostoru tím, že ventilátor vzduch vytahuje z budovy ven. V menších prostorách, jako dojírna apod. je třeba zajistit velké otvory pro vstup vzduchu tak, aby v oblasti sání nevznikal průvan. Uspořádání ventilátorů a otvorů pro vstup vzduchu určuje jeho cestu a tím efektivnost jeho výměny.

3.3. Tunelové větrání :

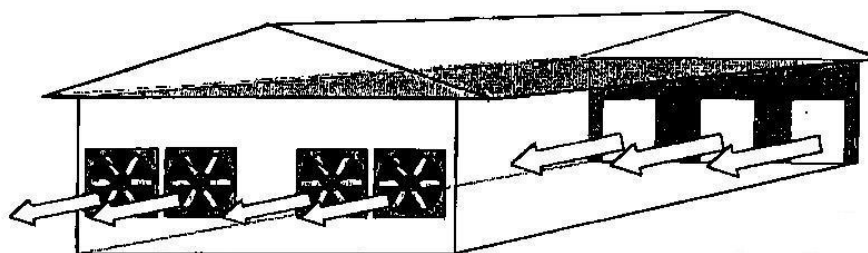
Speciálním případem je tunelové větrání pro dlouhé nízké prostory :

Na jedné štítové stěně je umístěno více ventilátorů, které pak táhnou vzduch podélně skrz celý prostor. Vstup vzduchu je umožněn otvory na druhé-protější štítové stěně. Stranové stěny jsou uzavřeny např. plachtovým svinovacím systémem (tzv. Curtain systémem). Tím dosáhneme stálou výměnu vzduchu, pohyb vzduchu v podélném směru a také přímo v zóně zvířat. Nízká výška stropu je předpokladem a zamezuje proudění vzduchu jen v horní (podhledové) části prostoru. Příčný průřez prostoru určuje kapacitu ventilátorů a následně také velikost otvorů pro vstup vzduchu. Jeden příklad [10] :

Výška prostoru 3 m x šířka 12 m = 36 m², potřebná rychlost proudění vzduchu 1,1 m/sec.

36 m² x 1,1 m/sec. = 39 m³/sec x 3.600 = 142.000 m³/hod.. To odpovídá 4 ventilátorům s lopatkou 127 cm.

Pro každý ventilátor bude nutný otvor pro vstup vzduchu o velikosti 5 m².



1. Ochranný motorový spínač :

Každý jednotlivý ventilátor s nebo bez transformátoru musí být vybaven ochranným motorovým spínačem.

S ventilátory dodávané ochranné spínače musí být při montáži nastaveny na správný odběr elektrického proudu (jmenovitý proud motoru plus 10%)

Např. u ventilátoru typ 50/1 : jmenovitý proud motoru $7,6 \text{ A} \times 1,1 = 8,36 \text{ A} = 8,4 \text{ A}$

u ventilátoru typ 30/0,75 = 5,5 A

Ochranný motorový spínač je zapojen mezi transformátor a ventilátor.

2. Klínový řemen :

Klínové řemeny se vytahují, proto se musí pravidelně (nejméně jednou za 3 měsíce) kontrolovat jejich dostatečné napnutí. Nechá-li se klínový řemen propnout o více než svoji tloušťku, je příliš volný.

Klínový řemen se napíná po uvolnění šestihřanného šroubu v lopatkové skříni nad motorem, poté se šroub pod napětím dotáhne.

3. Transformátor :

Transformátor umožňuje použití ventilátoru i při chladnějším počasí, pro podporu výměny vzduchu.

Transformátor je dimenzován pro dva nebo více ventilátorů. Typové označení transformátoru ukazuje maximální hodnotu pro odběr proudu, který může být připojen.

Například:

3-stupňový transformátor typ WR /16 je určen pro

2 ventilátory typ 50/1 (á 7,6 Amper) nebo

3 ventilátory typ 30 /0,75 (á 5 Amper)

K dostání jsou ještě transformátory pro 4 a pro 6 ventilátorů typ 50/1.

(www. Arntjen.de)

4. CÍL PRÁCE

Náplní této závěrečné práce je změřit hladinu hluku větracích systémů ve stájích, dojárnách a přilehlých prostorech. Toto měření provést ve vybraných zemědělských podnicích s odlišnými větracími systémy. Vybrané podniky by měli sloužit pro živočišnou výrobu u chovu skotu na mléko.

Naměřené hodnoty je nutné vyhodnotit. V závěru práce by mělo vyplynout, vyhovuje-li použité technologické vybavení stanoveným zdravotním předpisům. Pokud nevyhovují předepsaným normám hladiny hluku, mělo by se hledat řešení, jakými technickými opatřeními lze daný problém napravit.

5. METODIKA

Měření hluku ventilace jsem prováděl v jižních Čechách a to ve 2 různých kravínech. První měření bylo provedeno dne 13.8. 2006 v intenzivní mléčné farmě v Pacově, druhé bylo provedeno dne 16.8. 2006 v kravíně v Doudlebech. Jednotlivé údaje jsou výsledkem mého měření.

5.1. Popis použité techniky

Měření bylo provedeno za pomoci impulsního zvukoměru, který vlastní Katedra zemědělské techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské university v Českých Budějovicích. Měřicí technika se skládá z kondenzátorového mikrofону, zvukoměru, zesilovače, digitizeru, a přenosného počítače.

5.1.1. Mikrofon

Mikrofon je typu MK 102, vyráběný západoněmeckou firmou RFT. Kalibrace mikrofону je prováděná pravidelně dle ČSN.

5.1.2. Zvukoměr

Zvukoměr je od německého výrobce Robotron, typové označení je 00023. Ověření zvukoměru bylo prováděno současně s mikrofonem.

5.1.3. Zesilovač

Příslušenstvím zesilovače jsou v něm integrované ostatní části měřicího řetězce. Jedná se tedy o předzesilovač, pásmové filtry, hladinový zapisovač a měřidlo.

5.1.4. Převodník

Pro spojení zvukoměru s počítačem je použit analogový převodník. Úkolem převodníku je převod výstupních dat ze zesilovače na data používaná počítačem.

5.1.5. Přenosný počítač

Pro přímé zaznamenávání hodnot se používal přenosný počítač Siemens Nixdorf, PSD 3 Nsx/20, 200 Mhz, kde je nainstalovaný program pro měření hluku.

5.2. Postup měření

5.2.1. Nastavení zvukoměru

Každé měření začíná sestavením a propojením kabelů jednotlivých přístrojů měřicí soupravy.

