

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Katedra rostlinné výroby a agroekologie

Studijní program: ZEMĚDĚLSKÉ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: AGROEKOLOGIE

Diplomová práce

Téma

**Monitoring hlukové zátěže lidských obydlí
způsobené provozem farmy pro chov skotu**

Vedoucí práce

Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor

Bc. Luboš Behenský

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma Monitoring hlukové zátěže lidských obydlí způsobené provozem farmy pro chov skotu jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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

V Klatovech 15. března 2010

Luboš Behenský

Poděkování

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

Hlavní dík patří řediteli Zemědělského družstva Koryta panu Ing. Andreji Sabolovi, který mi umožnil měření hlukové zátěže způsobované stájí dojnic družstva. Dále panu Radku Kůrovi, který mi byl po celou dobu nápomocen a velice ochotně poskytoval informace o časovém rozvrhu dění v objektu. Mé poděkování patří i personálu stáje a obsluze strojních souprav, která strpěla moji přítomnost a dotazování během práce.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Michalu Houdovi, Ph.D. za úvod do světa softwaru „R“ a Dr. Robertu W. Baerovi, Ph.D. za nezištnou odpověď na dotaz týkající se zpracování grafu v „R“.

Rovněž děkuji vedoucí diplomové práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za trpělivost, odborné vedení a cenné rady.

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární rešerše.....	10
2.1 Akustika.....	10
2.2 Členění akustiky.....	10
2.3 Základy akustiky.....	11
2.3.1 Kmitavý pohyb.....	11
2.3.2 Základní veličiny kmitavého pohybu.....	12
2.3.2.1 Perioda.....	12
2.3.2.2 Frekvence.....	13
2.3.2.3 Maximální výchylka.....	13
2.3.2.4 Okamžitá výchylka.....	13
2.3.3 Vlnění v pružném prostředí.....	13
2.3.4 Základní veličiny vlnění v pružném prostředí.....	14
2.3.4.1 Amplituda.....	14
2.3.4.2 Vlnová délka.....	15
2.3.4.3 Rychlost šíření (rychlost zvuku).....	15
2.3.4.4 Akustický tlak.....	17
2.3.4.5 Akustický výkon.....	18
2.3.4.6 Akustická intenzita.....	18
2.4 Zvuk.....	18
2.4.1 Fyzikální vlastnosti zvuku.....	19
2.4.1.1 Odraz a pohlcování zvuku.....	19
2.4.1.2 Ohyb zvuku.....	20
2.4.1.3 Vliv atmosféry a vegetace.....	21
2.4.2 Vnímání zvuku.....	22
2.4.2.1 Weber-Fechnerův psychofyzikální zákon.....	22

2.4.2.2	Hladiny akustických veličin.....	22
2.4.2.3	Fyzikální (objektivní) akustické hladiny.....	23
2.4.2.4	Fyziologické akustické hladiny, hlasitost	26
2.5	Lidský sluch.....	27
2.5.1	Citlivost ucha	27
2.5.2	Stavba ucha.....	28
2.5.3	Teorie slyšení.....	30
2.5.4	Zvuk a jeho druhy	31
2.6	Hluk.....	31
2.6.1	Zdroje hluku.....	31
2.6.2	Typy hluku.....	32
2.6.2.1	Hodnocení proměnných hluků	33
2.6.3	Dělení hluku podle působení	33
2.6.4	Aspekty lidského zdraví	34
2.6.4.1	Účinky hluku na sluch.....	34
2.6.4.2	Mimosluchové účinky.....	35
2.6.4.3	Ekonomický dopad	35
2.6.5	Legislativa v oblasti hluku.....	35
2.6.6	Hluková situace v České republice a v Evropě.....	36
2.6.7	Měření hluku.....	38
2.6.8	Boj proti hluku, prostředky snižování hluku	39
3.	Cíl práce	41
4.	Metodika práce.....	42
4.1	Vybraná lokalita	42
4.1.1	Historie lokality	42
4.1.2	Současnost	43
4.1.3	Zvolený objekt	45

4.2 Metodika měření.....	46
4.2.1 Legislativní prameny	46
4.2.2 Základní pojmy	46
4.2.3 Místa příjmu.....	47
4.2.4 Měření hluku.....	51
4.2.5 Měřicí souprava a kalibrace.....	52
4.2.6 Meteorologické podmínky	53
4.2.7 Základní akustické deskriptory	53
4.2.8 Nejistoty měření.....	54
4.2.9 Hodnocení výsledků	55
4.2.10 Hygienické limity hluku	59
5. Výsledky	62
5.1 Místo příjmu 1	62
5.2 Místo příjmu 2	71
5.3 Místo příjmu 3	80
5.4 Souhrn výsledků, výsledky pro referenční časové intervaly	89
5.5 Výsledky doplňujících měření.....	92
6. Diskuze.....	95
6.1 Místo příjmu 1	95
6.2 Místo příjmu 2	98
6.3 Místo příjmu 3	101
6.4 Souhrn zjištění	103
7. Závěr	107
8. Přehled použité literatury	108

1. Úvod

Současná podoba moderního světa, v němž žijí obyvatelé této planety je v důsledku jejich činností a aktivit zatížena velkým množstvím nepůvodních antropogenních faktorů. Tyto faktory působí na své okolí, celé životní prostředí a v důsledku toho i na samotné organismy, které se v něm vyskytují. Současný růst lidské populace vede ke gigantické potřebě zdrojů, jejichž přísun je nezbytný pro fungování společnosti. S tím souvisí rozvoj průmyslu, energetiky, budování složité infrastruktury a kolonizace nových území zástavbou.

Doba průmyslové revoluce a netečnosti lidstva vůči svému okolí naštěstí pominula a člověk si uvědomuje, že životní prostředí je klíčovým prvkem pro budoucnost příštích generací. Hlavní pozornost se v dnešní době upírá ke globálním problémům světa a není se co divit. Vždyť každý ve vyspělém a globalizovaném západním světě zažívá dnes a denně důkladnou mediální masáž, kdy jsou prezentovány ty nejhorší katastrofické scénáře o globálním oteplování, v jehož důsledku stoupá hladina oceánů, mílovými kroky ustupují, tají ledovce a hrozí zastavení Golského proudu. Na mezinárodní úrovni jsou pak prosazovány limity produkce CO₂ jako hlavního skleníkového plynu s miliardovými náklady na jejich snížení.

Problémů má však naše životní prostředí mnohem více, zejména na regionální a především místní úrovni. Problémů palčivých a aktuálních, z nichž s mnohými se lze vypořádat nebo proti nim bojovat s daleko menšími náklady a úsilím.

S vyšší úrovní působení negativních faktorů prostředí můžeme počítat u obyvatel velkých měst, kde dochází k jejich vysoké koncentraci. Masy obyvatel světových metropolí jsou tak vystaveny působení exhalací z průmyslu a zejména neustále rostoucí intenzitě silniční dopravy, která v současné době představuje jeden z nejvýznamnějších problémů. S množstvím technických zařízení, které z podstaty svého fungování rozechvívají částice okolí, roste i síla vyvolaného negativního vjemu člověka. Tím vjemem je hluk.

Tématu hluku bych se rád věnoval v této práci, neboť je podle mého názoru významným faktorem, který je v mnoha případech opomíjený a pokud není zvukový vjem tak silný, aby vyvolal bolest sluchového orgánu, často mu není věnována pozornost. Je totiž brán jako samozřejmost, jako něco s čím je nutné se smířit

a to zvláště ve městech, kde je nejvýznačnějším zdrojem hluku všudypřítomná pozemní doprava. Hluk však není radno podceňovat, jak dobře ví minimálně všichni akustici, kteří se jím zabývají, neboť má prokazatelně negativní vliv na lidské zdraví a dalo by se říci, že jej lze považovat za zákeřný. Podstatou této zákeřnosti je, že se jeho účinek obvykle neprojevuje okamžitě. Literatura uvádí kromě možnosti přímého poškození sluchového aparátu člověka i řadu dalších účinků na celý organismus a jeho funkce. Důkazem, že už lidé v dávných dobách si byli vědomi jeho nebezpečnosti je následující citovaná pasáž:

„Do široké škály způsobů, jimiž lze odsouzenec na smrt poslat na věčnost, přispěli kdysi dávno svou rafinovanou specialitou i Číňané. Provinilce přivazovali pod velký zvon, který kat posléze rozhoupal. O další se už postaraly zvukové vlny: vyvolaly v organismu tak silný stres, že ochromil krevní tlak, oběh i dýchání, takže člověk zanedlouho v bolestech zemřel. Už tenkrát Číňané věděli, že hluk je spolehlivý zabiják (MF DNES, 1998).

Protože zdrojů hluku existuje nepřehledné množství, nikoliv pouze doprava, bude se práce věnovat problematice hlukové zátěže způsobené objekty živočišné výroby. Model stáje situované na okraji obce byl velmi oblíben za minulého režimu. V současné době dochází v menších obcích poblíž větších měst k masivní výstavbě nových domů. Tyto objekty původně na samém okraji obce se tak často přibližují k obytným zónám a mohou představovat obtížný problém pro místní obyvatele.

„Přestože nikdo nepochybuje o tom, že hluk je zlo a že člověku škodí, je většina lidí zároveň přesvědčena, že ten konkrétní hluk, na jehož vzniku se podílí a o jehož šíření rozhoduje nebo jehož působení se sama vystavuje, není ještě tak závažný, aby bylo třeba se opravdu účinně přičinit o jeho omezení...“

(Havránek, 1979)

2. Literární rešerše

2.1 Akustika

Pojem akustika, může být čtenářem chápán jako věda, disciplína, část fyziky, případně její podmnožina. Autoři odborných publikací definují akustiku ve svých pracích například takto:

Akustika je rozsáhlý vědní obor, zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly (Bernat, 2008).

Fyzikálními ději, které jsou spojeny se vznikem zvukového vlnění, jeho šířením a vnímáním zvuku sluchem, se zabývá akustika, patřící mezi nejstarší obory fyziky (Reichl, 2009).