- a) Kontrola funkčnosti všech prvků.
- b) Provozní kontrola – kalibrace zvukoměru, popř. dokalibrování pomocí kalibračního šroubu
- c) Nastavení váhového filtru, pro naše měření použita poloha „lin“, která měří přímo hladinu akustického tlaku. (max. měřicí odchylka 3 dB)
- d) Nastavení zvoleného rozsahu měření v dB.
- e) Nastavení kmitočtu filtru pro zvířata 1 kHz a pro člověka 8 kHz.
- f) Spuštění programu v počítači. – 1) délka měření
2) počet měření za sekundu
3) kmitočet filtru
4) zvolený rozsah dB

5.2.2. Místo měření

Umístění mikrofonu a zvolení měřicího místa jsem volil v závislosti na podmínkách měření, tj. stavbou stáje a rozmístění ventilačního zařízení. Mikrofon jsem umisťoval do výšky hlavy zvířete na stání (tedy ve výšce okolo 1,5m), nebo osoby na pracovním místě. Měření jsem prováděl ve stáji, dojárně a přilehlé místnosti pro obsluhu.

5.2.3. Období a čas měření

Vzhledem k tomu že se ventilace používá pouze v horkých dnech, musel jsem volit měření v období letním. Dobu měření jsem volil tak, abych zaznamenal i hluk spojený s dojením či hladiny hluku jiných významných operací. Délku měření jsem přitom volil 30 sekund.

5.2.4. Měření

Měření jsem prováděl vždy podle stavby a druhu zemědělského podniku, měření jsem provedl vždy při vypnutém i zapnutém ventilačním zařízení. První měření jsem provedl vždy ve stáji, další

měření jsem provedl v dojárně (v případě separované dojírny) nebo přilehlé místnosti. Poslední měření jsem prováděl ve venkovní části objektu. Měření pro každé místo jsem provedl dvakrát, abych při pozdějším zpracování výsledků mohl vyloučit vlivy okolí.

Měření proběhlo v těchto zemědělských podnicích

- 1) **SELEKTA a.s. (Pacov)**
- 3) **DOUDLEBY**

5.2.5. SELEKTA a.s. (Pacov)

Kravin SELEKTY a.s. Pacov je situován Jižních Čechách nedaleko města tábor. Je zde nově zrekonstruovaná stáj pro dojnice, kde je využito volného ustájení. Největší devizou je však v tomto moderním kravíně způsob dojení, který zajišťují 4 dojící roboti značky Lely s označením Astronaut.

V době provádění měření zde bylo ustájeno 270 ks Holštýnského skotu. Průměrná denní užitkovost je zde 26 litrů mléka na kus.

Provoz je zde dvousměnný , přitom jedna směna trvá 6 hodin a na každé směně je jeden zootechnik a jeden krmič.

Ventilační zařízení zde tvoří volně zavěšené ventilátory uvnitř stáje nad lehacími plochami. Jsou zavěšeny v řadě za sebou ve vzdálenosti 15m.

5.2.6. DOUDLEBY

Kravin v Doudlebech je situován nedaleko Českých Budějovic podél řeky Malše. Kravin leží nedaleko hlavní komunikace vedoucí do obce. Kravin je řešený jako čtyřřadý se 177 stáními. V době měření zde bylo ustájeno 120 dojnic. Použito je zde středně dlouhé stání se slamnatým stelivovým provozem. Chován je zde červenostrakatý skot. Průměrná denní užitkovost se v tomto období pohybuje okolo 16 litrů na kus a den. Provoz v kravíně je dvousměnný. V každé směně pracují 2 dojiči a jeden stájník. Krmení senem, senází a silází obstarávají pracovníci rostlinné výroby. Ranní směna pracuje od 4:00 do 10:00 a odpolední od 14:00 do 20:00 hodin.

Napájení zde zabezpečují ventilové miskové napáječky, které po dotyku zvířete automaticky vydávají vodu. Dojení je potrubní, kdy nad hlavami krav vede mléčné a podtlakové potrubí. K vytváření podtlaku jsou použity dvě olejové vývěvy, které jsou umístěny v místnosti vývěv a jsou odděleny od stáje stěnou. Mléko je ze stáje dopravováno skleněným mléčným potrubím do mléčnice. Dojení probíhá dvakrát denně. Ventilace je zde umístěna ve štítu budovy, je řešena ve formě odtahových ventilátorů které mají udržovat příznivý mikroklimat ve stáji.

6. VÝSLEDKY

V této kapitole jsou naměřené hodnoty které jsou uspořádány do tabulek dle popisu místa měření, doby měření, minimální, maximální a ekvivalentní hladiny hluku.

6.1. Tabulky naměřených hodnot

Měření SELEKTA a.s. Pacov

Tab. 6.1.1. Z hlediska skotu

Místo měření	Zdroje hluku	Hladina hluku (dB)			Doba trvání za den	Hluková zátěž za směnu (6 hodin) [dB]
		Min.	Max.	ekvivalentní		
Vedlejší měření						
Přilehlé	Pozadí	54,25456	57,67452	56,10036		

části						
Přilehlé části	Ventilace, Pozadí.	54.58645	71.86385	62,71906		
Hlavní měření						
Dojírna	Doj.robot ventilace	61.7622	73.7782	68,17861	22	50,08608
stáj	pozadí	42,65120	57,93462	52,02741	1418	55,03771
stáj	Ventilace pozadí	44.24606	65.50732	59,45485	709	56,44455

Tab. 6.1.2. Z hlediska obsluhy

Místo měření	Zdroje hluku	Hladina hluku (dB)			Doba trvání za směnu	Hluková zátěž za směnu (6 hodin) [dB]
		Min.	Max.	ekvivalentní		
Hlavní měření						
Přilehlé části	Pozadí	43.61035	48.83256	47,15912B	90	41,13852
stáj	pozadí	52.35613	68,23874	62,70234	240	60,94143
Přilehlé části	Ventilace, Pozadí.	47,64021	62.50573	56,15362	90	50,13302
Dojírna	Doj.robot ventilace	66.00391	74.25335	70,93707	10	55,78797
stáj	Ventilace pozadí	58.15028	67.16752	64,22081	240	62,4599

Měření v kravíně DOUDLEBY

Tab 6.2.3. z hlediska obsluhy

Místo měření	Zdroje hluku	Hladina hluku (dB)			Doba trvání za směnu	Hluková zátěž za směnu (6 hodin) [dB]
		Min.	Max.	Ekvivalentní		
Hlavní měření						
Přilehlé části	Pozadí	43,69542	49,66581	46,92887	90	40,90827
Přilehlé části	Ventilace, Pozadí.	34.68634	66.74025	60,42106	90	54,40046
stáj	pozadí	55.29145	60.32478	58.09452	270	56,84513
stáj	Ventilace	65.08694	74.98663	70,81356	270	69,56417

	pozadí					
--	--------	--	--	--	--	--

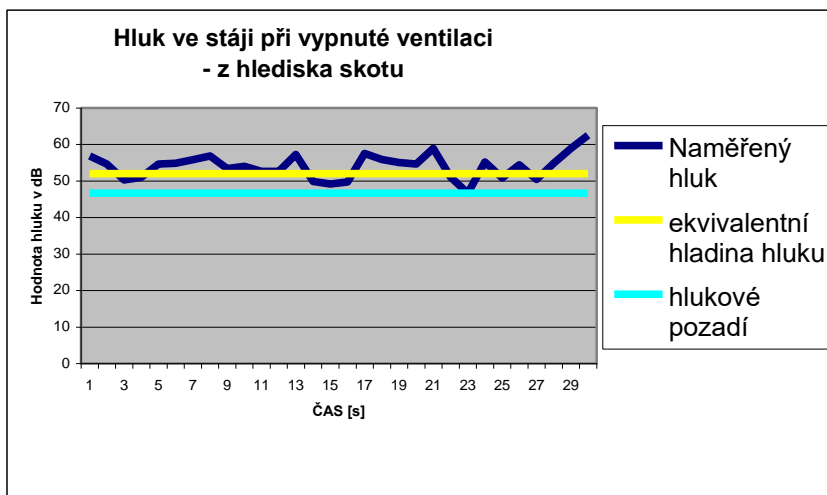
Tab. 6.2.4. Z hlediska skotu

Místo měření	Zdroje hluku	Hladina hluku (dB)			Doba trvání za směnu	Hluková zátěž za směnu (6 hodin) [dB]
		Min.	Max.	ekvivalentní		
Vedlejší měření						
Přilehlé části	Pozadí	45,43665	51,22469	48,20436		
Přilehlé části	Ventilace, Pozadí.	58,88561	62,64451	60,90264		
Hlavní měření						
stáj	pozadí	52.05423	58,8965	55,59432	1440	55,59432
stáj	Ventilace pozadí	61.31019	80.25194	68,63643	720	65,62613

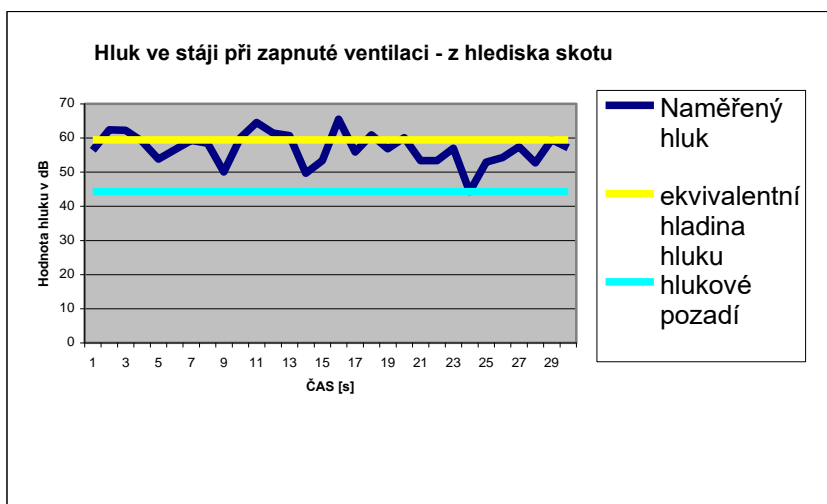
6.3. Grafické znázornění

6.3.1. Hluk v kravíně Pacov

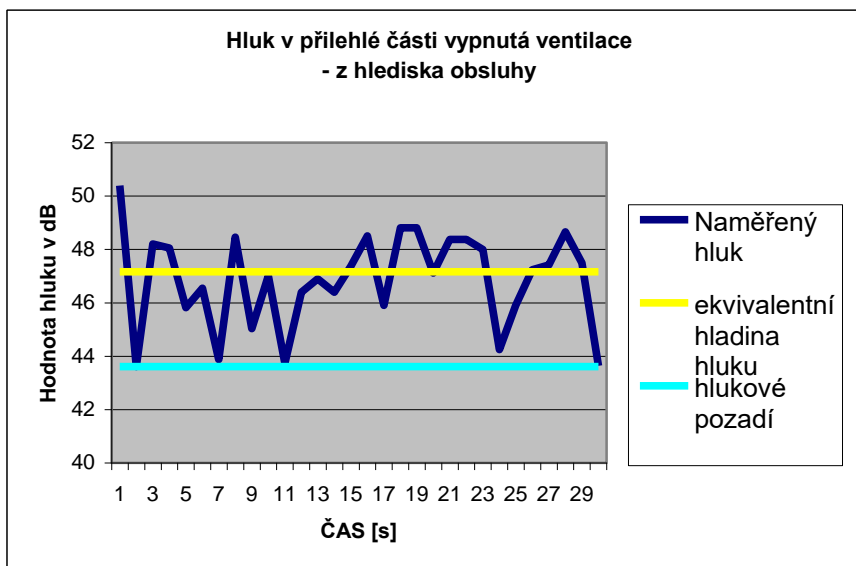
6.3.1.1. Hluk ve stáji z hlediska skotu při vypnuté ventilaci



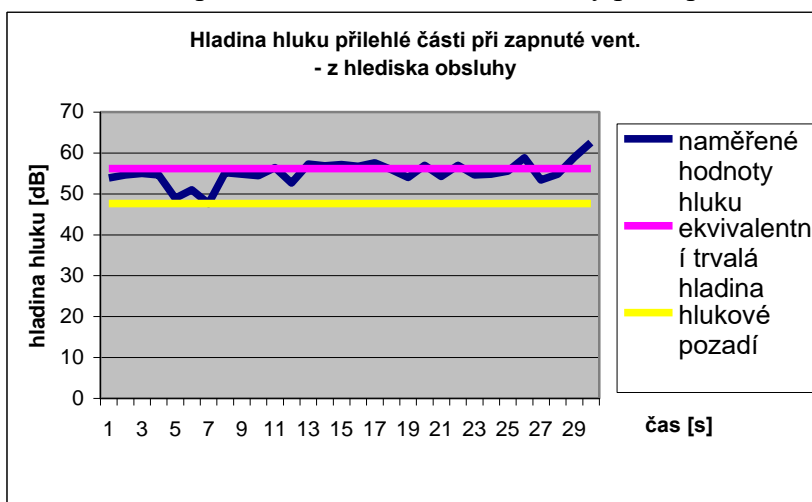
6.3.1.2. Hluk ve stáji z hlediska skotu při zapnuté ventilaci