Další autoři věnují samotnému určení pojmu více pozornosti a prohlubují výše uvedené definice.

Podle Geista (2005) vděčí akustika za své jméno řeckému slovu ακοη (akoé) = sluch, ucho, slyšení, zvuk; resp. ακούω – ειν (akuó, akuein) = slyšeti, naslouchati, poslouchati; ακουστός (akustós) = slyšitelný, od něhož je odvozena. Podle tohoto názvu by však mohl vzniknout dojem, že se zabývá vším, co slyšíme, nebo co je slyšitelné, vším co je lidským sluchem přijímané a postižitelné. Takový názor však nepostihuje ani z poloviny oblast, kterou se tato disciplína zabývá. Terén, v němž se akustika pohybuje a který prozkoumává, je daleko širší a rozsáhlejší než terén, který je dostupný lidským sluchovým orgánům.

2.2 Členění akustiky

Reichl (2009) uvádí členění akustiky podle oblasti zájmu:

1. fyzikální akustika – studuje způsob vzniku a šíření zvuku. Dále se zabývá jeho odrazem a pohlcováním v různých materiálech.
2. hudební akustika – zkoumá zvuky a jejich kombinace se zřetelem na potřeby hudby.
3. fyziologická akustika – se zabývá vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímáním v uchu.
4. stavební akustika – zkoumá dobré a nerušené podmínky poslouchatelnosti hudby a řeči v obytných místnostech a sálech.

5. elektroakustika – se zabývá záznamem, reprodukcí a šířením zvuku s využitím elektrického proudu.

Geist (2005) podotýká, že oblast, kterou akustika studuje, je velmi rozsáhlá. Je na ni zaměřená řada vědních disciplín, jako například akustika fyzikální, akustika prostoru, fyziologická, fonetická, hudební, psychologická, stavební, technická, kvantová, akustika hluku, pevných těles, elektroakustika, bioakustika, hydroakustika a další.

2.3 Základy akustiky

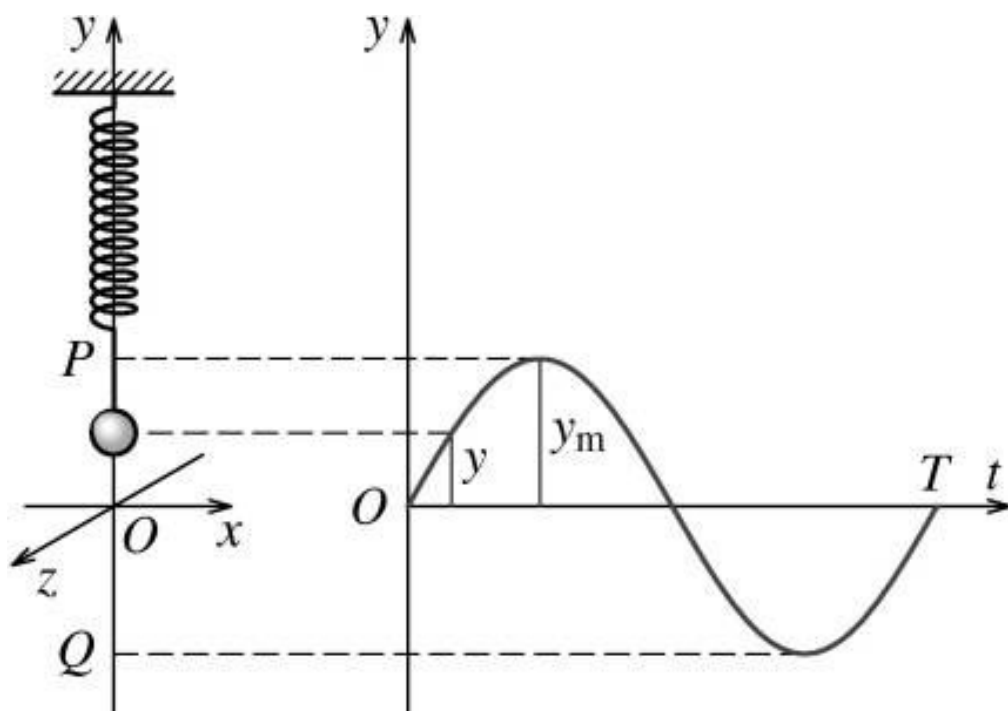
Základní poznatky o akustice shrnuje oblast fyziky zvaná fyzikální akustika, jenž se zabývá fyzikálními vlastnostmi a zákony zvukového vlnění (Mechlová, 1999).

2.3.1 Kmitavý pohyb

Kmitavý pohyb je podle Bernata (2008) fyzikální děj, u něhož se v závislosti na čase střídavě (periodicky) mění charakteristické veličiny, např. poloha, rozměr, tlak, rychlost apod.

Fyzika rozlišuje dva základní typy pohybu: po přímce (přímočarý) a po křivce (kruhový, eliptický aj.) Oba tyto pohyby lze jako kmitání přímo interpretovat (Srový, 2008).

Nejjednodušší je periodický pohyb sinusového (tj. harmonického) průběhu, který lze jednoduše znázornit kmitavým pohybem na pružině zavěšeného tělíska, např. kuličky (viz obrázek 1) (Bernat, 2008).



Obrázek 1 – Kmitavý pohyb tělesa na pružině (Geist, 2005)

Jednoduchý pokus dokumentuje ve své publikaci Geist (2005): Upevníme-li nějakou pružinu (ocelové péro) na jednom konci a druhý volný konec vychýlíme (udělíme mu určitou energii) do bodu Q, zjistíme, že se tato pružina vrací zpět přes bod 0 a vychyluje se do opačného směru, do bodu P. Její konec při pohybu do bodu Q (nebo zpět k bodu 0 a z něj do bodu Q) prochází mnoha body a opisuje přitom křivku. To bychom zjistili, kdybychom tento pohyb zpomalili a konec pružiny v těchto bodech zastavili.

2.3.2 Základní veličiny kmitavého pohybu

Bernat (2008) charakterizuje kmitavý pohyb následujícími fyzikálními veličinami (viz obrázek 1):

2.3.2.1 Perioda

Perioda T – čas, za který soustava provede jeden kmit (koncový bod vektoru oběhl celou kružnici 0° až 360° ; podle obrázku 1 z bodu 0 přes bod P, Q a zpět do bodu 0).

2.3.2.2 Frekvence

V akustice se místo periody častěji používá počet period za jednotku času (sekundu) a označuje se f – frekvence. Její jednotkou je 1 Hz – počet kmitů za sekundu, podle fyzika Hertze.

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

kde:

f ...frekvence [Hz]

T ...perioda [s]

2.3.2.3 Maximální výchylka

Maximální výchylka (amplituda) y_m (také bývá značena jako A) – největší vzdálenost, o kterou se soustava vychýlí od rovnovážné polohy (poloměrem kružnice, po které obíhá koncový bod vektoru).

2.3.2.4 Okamžitá výchylka

Okamžitá amplituda y (také bývá značena jako a) – vzdálenost soustavy od rovnovážné polohy ve sledovaném okamžiku t .

2.3.3 Vlnění v pružném prostředí

Nejjednodušším pokusem znázorňujícím vlnění v pružném prostředí je vhození kamene do vody (Geist, 2005). Po jeho dopadu vznikají na jinak klidné hladině vlny, které se šíří vodivým prostředím na všechny strany.

Mechanické vlnění se šíří pružným prostředím, přičemž částice prostředí konají kmitavý pohyb. Kmitající částice má určitou mechanickou energii. Šíří-li se vlnění od jedné kmitající částice (zdroje) do prostředí, které bylo v klidu, není to možné jinak, než že ve směru šíření vlnění postupuje energie. Tato energie postupuje stále, dokud se vlnění šíří, neboť kdyby zdroj ustal v dodávání vlnivé energie, v prostředí by nastal klid (Kašpar, 1971).

Mechanická energie kmitajících částic se v prostředí přenáší prostřednictvím akustických vln. Vlnění od zdroje postupuje ve vlnoplochách ve směru zvukového paprsku. Vlnoplochy jsou plochy v prostoru se stejnými akustickými veličinami (Mišun, 2005).

Bernat (2008) doplňuje, že ve volném prostoru se vlny šíří od zdroje všemi směry volně. Je-li zdroj zvuku malý (bodový), mají vlnoplochy tvar koule, je-li zdrojem např. rozměrná deska, jsou vlnoplochy rovinné (za rovinné považujeme i vlnoplochy ve velké vzdálenosti od bodového zdroje, poloměr pomyslné koule už je tak velký, že její výseč ve sledovaném bodě může být nahrazena rovinnou plochou).

Tyto vlny (viz obrázek 2) vznikají periodicky se opakujícím kmitáním (chvěním) částic (stejně jako jakéhokoliv pružného tělesa), které se projevuje rovněž změnami tlaku (Geist, 2005).

Vlivem vzruchu, který je generován zdrojem, se částice vzduchu v některých místech prostoru navzájem přibližují a vzdalují, tím vzniká jejich zhuštění nebo zředění (přetlak, podtlak) (Bernat, 2008).

Jak dále uvádí Mišun (2005), částice kmitají kolem svých rovnovážných poloh a zásadně se nepohybují se šířící se vlnou. Podle toho, zda částice kmitají ve směru vlnění nebo kolmo k němu, dělíme vlnění na:

- podélné
- příčné

U plynů a kapalin se vyskytuje pouze vlnění podélné, neboť tyto látky jsou pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti. U materiálů pevných se vyskytuje vlnění podélné i příčné, protože tyto materiály vykazují pružnost nejenom v tahu a tlaku, ale i ve smyku.

2.3.4 Základní veličiny vlnění v pružném prostředí

Základní veličiny, které charakterizují vlnění v akustickém prostředí a zvukovou vlnu jsou (viz obrázek 2):

2.3.4.1 Amplituda

Amplituda A – absolutní hodnota největší výchylky (maximální výchylka) (Reichl, 2009).