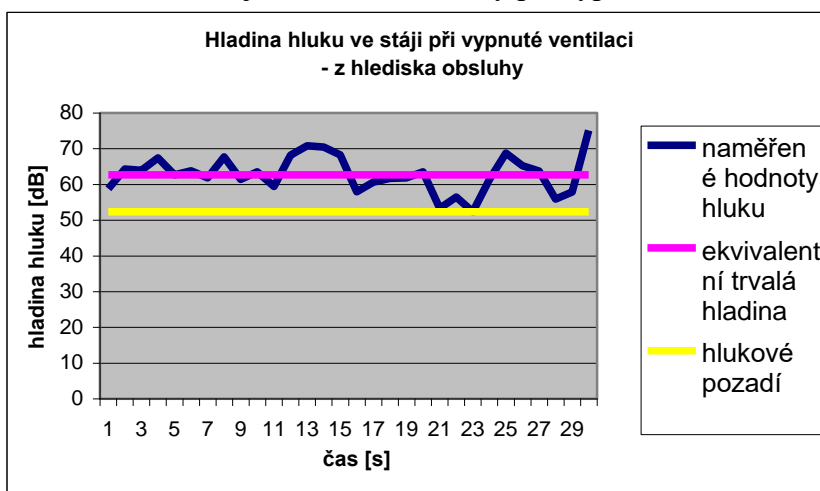
6.3.1.3. Hluk v přilehlé části z hlediska obsluhy při vypnuté ventilaci



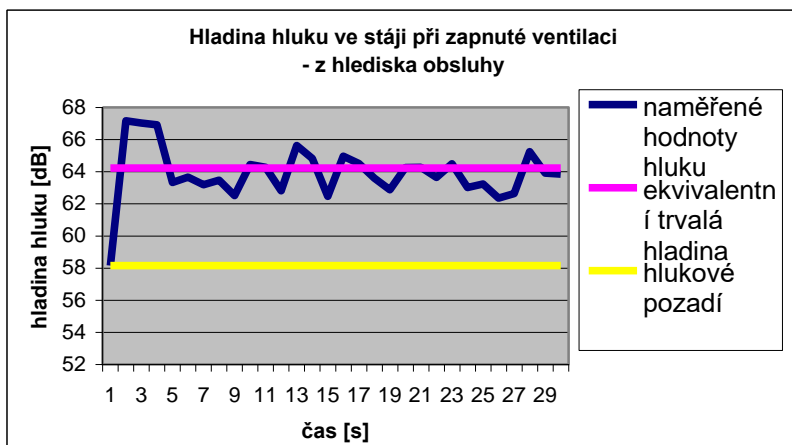
6.3.1.4. Hluk v přilehlé části z hlediska obsluhy při zapnuté ventilaci



6.3.1.5. Hluk ve stáji z hlediska obsluhy při vypnuté ventilaci

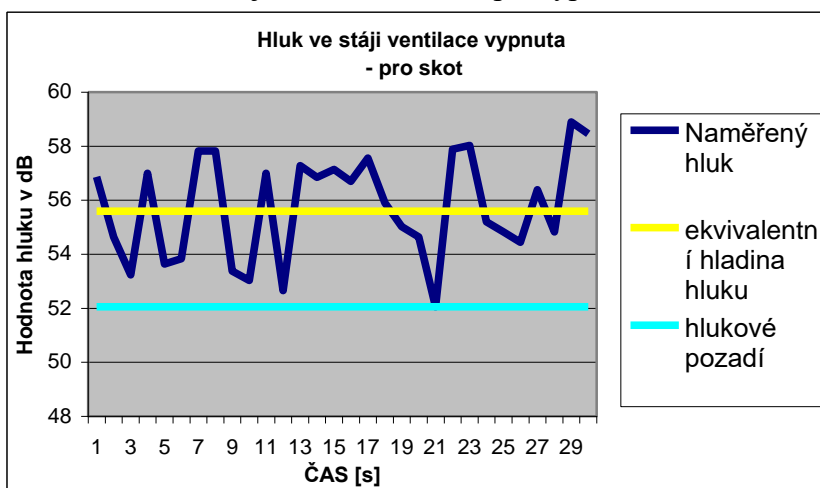


6.3.1.6. Hluk ve stáji z hlediska obsluhy při zapnuté ventilaci

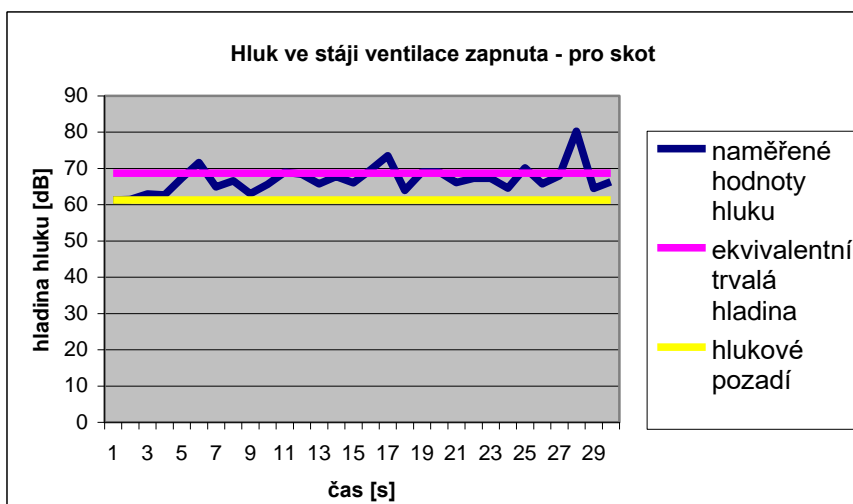


6.3.2. Hluk v kravíně Doudleby

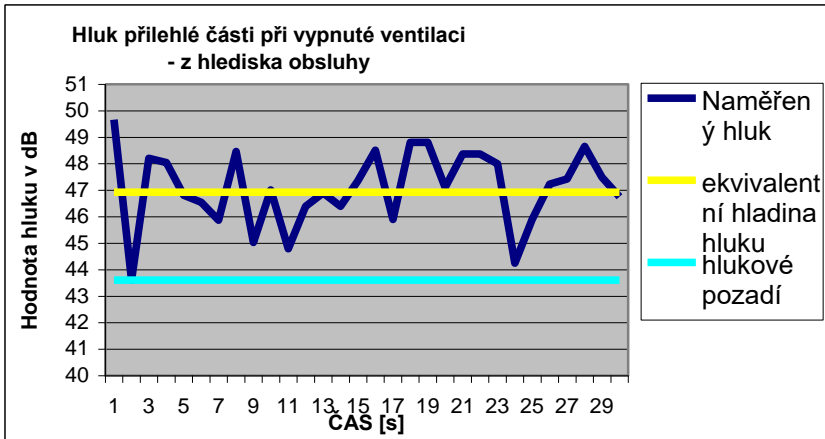
6.3.2.1. Hluk ve stáji z hlediska skotu při vypnuté ventilaci