2.3.4.2 Vlnová délka

Vlnová délka λ , která určuje vzdálenost dvou nejbližších bodů vlny se stejnou fází a amplitudou, je dána vztahem (Bernat, 2008).

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{T} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

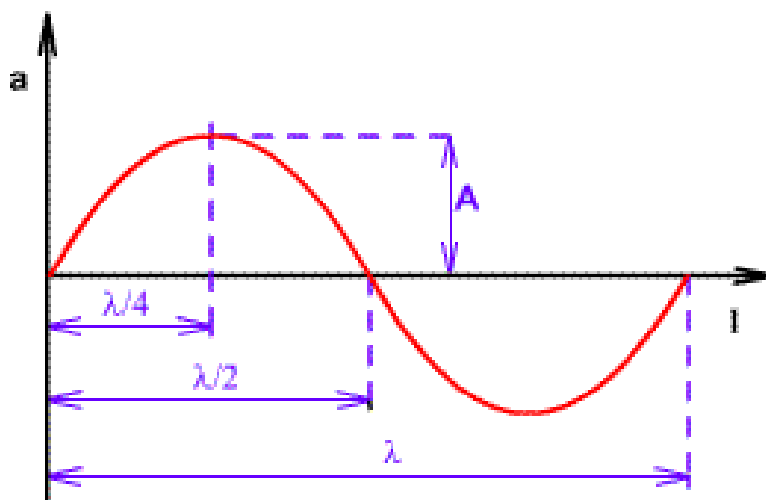
kde:

λ ... vlnová délka [m]

c ... rychlost šíření vlnění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

f ... frekvence [Hz]

T ... perioda vlnění [s]



Obrázek 2 – Charakteristické parametry harmonické zvukové vlny (Bernat, 2008)

2.3.4.3 Rychlost šíření (rychlost zvuku)

Rychlost šíření akustických vln c – závisí na fyzikálních vlastnostech prostředí (Syrový, 2008).

Pro rychlost šíření podélných akustických vln v tekutinách (plyny a kapaliny) platí vztah (Mišun, 2005):

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (3)$$

kde:

c ... rychlost šíření vlnění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

K ...modul objemové pružnosti kapaliny [Pa]

ρ ...hustota prostředí [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Velikost rychlosti zvuku ve vzduchu podle Reichla (2009) pak závisí na složení vzduchu (nečistoty, vlhkost), ale nejvíce na teplotě. Ve vzduchu o teplotě t má zvuk velikost rychlosti c podle vztahu:

$$c = (331,82 + 0,61\{t\}) \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (4)$$

kde:

c ... rychlost šíření vlnění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

t ... teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

Příklady různých rychlostí šíření akustických vln ve vzduchu jsou uvedeny v tabulce 1. Tabulka 2 pak ukazuje další příklady rychlostí, jimiž se vlnění šíří v různých materiálech.

Tabulka 1 – Rychlost šíření akustických vln ve vzduchu při různých teplotách
(Mikulčák, 2003)

Teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]	Rychlost šíření vlnění [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
-10	325,7
0	331,8
10	337,9
20	344,0
30	350,1

Tabulka 2 – Rychlost šíření akustických vln v jiných prostředích (Mikulčák, 2003)

Médium, v němž se vlnění šíří	Rychlost šíření vlnění [m.s ⁻¹]
Benzín (20 °C)	1 170
Rtuť (25 °C)	1 450
Mořská voda (13 °C)	1 500
Ocel	5 000
Sklo	5 200

2.3.4.4 Akustický tlak

Zhušťování a zředování kmitajících částic prostředí odpovídá zvýšení či snížení tlaku v plynech a kapalinách. To znamená, že celkový tlak v daném prostředí se při šíření vlnění mění, tedy kolísá okolo původního statického nebo barometrického tlaku v ovzduší (Mišun, 2005).

Akustický tlak p představuje proměnnou složku tlaku, která je přičtena k atmosférickému tlaku díky přítomnosti zvuku. V každém bodě se tedy hodnota celkového tlaku bude měnit v čase, a to od atmosférického tlaku o hodnotu tlaku akustického nahoru či dolů. V přírodě se vyskytující hodnoty akustického tlaku za normálních okolností nepřesahují 102 Pa, tedy v krajním případě zhruba 1000x menší hodnotu, než má běžný atmosférický tlak (Bernat, 2008).

Akustický tlak je přímo závislý na amplitudě a přímo úměrný velikosti výchylky y . Efektivní (průměrný, též střední) akustický tlak má menší hodnotu než maximální a vyplývá ze vztahu (Geist, 2005):

$$p_{prům} = \frac{p_{max}}{\sqrt{2}} \quad [\text{Pa}] \quad (5)$$

kde:

$p_{prům}$...efektivní akustický tlak [Pa]

p_{max} ...maximální akustický tlak [Pa]

2.3.4.5 Akustický výkon

Akustická energie, jak je známo, postupuje v prostoru všemi směry a akustický výkon se šířením v prostoru rozptyluje (Geist, 2005).

Akustickým výkonem P nazýváme množství akustické energie procházející za jednotku času myšlenou prostorovou plochou. Pro rovinnou akustickou vlnu platí vztah (Mišun, 2005):

$$P = p \cdot v \cdot S \quad [\text{W}] \quad (6)$$

kde:

P ...akustický výkon [W]

p ...akustický tlak [Pa]

v ...rychlost kmitání částic [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]

S ...plocha [m^2]

2.3.4.6 Akustická intenzita

Pro objektivní hodnocení zvuku byla zavedena akustická intenzita zvuku I , která je definována podílem výkonu zvukového vlnění a plochy, kterou vlnění prochází podle vztahu (Reichl, 2009):

$$I = \frac{P}{S} \quad [\text{W}\cdot\text{m}^{-2}] \quad (7)$$

kde:

I ...akustická intenzita [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

P ...akustický výkon [W]

S ...plocha [m^2]

2.4 Zvuk

Zvukem nazýváme mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu slyšitelnosti lidského ucha, tj. ve frekvenčním pásmu 16–20 000 Hz. Toto mechanické vlnění se šíří konečnou rychlostí daným pružným prostředím. Zvuk se může šířit v plynech, kapalinách i v pevných látkách (Mišun, 2005).

Geist (2005) chápe zvuk jako kmitání a vlnění určitého druhu a charakteru, a to takové, které je významné například pro hudbu. Za vnímatelný zvuk považujeme jakékoliv vlnění pružného prostředí, jehož intenzita a frekvence dosahuje prahu slyšení a stimuluje lidský sluchový aparát k jeho recepci.

2.4.1 Fyzikální vlastnosti zvuku

2.4.1.1 Odraz a pohlcování zvuku

Při dopadu akustické vlny na rovinnou plochu s ideální odrazivostí (akusticky tvrdý povrch) se tato od roviny odráží obdobně, jako se odráží světelný paprsek od zrcadla (Mišun, 2005).

Prakticky ale při každém odrazu zvuku na rozhraní vzduch – pevná látka dojde k odrazu neúplnému, část energie vnikne do pevné látky, zbytek se vrací zpět do prostoru. Z hlediska prostoru je část energie, která vnikla do stěny ztracená – pohlcená, absorbovaná (Kutman, 1991).

Z toho pak vyplývá, že intenzita odraženého (reflektovaného) vlnění I_r je vždy menší než intenzita vlnění dopadajícího na stěnu I_0 . Platí jednoduchý vztah (Reichl, 2009):

$$I_0 = I_r + I_a \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (8)$$

kde:

I_0 ...intenzita vlnění dopadajícího na stěnu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$

I_r ...intenzita odraženého (reflektovaného) vlnění $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$

I_a ... intenzita pohlceného (absorbovaného) vlnění $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$

Kutman (1991) dále zavádí činitele:

$$\text{zvukové odrazivosti (reflexe) } r = \frac{I_r}{I_0} \quad (9)$$

$$\text{zvukové pohltivosti (absorpce) } \alpha = \frac{I_a}{I_0} \quad (10)$$

V tomto případě evidentně platí $r + \alpha = 1$ a je-li jeden ze sčítanců nulový, druhý má maximální hodnotu rovnou jedné. V tom případě se zvuk buď beze zbytku odrazí ($r=1$, v praxi nenastává) nebo beze zbytku absorbuje ($\alpha=1$) (Reichl, 2009).

Výše uvedených poznatků se v praxi využívá při budování protihlukových bariér (viz obrázek 3). Jak uvádí Kutman (1991) celková pohlcená energie závisí nejen na činiteli α , který mají vyšší materiály pórovité (koberce, závěsy, děrované panely), ale i na velikosti pohlcující plochy.



Obrázek 3 – Protihlukové bariéry podél železničního koridoru (Reichl, 2009)

2.4.1.2 Ohyb zvuku

Dopadá-li vlnění na překážku malých rozměrů, lze pozorovat šíření vln i za touto překážkou. Stejně tak je možné pozorovat šíření vln za velkou překážkou, v níž je otvor. Vlnění se za touto překážkou šíří všemi směry, nejen v původním směru. Oba tyto jevy svědčí o tom, že nastal ohyb vlnění (Reichl, 2009).

Ohyb vln za překážkou lze vysvětlit Huygensovým principem o konstrukci následujících vln. Každou vlnu či vlnoplochu lze totiž považovat za soubor nekonečného množství dalších bodových zdrojů, vyzářujících zvuk do všech směrů (Mišun, 2005).

Ohyb vlnění je při určitém rozměru překážky a poloze pozorovatele tím výraznější, čím je vlnová délka vlnění srovnatelnější s rozměrem překážky (nízká frekvence – dlouhá vlna) (Reichl, 2009).