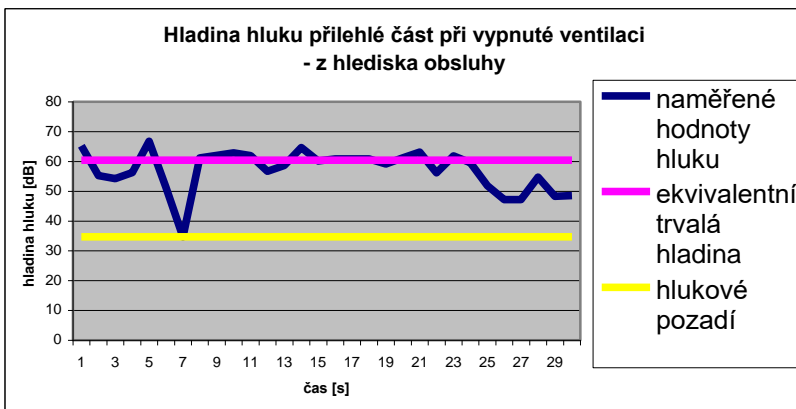
6.3.2.2. Hluk ve stáji z hlediska skotu při zapnuté ventilaci



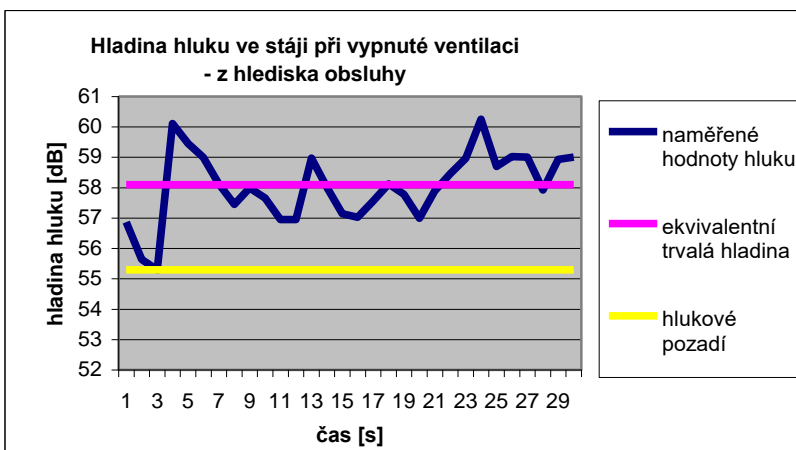
6.3.2.3. Hluk v přilehlé části z hlediska obsluhy při vypnuté ventilaci



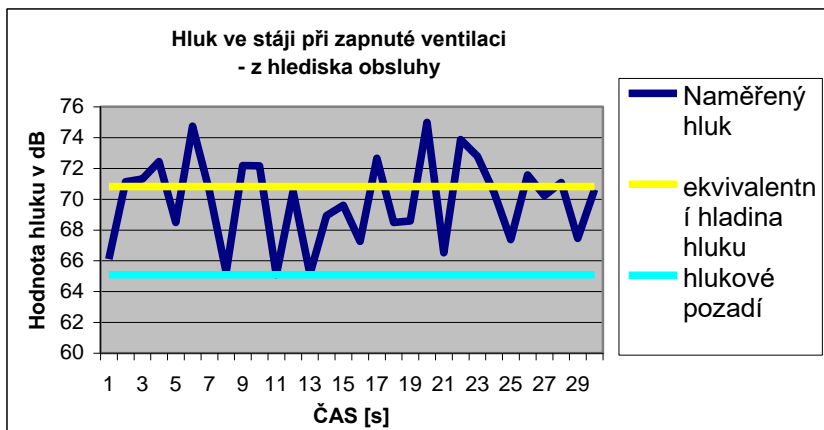
6.3.2.4. Hluk v přilehlé části hlediska obsluhy při zapnuté ventilaci



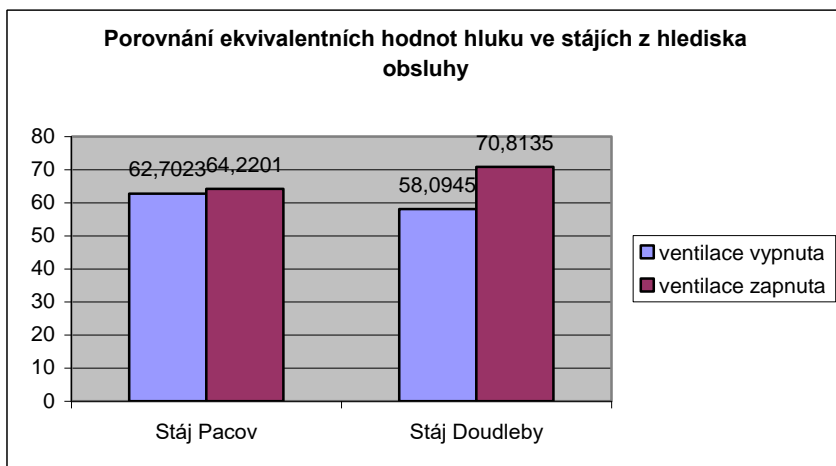
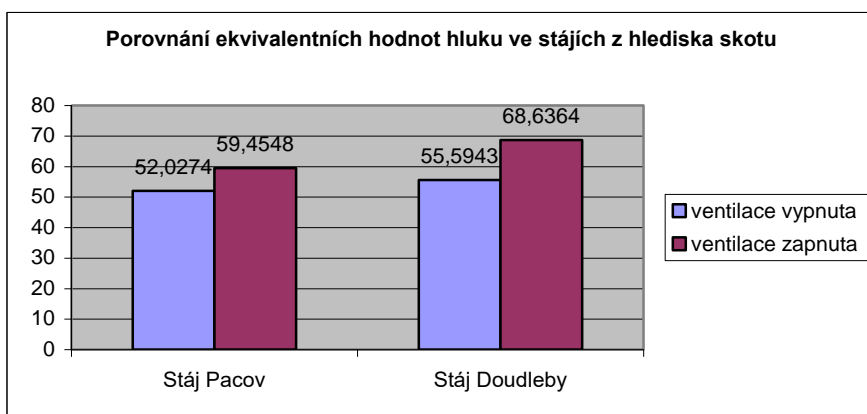
6.3.2.5. Hluk ve stáji hlediska obsluhy při vypnuté ventilaci



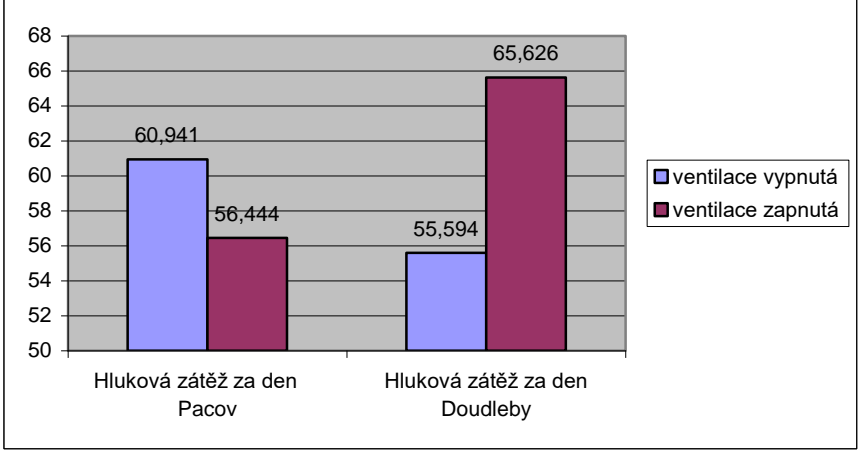
6.3.2.6. Hluk ve stáji hlediska obsluhy při zapnuté ventilaci



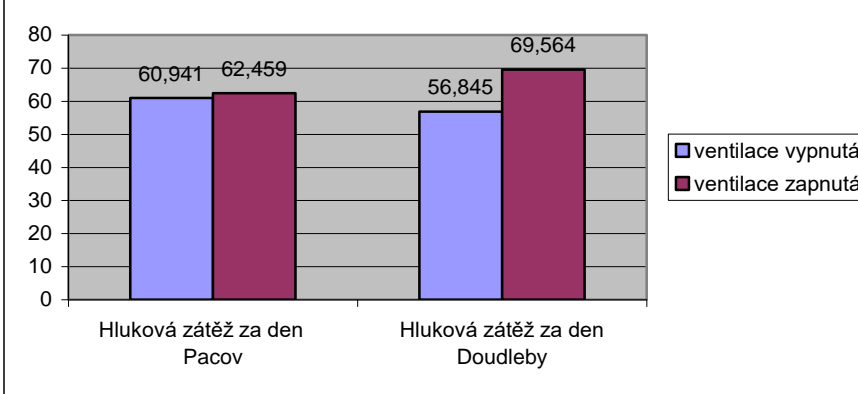
6.3.3. Grafické porovnání obou podniků



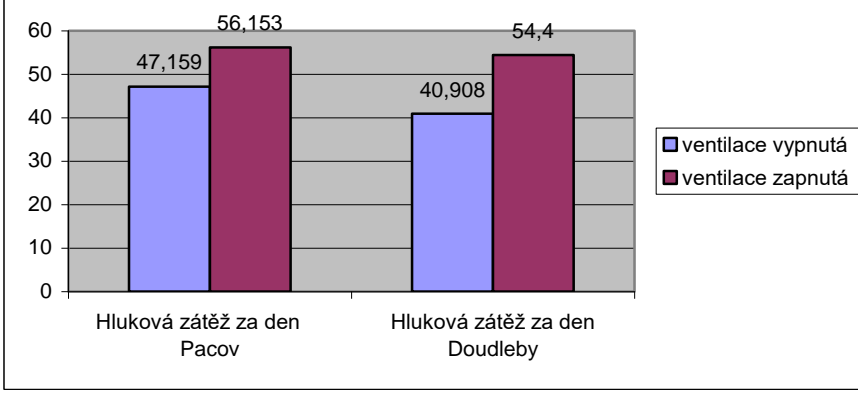
Hluková zátěž za den - z hlediska skotu



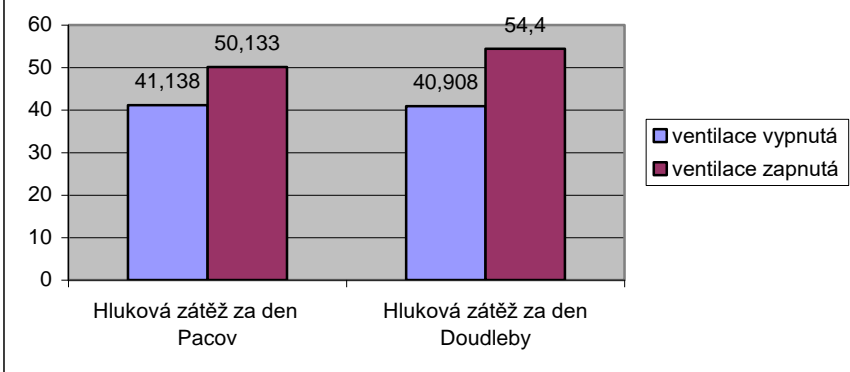
Hluková zátěž ve stáji za směnu z hlediska obsluhy



Ekvivalentní hladina hluku v přilehlé oblasti - pro obsluhu



Hluková zátěž v přilehlé oblasti za směnu



7. VYHODNOCENÍ, DISKUSE

Z dosažených výsledků měření hluku působícím při zapnutém ventilačním zařízení v kravírnách a dojárnách vyplývá, že použité stroje vykazují podobné hodnoty hladiny hluku u lidí i u zvířat. K vyhodnocení slouží tabulky, které jsou uvedeny v kapitole Hodnoty působení hluku na organismus.

7.1 Hlukové expozice v kravíně Pacov

Při měření hluku v okolí stáje, kdy byl hluk hlavně způsobován automobily na nedaleké komunikaci, nastal patrný nárůst hluku při zapnutí ventilačního zařízení. Ve stavu kdy bylo zařízení vypnuté byla naměřena ekvivalentní hladina hluku pro pracovníky 47,15 dB a pro skot 56,10 dB. Maximální hodnota hluku činila pro pracovníky 48,83 dB a pro skot 57,67 dB. Při zapnuté ventilaci byla ekvivalentní trvalá hladina hluku pro obsluhu 56,15 dB a pro skot 62,71. Maximální hodnota hluku činila pro pracovníky 62,50 dB a pro skot. 71,86 dB. V případě obsluhy jsou tyto hodnoty vyhovující a nemají žádný vliv na organismus, z hlediska skotu je měření hluku v okolí stáje nepodstatné, skot se v těchto prostorech vyskytuje velmi zřídka (přemístění, útěk apod.), a proto je pouze orientační a doplňkové. .