Výše uvedený princip způsobuje, že nízkofrekvenční vlny se ohýbají za překážkou snadněji než vysokofrekvenční, které za ní vytvářejí výraznější akustický stín. Nejvýraznější zeslabení vlnění za bariérou nastává, jestliže je úhel mezi dvěma paprsky, tj. spojnicí akustického zdroje s horní hranou bariéry a spojnicí tohoto vrcholu s pozorovatelem co největší. Prakticky to znamená, aby bariéra byla co nejbližší buď ke zdroji zvuku nebo co nejbližší k pozorovateli za účelem výrazného efektu snížení vlnění (Mišun, 2005).

2.4.1.3 Vliv atmosféry a vegetace

Zvuk se šíří vlněním částic příslušného akustického prostředí. Vedle poklesu akustické intenzity se vzdáleností je akustické vlnění šířící se v atmosféře ovlivňováno řadou dalších faktorů. Například rychlostní a teplotní gradienty akustického prostředí mění směr vlnění, její turbulence akustické pole deformuje a viskozita tekutiny způsobuje pohlcování části akustické energie, tedy absorpci vlnění (Mišun, 2005).

Obecně je možné říci, že pohltivost zvuku ve vzduchu se zvyšuje velmi silně s frekvencí. Např. hladina akustického tlaku tónu o frekvenci 500 Hz klesne na vzdálenosti 2 km v důsledku pohltivosti vzduchu o 4 dB, zatímco hladina akustického tlaku tónu o frekvenci 4000 Hz za stejných podmínek klesne o 73 dB (Reichl, 2009).

Atmosféra tedy působí jako nízkopásmová propust, zeslabující vysoké frekvence. Absorpce zvuku ve vzduchu se mění s frekvencí, vlhkostí a teplotou. Zvýšená absorpce zvuku je při zvyšující se teplotě, naopak se snižuje s vyšší relativní vlhkostí vzduchu (mlha) (Mišun, 2005).

Útlum hladiny zvuku účinkem vegetace se projeví nejvíce u vzrostlého smíšeného lesa, kde na vzdálenosti asi 100 m poklesne u středních frekvencí hladina intenzity zvuku asi o 7 dB. U nízké vegetace (např. tráva) je tento pokles podstatně menší. Podobné účinky mají i protihlukové stěny, pokud jsou dostatečně neprůzvučné a vysoké, tj. pokud způsobí odraz zvuku resp. ohyb zvuku směrem dolů

za překážku. Potom u zvukových vln středních frekvencí je útlum zhruba 10 až 25 dB (Reichl, 2009).

2.4.2 Vnímání zvuku

Máme-li hovořit o lidském vnímání vnějšího světa (a jeho fyzikálních projevu), musíme si uvědomit, že člověk jako živý tvor je individuálním jedincem, kterého nelze fyzikálně jednoznačně popsat. Z toho vyplývá, že veškeré vnímání fyzikálních jevů musí být popsáno biologickými zákony, které nutně mohou být jen určitým přiblížením a musejí mít statistický charakter. Zaznamenáváním vjemů velkého počtu jedinců můžeme pak stanovit reakci průměrného zdravého člověka. Obecně se nemusí jednat jen o vnímání zvuku, člověk podobným mechanismem vnímá teplotu, osvětlení a podobně. Zákon, který lidské vjemy kvantitativně postihuje, se nazývá Weber-Fechnerův (Kutman, 1991).

2.4.2.1 Weber-Fechnerův psychofyzikální zákon

Logaritmickou závislost mezi velikostí podnětu (fyzikální příčiny) a velikostí fyziologického vjemu objevil německý fyziolog Ernst Heinrich Weber (1795–1878). Později ji zdůvodnil zakladatel psychofyziky, Němec Gustav Theodor Fechner (1801–1887). Weber-Fechnerův psychofyzikální zákon tedy říká (Reichl, 2009):

„Mění-li se fyzikální podněty působící na naše smysly řadou geometrickou, vnímáme jejich změnu v řadě aritmetické.“

2.4.2.2 Hladiny akustických veličin

Akustické hladiny jsou vlastně vyjádřením Weber-Fechnerova zákona pro daný případ. Existuje několik typů akustických hladin, z nichž některé se užívají pro popisy čistě fyzikálních jevů (bez subjektivních prvků), jiné pro popis subjektivního vnímání (Kutman, 1991).

Mišun (2005) dále zdůvodňuje potřebu zavedení akustických hladin na příkladu akustického tlaku takto: Lidské ucho je schopno registrovat akustický tlak jako základní akustickou veličinu ve značně širokém rozsahu. Pro průměrného člověka je spodní hodnota akustického tlaku při frekvenci 1 000 Hz okolo $20 \mu\text{Pa} =$

$= 2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Tato hodnota byla použita jako referenční hodnota, od které byly odvozovány referenční hodnoty dalších akustických veličin. Nejvyšší hodnota akustického tlaku, při kterém člověk začíná pociťovat bolest sluchového orgánu, je okolo 100 Pa. Takže poměr těchto dvou mezních hodnot je přibližně 1:1 000 000, což je značně velké rozmezí hodnot. Navíc lidské ucho nereaguje lineárně na zvukový podnět, ale jeho vnímání je úměrné logaritmu tohoto podnětu. Z těchto důvodů se začala používat logaritmická měřítka pro všechny akustické veličiny.

2.4.2.3 Fyzikální (objektivní) akustické hladiny (Mišun, 2005)

Nezávisí na frekvenci, lze je použít i v oblasti infrazvuku a ultrazvuku (Boháč, 2009).

Hladina akustického výkonu L_W

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]} \quad (11)$$

kde:

L_W ...hladina akustického výkonu [dB]

W ...hodnocený akustický výkon [W]

W_0 ...referenční hodnota $W_0 = 10^{-12}$ W

Jednotkou hladiny je bel (podle Grahama Bella). Vzhledem ke značné šířce této veličiny se používá jednotka desetkrát menší, tedy decibel [dB]. Příklady viz tabulka 3.

Tabulka 3 – Příklady akustických výkonů v lineární i decibelové stupnici (Mišun, 2005)

Akustický výkon [W]	Hladina akustického výkonu [dB]	Zdroj
10^6	180	velký raketový motor
10^5	170	vojenský proudový letecký motor
10^4	160	čtyřmotorový vrtulový letoun
10^3	150	75-ti členný orchestr, varhany
10^2	140	malý letecký motor
10^1	130	velká sbíječka
1	120	klavír
10^{-1}	110	automobil na dálnici – 80 km.h^{-1}
10^{-2}	100	velký ventilátor – $425 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$
10^{-3}	90	křičící člověk, tkalcovský stav
10^{-4}	80	vysavač
10^{-5}	70	běžně mluvící člověk
10^{-6}	60	malý ventilátor
10^{-9}	30	velmi tichý šepot

Hladina akustického tlaku L_p

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad [\text{dB}] \quad (12)$$

kde:

L_p ...hladina akustického tlaku [dB]

p ...akustický tlak v daném bodě akustického prostoru [Pa]

p_0 ...referenční hodnota akustického tlaku $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Po použití referenční hodnoty a úpravě vzorce pak platí:

$$L_p = 20 \log p + 94 \text{ [dB]} \quad (13)$$

Boháč (2009) doplňuje, že tlak je skalární veličina. Popisuje stav prostředí bez ohledu na to, z jakého směru zvuková vlna přichází. Sluchový orgán je schopen přijímat zvuk z jakéhokoliv směru. Vnímá tedy akustický tlak, ne intenzitu.

Hladina akustické intenzity L_I

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ [dB]} \quad (14)$$

kde:

L_I ...hladina akustické intenzity [dB]

I ...měřená akustická intenzita [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]

$I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$...referenční hodnota akustické intenzity vnímaného zvuku při frekvenci 1000 Hz (Boháč, 2009)

Boháč (2009) dále poznamenává, že intenzita je vektor, je prostorově orientovaná. Proto tento vztah platí jen tehdy, jestliže plocha, na které zjišťujeme intenzitu, je kolmá na směr šíření zvuku.

Referenční hodnota akustického tlaku p_0 je přibližně rovna přepočtené hodnotě ze známé I_0 a známého vlnového odporu vzduchu. Z toho vyplývá, že takto definované veličiny hladina intenzity a hladina akustického tlaku jsou si zcela rovnocenné a poskytují stejné číselné hodnoty (Kutman, 1991).

Mišun (2005) připomíná, že nelze zaměňovat hladiny akustického výkonu zdroje (konstantní hodnota) a hladinu akustické intenzity (případně tlaku), které závisí na vzdálenosti od zdroje.

Určování hladiny akustického výkonu se provádí pouze ve speciálních případech, kdy jde většinou o hluk vyzařovaný z průmyslového zdroje (Boháč, 2009).

2.4.2.4 Fyziologické akustické hladiny, hlasitost

Pro stanovení síly subjektivního vjemu zvuku (hlasitosti), lze pochopitelně použít vyjádření pomocí hladin, protože ty byly vytvořeny na základě Weber-Fechnerova zákona (Kutman, 1991).

Bylo však zjištěno, že subjektivní vnímání zvuku závisí nejen na intenzitě, ale i na frekvenci zvuku. Lidský sluch na různé frekvence reaguje s různou citlivostí (Boháč, 2009).

K popisu subjektivního vjemu nemůžeme tudíž použít frekvenčně nezávislé referenční hodnoty I_0 , p_0 , atd. Proto už v době vzniku akustiky jako odvětví fyziky hledali vědci způsob, jak tento problém přijatelně vyřešit. Nakonec se ujalo Barkhausenovo řešení a v principu se používá dodnes (Kutman, 1991).

Barkhausen srovnával subjektivní vjem hlasitosti tónu o frekvenci 1000 Hz ze sluchátka na jednom uchu jedince z vybrané skupiny studentů s vjemem tónu jiné frekvence poslouchané druhým uchem. Statistickým vyhodnocením získal křivky stejné hlasitosti (Kutman, 1991).

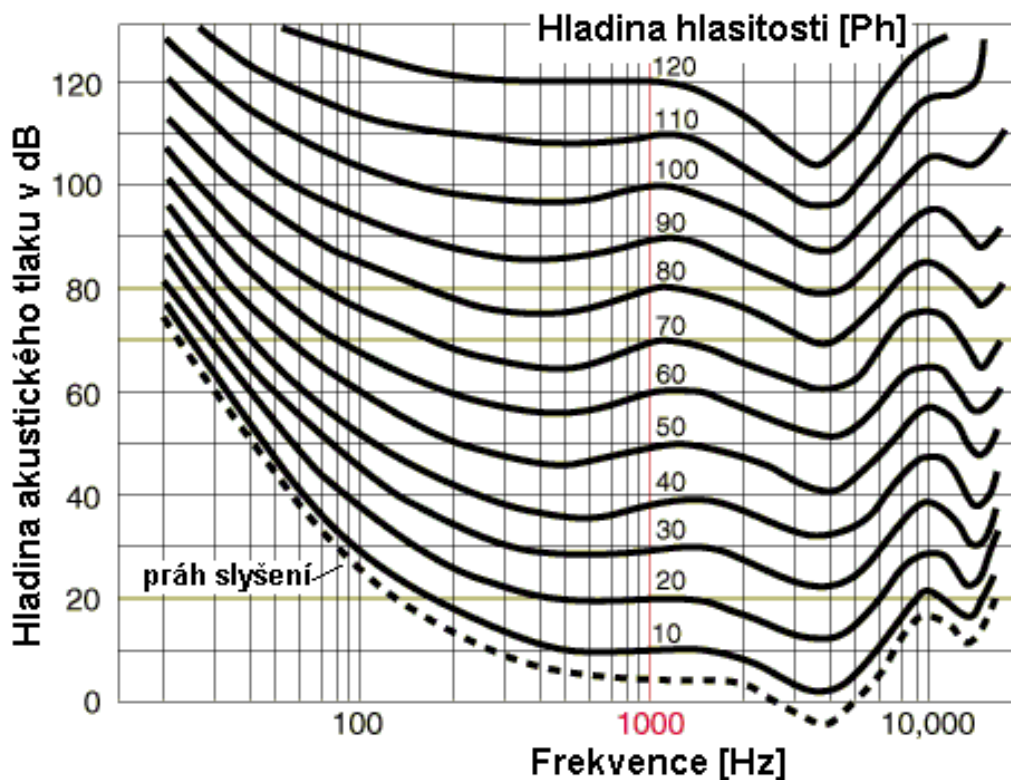
Původní tři Barkhausenovy křivky A, B a C vyšly kromě první pro nejnižší intenzity zvuku nesprávně v důsledku nedokonalosti tehdejšího technického vybavení.

Dnes víme, že pro určení subjektivního vjemu je nutno ve všech případech použít vyhodnocení podle křivky A, a to nezávisle na výšce hladiny (Kutman, 1991).

Hladina akustického tlaku je pak měřena pomocí váhového filtru A (Boháč, 2009).

Současná moderní elektronická zvukoměrná zařízení dosahují citlivosti podobné kmitočtové závislosti lidského ucha, protože mají ve svém měřicím řetězci zařazen váhový filtr. Hladina akustického tlaku frekvenčně váženého filtrem A je označena L_{pA} [dB]; podle starší normy L_A [dB(A)] (Mišun, 2005).

Jednotkou hlasitosti je 1 Ph [fón] – (odpovídá hodnotě intenzity při referenční frekvenci 1 kHz). Závislost vjemu hlasitosti na frekvenci je dobře patrná z grafu křivek stejné hlasitosti (viz obrázek 4) (Bernat, 2008).



Obrázek 4 – Křivky konstantní hladiny hlasitosti (Bernat, 2008)

2.5 Lidský sluch

2.5.1 Citlivost ucha

Zvukový vjem zprostředkovaný lidským uchem je velice komplikovaný proces (Nový, 1995).

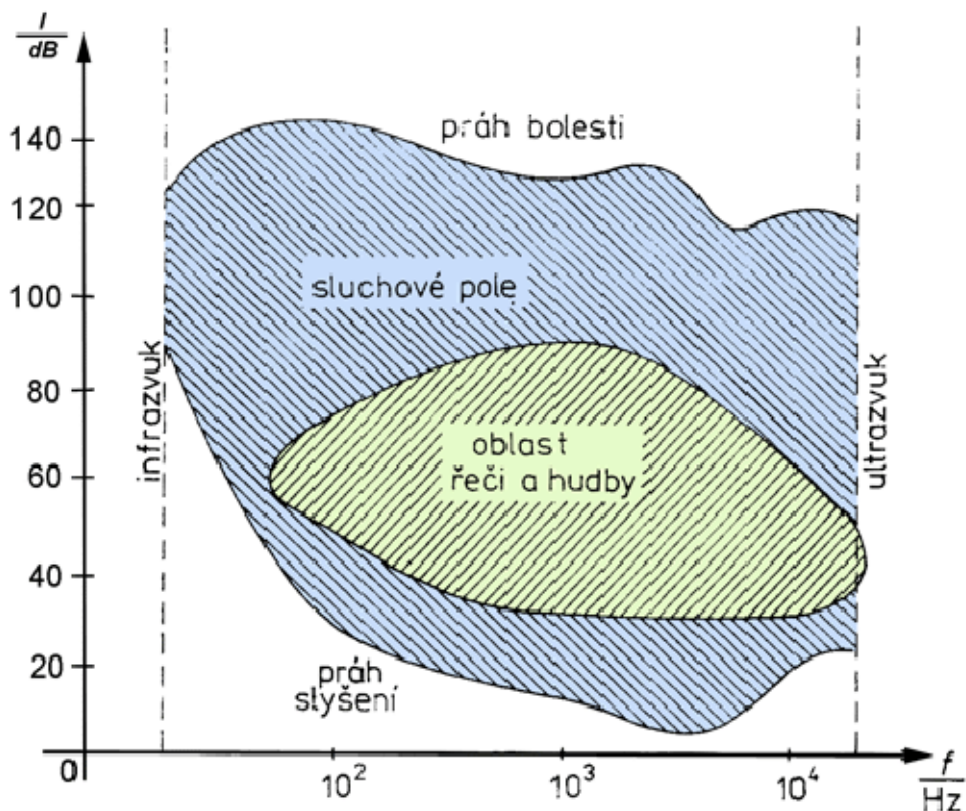
Limity lidského ucha postihuje v následujícím přehledu Reichl (2009) viz obrázek 5:

Citlivost lidského ucha je největší při frekvencích zvuku 700–6000 Hz.

V souvislosti s tím se zavádějí dvě hranice intenzity zvuku:

- práh slyšení – charakterizován intenzitou zvuku $I_0=10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (resp. akustickým tlakem $p_0=2\cdot 10^{-5} \text{ Pa}$), která je nejmenší intenzitou, od níž zvuk vnímáme

➤ práh bolesti – charakterizovaný intenzitou zvuku $I_0=1 \text{ W.m}^{-2}$ (resp. akustickým tlakem 130 Pa); zvuky větších intenzit než je práh bolesti mohou v uchu vyvolat bolestivý pocit.



Obrázek 5 – Sluchové pole člověka (Vlachová, 2009)

2.5.2 Stavba ucha

Samotný akustický aparát se skládá ze tří částí, které tvoří (Geist, 2005):

1. zevní ucho, skládající se z boltce a zvukovodu;
2. střední ucho, jehož součástí je bubínek, sluchové kůstky a Eustachova trubice;
3. vnitřní ucho s hlemýžděm, Cortiho ústrojím (soustavou nervových vláken) a ústrojím rovnováhy.

Zevní ucho spojuje okolní prostor s bubínkem, který tvoří překážku ve zvukovodu. Chvění bubínku se mechanicky přenáší prostřednictvím středního ucha do ucha vnitřního (Nový, 1995).

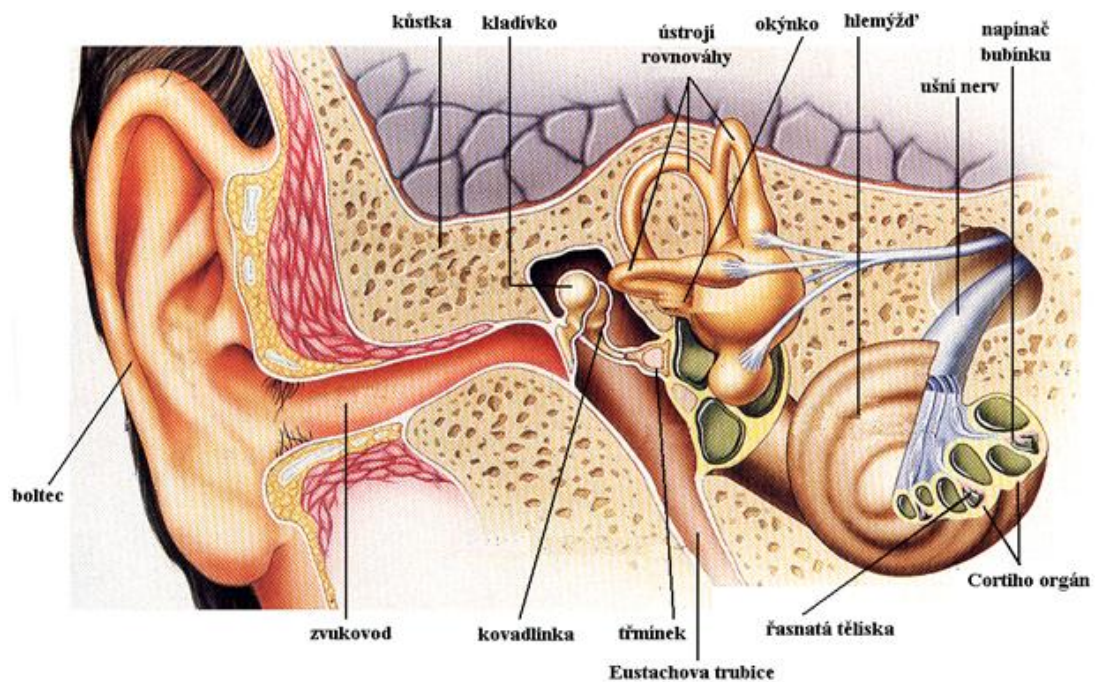
Geist (2005) dodává, že bubínek (viz obrázek 6) je zvenčí pokryt pokožkou a zevnitř sliznicí. Má tvar mělké nálevky o průměru cca 8–10 mm. Zvuk rozechvěje

jeho blánu. Blána bubínku přenáší kmity na soustavu kostiček – kladívko, kovádlíku a třmínek se Silviovou kůstkou; ten má dvě ramínka, která dosedají na oválnou ploténku. Celá soustava těchto kostiček je navzájem spojena svalstvem. Poslední kůstka, třmínek, přiléhá k velmi jemné blance – oválnému okénku. Jimi se přenáší akustická energie do vnitřního ucha, které je vyplněno vnitroušním mokem.