Druhé měření bylo důležitější, byla měřena hladina hluku stáje při pobytu skotu, měření bylo opět provedeno dvakrát při vypnutém i zapnutém stavu ventilačního zařízení. Při stavu vypnutém, kdy hluk byl způsobován pouze aktivitou skotu byly naměřeny hodnoty, ekvivalentní trvalá hladina hluku pro skot 52,05 dB a pro obsluhu 62,70 dB maximální hodnota hluku dosáhla hodnoty 57,93 dB pro skot a z hlediska obsluhy 68,23. Žádná z těchto hodnot nemá nepříznivý vliv na organismus skotu po adaptaci na danou expozici hluku. Při zapnuté ventilaci byla ve stáji z hlediska skotu naměřená ekvivalentní hladina hluku 59,45 dB a maximální hladina hluku 65,50 dB, pro obsluhu byla ekvivalentní trvalá hladina hluku 64,22 dB a maximální hladina hluku 67,16 dB. Je zřejmé že při zapnuté ventilaci byly hodnoty naměřeného hluku podstatně vyšší než při stavu kdy bylo zařízení vypnuto. Měření z ohledu obsluhy bylo prováděno přibližně ve výšce hlavy obsluhy, vzhledem k tomu že ventilační zařízení instalované v kravíně selekty Pacov je celkem moderní a splňuje přísné normy ISO a ČSN. [13] Třetí měření jsem prováděl v separované dojárně. Dojení je zde prováděno automatickým dojícím robotem od německé firmy Lely s označením Astronaut. V této části objektu jsem měřil pouze kritické hodnoty při zapnuté ventilaci a právě probíhajícím dojení. Hladina zvukového pozadí je zde stejná jako při prvním měření. Zde byly naměřeny hodnoty pro skot ekvivalentní trvalá hladina hluku 68,17 dB, a maximální hladina hluku 73,77 dB. Pro obsluhu pak 70,93 dB činila ekvivalentní trvalá hladina hluku a maximální hladina hluku byla 74,25 dB. Z těchto naměřených hodnot je zřejmé že jejich hodnota přesahuje hygienické předpisy a dochází zde ke stresovému působení hluku na organismus pracovníků a skotu. Pozitivní je skutečnost že organismus není těmito hodnotám vystaven dlouhou dobu. Navíc vzhledem k tomu že je dojící robot plně automatizovaný je přítomnost obsluhy při této operaci jen sporadická.

7.2. Hlukové expozice v kravíně v Doudlebech

Druhým zemědělským podnikem ve kterém jsem provedl měření byl kravín v Doudlebech. Měření jsem opět prováděl ve stáji v okolí a to při vypnuté i zapnuté ventilaci. První měření jsem provedl v přilehlé části kravína, ventilační zařízení bylo vypnuté. Pro obsluhu byla naměřena ekvivalentní hladina hluku 46,92 dB a pro skot 48,20 dB. Maximální hodnota hluku činila pro pracovníky 49,66 dB a pro skot 51,22 dB. Při zapnuté ventilaci byla ekvivalentní trvalá hladina hluku pro obsluhu 60,42 dB a pro skot 60,90 dB. Maximální hodnota hluku činila pro pracovníky 66,74 dB a pro skot. 62,64 dB. Při vypnuté ventilaci byly naměřeny hodnoty které nemají nepříznivý vliv na organismus, avšak při zapnuté ventilaci došlo k nárůstu hodnot a z hlediska skotu i obsluhy je maximální hodnota hluku nebezpečná a může mít za následek nepříznivé působení na organismus. Druhé měření bylo provedeno ve stáji, při pobytu skotu, měření bylo opět provedeno dvakrát při vypnutém i zapnutém stavu ventilačního zařízení. Při stavu vypnutém, kdy hluk byl způsobován pouze aktivitou skotu byly naměřeny hodnoty, ekvivalentní trvalá hladina hluku pro skot 55,59 dB a pro obsluhu 58,09 dB, maximální hodnota hluku dosáhla hodnoty 58,89 dB pro skot a z hlediska obsluhy 60,32 dB. Žádná z těchto hodnot nemá nepříznivý vliv na organismus skotu po adaptaci na danou expozici hluku. Při zapnuté ventilaci byla ve stáji z hlediska skotu naměřená ekvivalentní hladina hluku 68,63 dB a maximální hladina hluku 80,25 dB, pro obsluhu byla ekvivalentní trvalá hladina hluku 70,81 dB a maximální hladina hluku 74,98 dB. Je zřejmé že při zapnuté ventilaci byly hodnoty naměřeného hluku podstatně vyšší než při stavu kdy bylo zařízení vypnuto. Tyto hodnoty naměřeného hluku působí stresově na organismus pracovníků i ustájeného skotu. Ventilační zařízení tohoto podniku je zastaralé a potřebovalo by inovaci. Z výpovědi jednoho z pracovníků vyplynulo že vzhledem k technickému stavu ventilace je toto zařízení používáno jen sporadicky, nebo při teplotách přesahujících 30 °C. Obsluha i skot proto nejsou těmto vysokým hodnotám hluku nejsou vystaveny po dlouhá období. Avšak může se stát že dochází u zvířat ke stresu z horka přehřátím. Látková výměna a tím i mléčná produkce klesají. Je známo že krávy potřebují při teplotách nad 20°C kontinuální proudění vzduchu k udržení vysoké mléčné produkce. [10]

8. ZÁVĚR

Cílem této závěrečné bakalářské práce bylo posouzení a vyhodnocení hlukové expozice ventilačních zařízení v kravínech. Z dosažených a naměřených výsledků při měření hluku ventilace v kravínech Selektu Pacov a Doudleby lze konstatovat níže uvedené závěry.