Podle Nového (1995) představuje vnitřní ucho další odpor pro vedení zvuku. Amplitudy bubínku se ve středním a vnitřním uchu transformují do mnohem menších vibrací ale při vyšším tlaku.

Geist (2005) uvádí, že ve středním uchu se rozkmity vlnění zmenší, ale zvětší se jejich akustická hustota. Dalo by se říci, že se na úkor kvantity zlepší kvalita.

Vnímání zvuku nervy nastává podél basilární membrány ušního závitku, kterému se také říká hlemýžď. Zde také probíhá frekvenční analýza zvuku (Nový, 1995).



Obrázek 6 – Stavba lidského ucha (Reichl, 2006)

Hlemýžď je kostěný výčnělek dlouhý cca 35 mm a spirálovitě stočený do dvou a půl závitů. Má dvě patra. Horní patro je od spodního odděleno přepážkou. Mezi oběma patry je hlemýžďová chodba. Obě patra hlemýžďe jsou spojena blanami. U horního patra je vestibulární, u spodního je bazilární (základní) blána. Na ní spočívá Cortiho ústrojí (řady nepatrných řasnatých buněk obsahující asi 20 000 vláček o velikosti od cca 0,5 mm do 40 μ m, do nějž ústí vlákna sluchového nervu

(Kopeček, 2009). Opěrnými pilíři Cortiho orgánu jsou Cortiho sloupce, které se opírají o sebe svými vrcholky. Jakmile jsou tato vlákna podrážděna přenesenými kmity, odvádějí podráždění složitou cestou do mozku (Geist, 2005).

Zde prakticky dochází k přeměně zvukového signálu na signál elektrický, který je odváděn do mozku a tam dále zpracován (Reichl, 2009).

Setká-li se sluchový orgán s velmi silnou tlakovou vlnou, vyrovnává jej u dospělého člověka cca 3,6 cm dlouhá Eustachova trubice, která ústí z prostoru středního ucha do ústní dutiny. K vnitřnímu uchu náleží ještě labyrint (bludiště), sloužící k orientaci rovnovážného stavu těla (Geist, 2005).

2.5.3 Teorie slyšení

Jako první podal ucelenou teorii vnímání zvuku člověkem Hermann von Helmholtz, německý fyzik v roce 1862. Dle této rezonanční teorie představují paralelně uložená nervová vlákna v Cortiho ústrojí rezonanční soustavu, odpovídající strunám různých délek a rezonující proto pro různé tóny (Kopeček, 2009).

Na konci 19. století se rozvinula velmi prudká diskuze, která vedla k řadě modifikací Helmholtzovy teorie i k navázání na její principy (Geist, 2005).

V roce 1898 publikoval německý psycholog Julius Richard Ewald svou teorii zvukových obrazů (Kopeček, 2009).

Ewald se setkal s příznivým přijetím své teorie, zejména když ji doložil modelem. Jeho teorie oproti Helmholtzově předpokládá, že vnímání zvuků probíhá jako postihování komplexních celků (zvukový obraz) a nikoliv rozkládáním zvuku na jednotlivé komponenty a následným skládáním ve vjem. Několik autorů navázalo na tuto teorii svými modifikacemi. Všechny jsou založeny výlučně na formě pohybů tekutiny v hlemýždi a na bazilární bláně (Geist, 2005).

Nejznámější se stala teorie Georga von Bekésyho (1929). V kapalině vznikají při zvukovém chvění vírové dvojice, podle výšky tónu blíž nebo hlouběji v hlemýždi. V odpovídajícím místě vytvoří tlak a tím podráždí správný nerv (Ladma, 2009).

Geist (2005) závěrem konstatuje, že ani jedna z uvedených základních teorií či jejich modifikací neobjasňuje uspokojivě a jako celek proces slyšení.

2.5.4 Zvuk a jeho druhy

Definici zvuku je možno nalézt již v kapitole 2.1.2.4. Zde budou uvedeny pouze druhy zvuku, aby bylo možno přikročit k definici samotného hluku.

Podle Geista (2005) rozeznáváme zvuky nehudební, které jsou generovány nepravidelnými změnami a nemají zpravidla periodický průběh. Patří mezi ně různé údery, rány, šramot, skřípot, šelest, vrzání, rachot atp. Má-li pak zvuk pravidelný, periodický průběh, jedná se o zvuk hudební (tedy tón). Zvuky, v nichž se současně vyskytuje jak periodická tak neperiodická složka, se pak nazývají hluk.

2.6 Hluk

Veškerý nežádoucí zvuk nazýváme rušivým hlukem a zahrnujeme ho mezi faktory znečišťující životní prostředí (Kutman, 1991).

Bernard (2008) uvádí, že hluk je nechtěný zvuk. Odborných definic toho, co je považováno za hluk, je celá řada. Všechny se ale shodují v tom, že se jedná o zvuk, který člověka ruší, obtěžuje anebo poškozuje (na zdraví, na majetku, na životním prostředí).

Hluk je škodlivinou, se kterou se běžně setkáváme (Havránek, 2005).

2.6.1 Zdroje hluku

Zdrojem hluku může být z povahy věci každé chvějící se těleso. Hluk je v dnešní době největším problémem zejména v hustě osídlených oblastech (Bernard, 2008).

Státní zdravotní ústav (2008) uvádí, že hluková zátěž naší populace je způsobena přibližně ze 40 % z pracovního prostředí, z 60 % z mimopracovního prostředí a přidává výčet největších zdrojů, jimiž jsou:

1. dopravní hluk – automobilová, kolejová a letecká doprava
2. hluk v pracovním prostředí – ruční mechanizované nářadí (motorové pily, pneumatická kladiva apod.), důlní stroje, hutnictví, strojírenství (obráběcí stroje), vzduchotechnická zařízení, samojízdné stroje, zemědělství, lesnictví aj.

3. hluk související s bydlením – vestavěné technické vybavení domu (výtahy, kotelny), sanitárně-technické vybavení domu (koupelny, WC), činnost osob v bytě (hovor, rozhlas, TV, vysavač, kuchyňské stroje, myčky, pračky aj.)
4. hluk související s trávením volného času – kulturní a společenská zařízení (divadla, kina, koncertní sály, poutě aj.), sportovní zařízení (např. hřiště, bazény, střelnice)

2.6.2 Typy hluku

Rušivý hluk může mít rozdílný charakter a průběh a v důsledku toho se liší i veličiny, které je potřeba měřit. Rámcově můžeme rozlišit tyto základní případy (Kutman, 1991):

- a) pravidelný, časově neproměnný hluk je obvykle vyzařován nějakým dlouhodobě kmitajícím tělesem, např. elektromotorem. Spektrum takového hluku je většinou spojité a s časem se vcelku nemění (ne o více než 5 dB);
- b) hluk časově proměnný má měnící se spektrum, hladinu i směrovost vyzařování (jeho hladina se v závislosti na čase mění o více než 5 dB). Je většinou vydáván různými zdroji z určitého prostoru. Nejběžnějším případem tohoto typu je vyzařování hluku z dopravní komunikace nebo tovární haly.

Havránek (1990) toto členění rozšiřuje o hluk:

- c) přerušovaný, který je hlukem proměnným, měnícím náhle hladinu akustického tlaku
- d) impulsní, vytvářený jednotlivými zvukovými impulsy s trváním do 200 ms, nebo sledem takových impulsů následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms. Takovouto hlukovou zátěž produkuje např. střelnice.

2.6.2.1 Hodnocení proměnných hluků

Kolísání hladiny akustického tlaku zdroje je způsobeno např. jeho proměnným pracovním režimem, jak již bylo zmíněno v předcházející kapitole.

K charakteristice kolísavé hladiny hluku jedinou hodnotou se používá ekvivalentní hladina zvuku. V českých předpisech se nyní užívá termín Ekvivalentní hladina akustického tlaku (Hluk a zdraví, 2002).

Z časového rozložení hladiny hluku je ekvivalentní hladina akustického tlaku A, tj. L_{Aeq} definována takto (Mišun, 2005):

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{p,Ai}} \cdot \eta_i \quad [\text{dB}] \quad (15)$$

kde:

$L_{Aeq,T}$...ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]

T ...celková doba měření [s]

$L_{p,Ai}$...střední hladina hluku v i -tém hladinovém intervalu, vážená filtrem A

η_i ...relativní četnost výskytu hladiny $L_{p,Ai}$

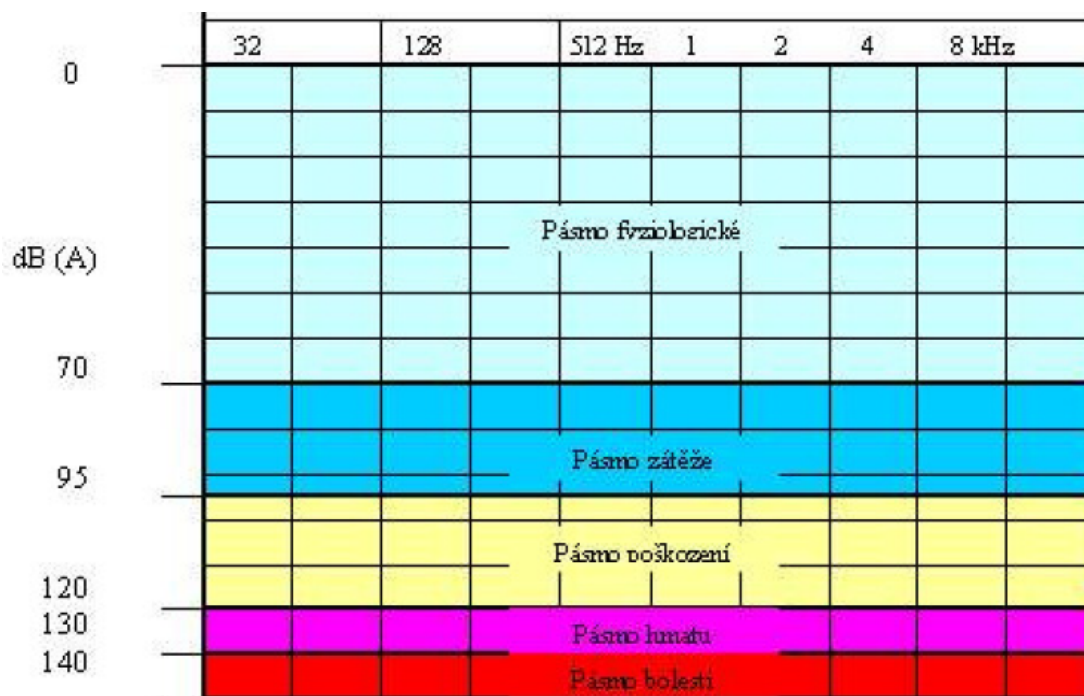
Ekvivalentní hladina akustického tlaku musí být vždy spojena s údajem o trvání měřicí periody (Hluk a zdraví, 2002).

2.6.3 Dělení hluku podle působení

Podle intenzity hluku rozeznáváme pásma působení na člověka (Menc, 2003):

Pásma fyziologické	do 69 dB(A)
Pásma zátěže	70–94 dB(A)
Pásma poškození	95–119 dB(A)
Pásma hmatu	120–129 dB(A)
Pásma bolesti	130 dB(A) a více

(viz obrázek 7)



Obrázek 7 – Třídění hluku podle působení (Menc, 2003)

2.6.4 Aspekty lidského zdraví (Hluk a zdraví, 2002)

Většina hluků, s nimiž se setkáváme, se neprojevuje bezprostředně bolestí nebo patrnou funkční poruchou organismu, ale jejich účinky se kumulují a negativní dopady na exponovanou osobu se projeví až po delší době (Nový, 1995).

2.6.4.1 Účinky hluku na sluch

1. Rušení hlasového porozumění hlukem může vyústit ve velké množství osobních problémů, změn v chování, problémy s koncentrací, únavu, nejistotu, podrážděnost, sníženou pracovní výkonnost.
2. Poškození vnitřního ucha může být způsobeno buď bezprostředním účinkem náhlého hluku, kdy je energie akustické události extrémně vysoká a krátká nebo dlouhodobou expozicí hluku po dobu několika let.
3. Poškození sluchu – tzv. šelesty v uších (Tinnitus) jsou běžné při expozici např. velmi hlasité hudbě. Normálně mizí toto zvonění do několika minut nebo hodin po události. Jestliže se však expozice často opakuje, zvonění se může stát dlouhodobým problémem na celý život.

2.6.4.2 Mimosluchové účinky

1. Poruchy spánku a jejich důsledky jako vyšší riziko kardiovaskulárních onemocnění, neuróz, strachu a agresivity.
2. Problémy se soustředěním stěžující učení a pochopení látky je významné hlavně pro školní prostředí.
3. Obtěžování hlukem je definováno jako pocit nelibosti spojený s jakýmkoliv původcem nebo okolnostmi, o kterých jedinec ví, že na něj nepříznivě působí.
4. Chronické změny stresových hormonů, kdy kontinuální expozice hluku může vyústit v chronické změny v regulaci fyziologických systémů a v důsledku těchto pochodů i k zvýšenému riziku infarktu myokardu.
5. Sociální následky hluku a účinek na chování jsou často nepřímé, složité a obtížně rozpoznatelné.

2.6.4.3 Ekonomický dopad

1. Užívání léků při snaze čelit následkům hluku (léky minimalizující stres, na poruchy spánku a noční probouzení).
2. Opouštění budov umístěných v centru, kde je řada různorodých zdrojů hluku.
3. Pokles ceny nemovitostí na exponovaných místech (nevhodné místo k životu).

2.6.5 Legislativa v oblasti hluku

Problematika ochrany před hlukem není záležitostí jednoho právního předpisu. Obecnou právní úpravu ochrany před hlukem obsahuje zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů a na něj navazující prováděcí vyhlášky a nařízení (Bernard, 2008).

Konkrétně se jedná o Díl 6 Ochrana před hlukem, vibracemi a neionizujícím zářením v § 30–34.

Dále je to nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, které upravuje hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, v chráněném vnitřním a venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru.

Pro hlubší poznání oblasti právní úpravy je vhodná publikace Právní ochrana před hlukem (Bernard, 2008), která odkazuje na 23 různých předpisů souvisejících s danou oblastí.

Na tomto místě bych ještě rád zmínil Směrnici Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve vnějším prostředí.

V usnesení ze dne 10. června 1997 Evropský parlament zdůraznil, že je třeba stanovit specifická opatření a iniciativy v rámci směrnice o snižování hluku ve venkovním prostředí, a konstatoval nedostatek spolehlivých, srovnatelných údajů o situaci týkající se různých zdrojů hluku (Směrnice 2002/49/ES), což je jeden z 16 důvodů přijetí směrnice.

Ta, jak uvádí Bernard (2008), přináší nové nástroje řešení problémů s hlukem – strategické hlukové mapy a akční plány snižování hlukové zátěže. Autor dále vyzdvihuje výrazně preventivní charakter opatření, komplexní řešení problematiky v území a zapojení veřejnosti.

2.6.6 Hluková situace v České republice a v Evropě

V České republice je podle odhadů nadměrným hlukem postiženo zhruba čtyři sta tisíc až půl milionu obyvatel. Hluk ve venkovním prostředí je dlouhodobě měřen a modelován pomocí hlukových map již od sedmdesátých let 20. století (Bernard, 2008).

Publikace Hluk a zdraví (2002) poukazuje na vyspělost ČR v oblasti akustiky, hlukové hygieny a zdravotnické péče o snižování hluku. Praha byla v roce 1936 třetím evropským městem, ve kterém byl měřen dopravní hluk. Od šedesátých let byly zavedeny závazné limity pro hluk na pracovištích a v obytném prostředí, v sedmdesátých letech vznikl ucelený systém pracovišť pro monitorování a kontrolu hluku.

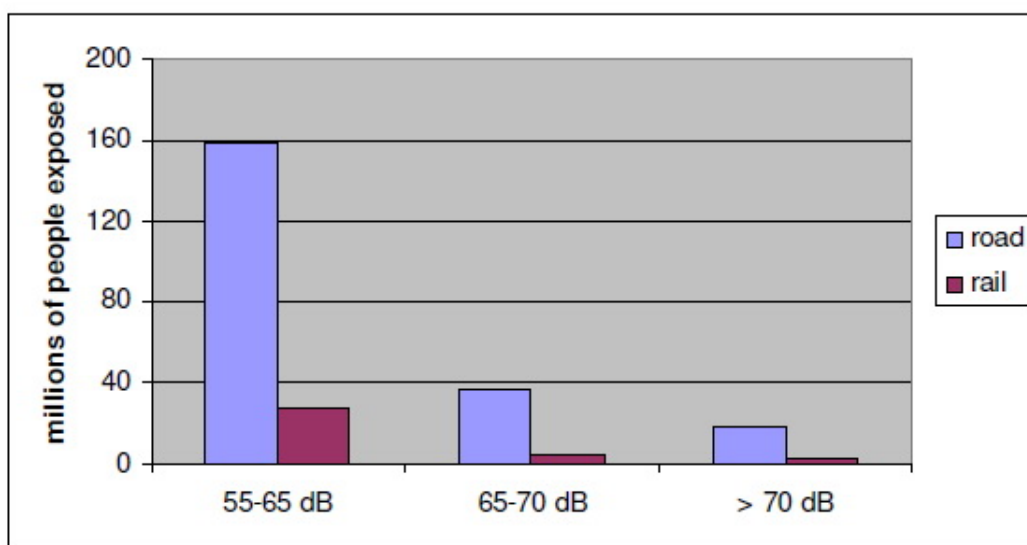
V současnosti naše vědce sdružuje Česká akustická společnost (2010), která vznikla v roce 1992 a soustředila většinu akustiků do té doby organizovaných v Československé vědeckotechnické společnosti.

Pokud jde o současný stav ohrožení zdraví obyvatel hlukem a pokroku ve snižování hluku, je Česká republika v situaci srovnatelné s vyspělými evropskými

státy. Také u nás je rozhodujícím zdrojem hluku pozemní automobilová doprava. (Hluk a zdraví, 2002).

Státní zdravotní ústav (2009), potvrzuje, že ve městech je převažujícím hlukem mimopracovním hluk dopravní (75–85 %), kde na hlavních dopravních tazích dosahuje hladin 70–85 dB(A).

Studie zveřejněná v roce 2007 uvádí číslo 210 milionů obyvatel (více než 44 % obyvatel tehdejší evropské pětadvacítky), kteří byli v roce 2000 vystaveni hluku ze silniční dopravy překračující hladinu hluku 55 dB(A). Tuto hladinu ($L_{Aeq,den}$, T=16 h mezi 6:00–22:00) považuje WHO za významně obtěžující a potenciálně nebezpečnou lidskému zdraví. K tomu bylo více než 54 milionů obyvatel vystaveno hluku ze silniční dopravy překračujícímu hladinu 65 dB(A). K tomu se přidává hluk ze železniční dopravy, kde ale situace není tak závažná (viz obrázek 8) (Den Boer, Schroten, 2007).