V kravíně Pacov bylo provedeno celkem deset měření. Ekvivalentní trvalou hodnotu hluku 60 dB bylo přesáhnuto hned několikrát a to jak z hlediska skotu tak i obsluhy. Poprvé při měření v blízkosti stáje při zapnuté ventilaci, avšak tyto naměřené hodnoty jen těsně přesáhly hranici 60 dB a byly ovlivněny nedalekou silniční komunikací kde byl v době měření rušný provoz nákladních automobilů a těžké techniky pracující na stavbách sousedících s podnikem. Hranice 60 dB bylo také překročeno u měření stáje z hlediska obsluhy při zapnuté ventilaci, což může mít nepříznivý vliv na organismus obsluhy. Nejvyšších hodnot bylo dosaženo při měření v separované dojárně s dojícím robotem. Zde bylo dosaženo hodnot přesahujících hygienické předpisy. Je však třeba podotknout že tento hluk nebyl způsoben hlukem ventilace která je předmětem této práce, hluková expozice oběhových ventilátorů zavěšených ve stáji zde mikroklima nenarušovala. Dále je také nutno říci že tato operace netrvá příliš dlouho, v průměru okolo 10 minut. Celková hluková zátěž proto není tak vysoká jako ekvivalentní hladina hluku. Navíc z hlediska obsluhy je čas strávený v prostoru dojení téměř zanedbatelný, celý proces je plně automatický a člověk už provádí pouze kontrolní funkci u počítače umístěného v kanceláři podniku. V případě vyšších hodnot naměřených při zapnuté ventilaci ve stáji lze navrhnout několik opatření pro snížení hlukové expozice. Velice schůdné se zde jeví snížení hlukového pozadí, v tomto případě lze doporučit vysazení rychle rostoucích dřevin do prostoru mezi komunikací a stáj, tím by došlo k podstatnému snížení a pohlcení hluku z dopravy. Jako rostlinný materiál se jako výhodnější nežli rychle rostoucí opadavé rostliny jeví možnost výsadby stále zelených tují jejichž hluková účinnost se projevuje celoročně. Jako další jednoduché opatření navrhuji ve směru ke komunikaci trvale uzavřít objekt stáje vraty. Dalším ekonomicky a realizačně přijatelným východiskem je zakoupení a používání zvukovodových chráničů pro obsluhu, jako jsou například plastické či rezonanční zátky s tvarovou pamětí nebo mikrovata. Pro pracovníky je stanovena hranice expozice hluku 85 dB. Při překročení hodnoty 85 dB musí být pracovníkům poskytnuty osobní ochranné pracovní pomůcky a prostředky. V kravíně v Doudlebech z osmi provedených měření nevyhovovala ekvivalentní trvalá hladina hluku během měření hluku zapnuté ventilace ve stáji při pobytu skotu i pracovníků. Ventilační zařízení tohoto podniku je zastaralé a potřebovalo by inovaci. Z výpovědi jednoho z pracovníků vyplynulo že vzhledem k technickému stavu ventilace, je toto zařízení používáno jen sporadicky, nebo při teplotách přesahujících 30 °C. Obsluha i skot proto nejsou těmto vysokým hodnotám hluku vystaveny po dlouhá období. Avšak může se stát že dochází u zvířat ke stresu z horka přehřátím. Látková výměna a tím i mléčná produkce klesají. Je známo že krávy potřebují při teplotách nad 20°C kontinuální proudění vzduchu k udržení vysoké mléčné produkce.

Ostatní naměřené hodnoty nepřesahovaly hranici 60 dB, která by nepříznivě působila na organismus.

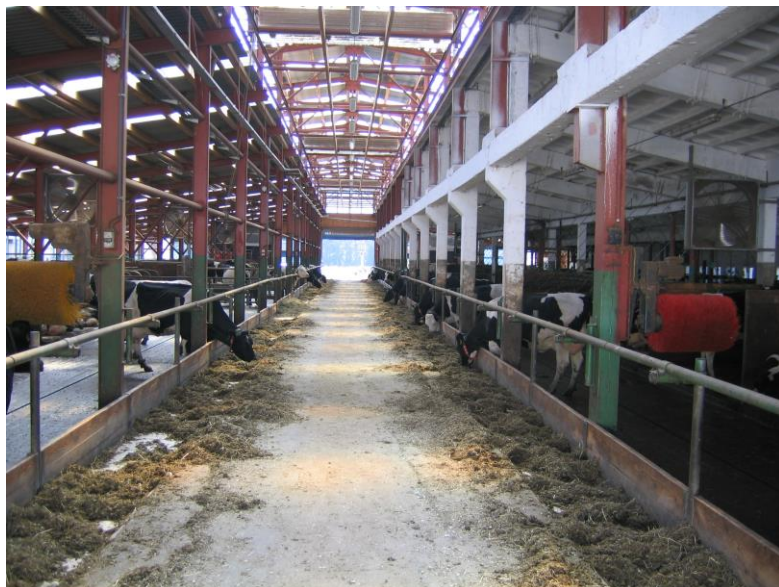
Závěrem je možné konstatovat, že ani v jednom případě měření nebyla překročena zákonem stanovená hranice expozice hluku 85 dB. V porovnání expozice hluku ventilačního zařízení obou zúčastněných podniků jasně vítězí kravín Selektu Pacov, který je opravdu moderním zařízením a zde nainstalovaná ventilační zařízení jsou velkým přínosem pro udržení stále příznivého klimatu a tím i vysoké dojivosti a produkce mléka. Podnik v Doudlebech by měl do budoucna naplánovat nákup nové ventilační techniky která by zajistila příznivé podmínky pro skot a obsluhu v teplých letních dnech. Jako vhodnou variantu bych vzhledem ke stávající kompozici stáje volil odtahový ventilátor umístěný ve stěně, který vzduch z budovy vytahuje ven.

9. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví. 1 vyd. Praha 1990
- [2] Nový, R.: Hluk a chvění. 1.vyd. Praha 1995.
- [3] Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace – měření a hodnocení. 1. vyd1 Praha 1998
- [4] Noise – Hluk a zdraví, Státní zdravotní ústav Praha 2001
- [5] Mechanizácia a automatizácia živočíšnej výroby, P. Ducho a kol. 1990
- [6] Technologická zařízení staveb živočišné výroby, M. Příkryl a kol. vyd. Praha 1997
- [7] (Berglund, B., Zamoření dopravním hlukem a zdraví. Třetí vládní konference o životním prostředí a zdraví v londýně, VB, 16.-18. června 1999)
- [8] Hauptman, J. a kol.: Etologie hospodářských zvířat, Praha 1972, Státní zemědělské nakladatelství, s. 294
- [9] Němec, Jaroslav – ZADRAŽIL, Oldřich – KOZÁK, Jan aj.: Měření hluku a chvění I díl, Praha, Dům techniky ČSVTS 1983, 134 s.
- [10] M. Příkryl a kol.: Technologická zařízení staveb živočišné výroby, Praha 1997
- [11] Sbírka zákonů č. 502/2000 – Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, 27. listopadu 2000
- [12] [www. Arntjen.de](http://www.Arntjen.de)
- [13] ČSN ISO 9612 Akustika – směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Praha, ČNI 2000: 28 s.

10. PŘÍLOHY

Fotografie SELEKTY Pacov a.s.



fotografie z kravína Doudleby