Note: This figure covers the EU27 except Cyprus and Malta.

Source: INFRAS/IWW (2004), OECD/INFRAS/Herry (2002), calculations by CE Delft (for Estonia, Latvia, Lithuania).

Obrázek 8 – Počet obyvatel vystavených hluku ze silniční a železniční dopravy v roce 2000

Hlukové mapování v České republice prokázalo celodenní obtěžování hlukem u 242 152 lidí (ukazatel L_{dn}¹) a rušení spánku hlukem u 281 306 lidí (ukazatel L_n²). Silniční doprava se na prokázaném obtěžování hlukem podílí více než 95 %. Železniční doprava pak hlukem obtěžuje 14 800 osob, továrny 1 406 a letiště Ruzyně 1 900 osob. Nejvyšší počet lidí v České republice vystavený nadlimitnímu hluku žije v Praze 119 471 obyvatel (pro ukazatel L_n, pro ukazatel L_{dn} je to 106 091 osob). Následuje Brno a Ostrava (Bernard, 2008).

2.6.7 Měření hluku

Měření hladiny akustického tlaku je prováděno zařízením zvaným zvukoměr (resp. hlukoměr). Zvukoměry měří celkovou hladinu akustického tlaku v dB lineárně nebo s filtrem A. Hladina akustického tlaku je integrována v čase s konstantou FAST 125 ms nebo SLOW 1 s (Akustika, 2008).

Základním článkem každého zvukoměrného zařízení je měřicí mikrofón, který mění fyzikální veličinu akustického tlaku na elektrický signál. Výstupní elektrický signál z mikrofónu bývá upravován bezprostředně za mikrofónem pomocí polovodičového předzesilovače (Sukdol, 2008).

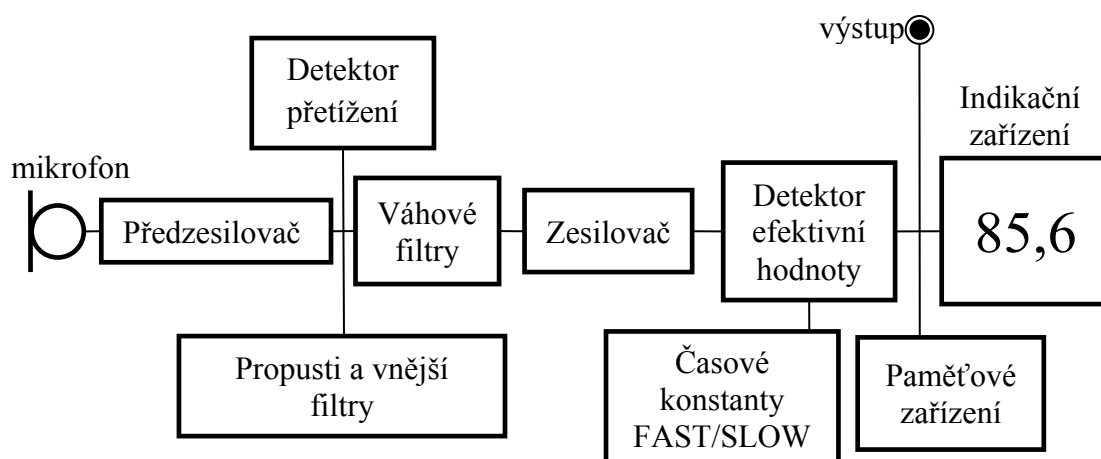
Následuje sekce pro zpracování a analýzu signálu a dále vyhodnocovací nebo zobrazovací jednotky. Moderní zvukoměry jsou vybaveny váhovými filtry (reagují na zvuk podobně jako lidské ucho), avšak lze měřit i bez nich (Mišun, 2005).

Standardně zvukoměr obsahuje váhové filtry A, B, C a eventuelně D a možnost oktávové nebo třetinookávové filtrace (Fiala, 2004).

Havránek (1990) podotýká, že převodem akustického tlaku na elektrický signál jde vždy o měření nepřímé, z čehož vyplývají přesně definované požadavky na vlastnosti jednotlivých prvků měřicího řetězce.

¹ Ukazatel L_{dn} je hlukový ukazatel pro celodenní obtěžování hlukem, mezní hodnota pro tento ukazatel je stanovena na 70 dB pro silniční a železniční dopravu, 60 dB pro letiště a 50 dB pro stacionární provoz.

² Ukazatel L_n je hlukový ukazatel pro rušení spánku, mezní hodnoty pro tento ukazatel jsou stanoveny na 60 dB pro silniční dopravu, 65 dB pro železniční dopravu, 50 dB pro letiště a 40 dB pro stacionární provoz (Bernard, 2008).



Obrázek 9 – Blokové schéma zvukoměru (Mišun, 2005)

2.6.8 Boj proti hluku, prostředky snižování hluku

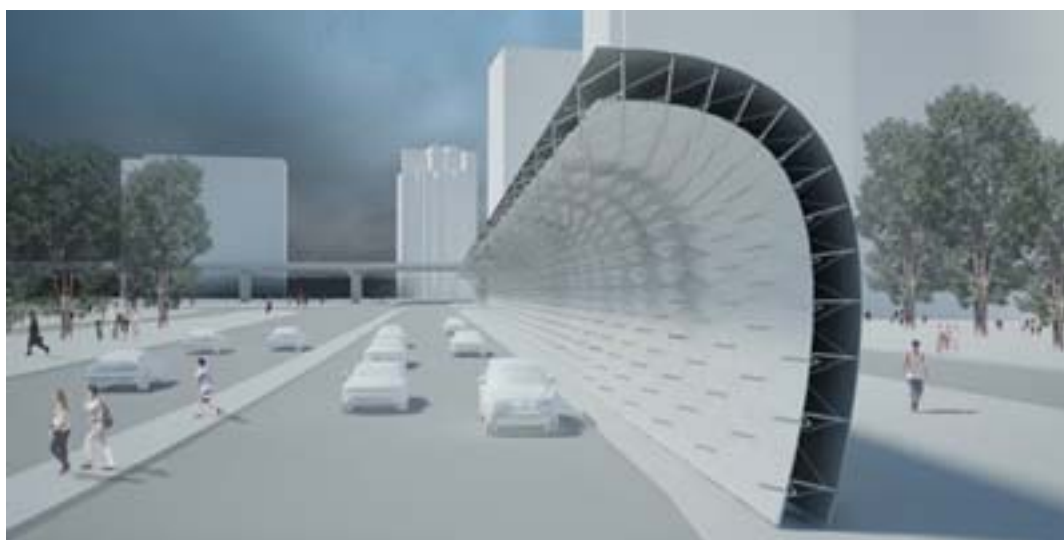
V zásadě lze rušivý hluk potlačovat dvojím způsobem. Jednak odstraňujeme příčiny jeho vzniku už u zdroje – aktivní způsob (snížení emise hluku), jednak snižujeme hladinu v prostoru, kde daný zdroj hluku působí – pasivní způsob (snížení imise hluku) (Kutman, 1991).

Preventivní opatření na snížení hlučnosti strojních zařízení jsou ze zdravotního hlediska nejúčinnější. Další preventivní opatření jsou zaměřena na izolaci hluku a omezení cest jeho šíření. Tato opatření bývají nákladnější a spočívají v omezení šíření hluku vzduchem a konstrukcí budovy. Technická opatření na snížení imisí hluku spočívají ve změně organizace práce a zavedených výrobních postupů. Chrániče sluchu se používají v případech, kdy některým z výše uvedených opatření se nedocílí snížení hluku pod 85 dB (Rožníčková, 2009).

Bernard (2008) dělí opatření ke snížení hlukové zátěže na:

- Urbanisticko-architektonická – zásadní roli hraje proces územního plánování (např. situace budov)
- Urbanisticko-dopravní – klíčovou fází hraje také proces územního plánování (např. vyloučit těžkou nákladní dopravu z blízkosti obytných souborů)
- Dopravně-organizační – zaměřená na regulaci rychlosti, toku nebo celkového objemu dopravy (např. omezení maximální rychlosti)
- Stavebně technická – zahrnují:

- Opatření u zdroje – modernizace motorů, vedení tras v zářezích
- Opatření na dráze šíření hluku – protihlukové bariéry a zemní valy, pásy zeleně (viz obrázek 3 a 10)
- Opatření na budovách – protihluková okna a fasády



Obrázek 10 – Návrh protihlukové bariéry italského architekta Francesca Lipariho vytvořený do Mezinárodní architektonické soutěže pro město Hong Kong. Moderní konstrukce bariéry budoucnosti pokryté průsvitnými panely splývá s okolím a transformuje pohlcenou energii na elektřinu (Knobbs et al., 2009)

3. Cíl práce

Cílem této práce je provést vyhodnocení hlukové zátěže způsobené provozem farmy pro chov skotu v závislosti na čase. Vyhodnocení se bude provádět pro konkrétní hlukovou situaci v dané lokalitě a při běžných podmínkách, které jsou charakteristické pro provoz objektu a imise hluku v přilehlé oblasti zatěžovaných lidských obydlí. Stanoviště pro měření hlukové zátěže a časové intervaly měření budou zvoleny tak, aby byly reprezentativní a vystihovaly místní situaci. Na základě provedených měření bude stanovena celková hluková zátěž na stanovištích. V práci bude celková hluková zátěž vyhodnocena, porovnána s platnou legislativou a v případě potřeby budou navržena opatření k jejímu snížení.

4. Metodika práce

4.1 Vybraná lokalita

K provedení monitoringu hlukové zátěže lidských obydlí způsobené provozem farmy pro chov skotu byl zvolen objekt živočišné výroby – stáj, nacházející se v obci Tajanov u Klatov (viz obrázek 11).



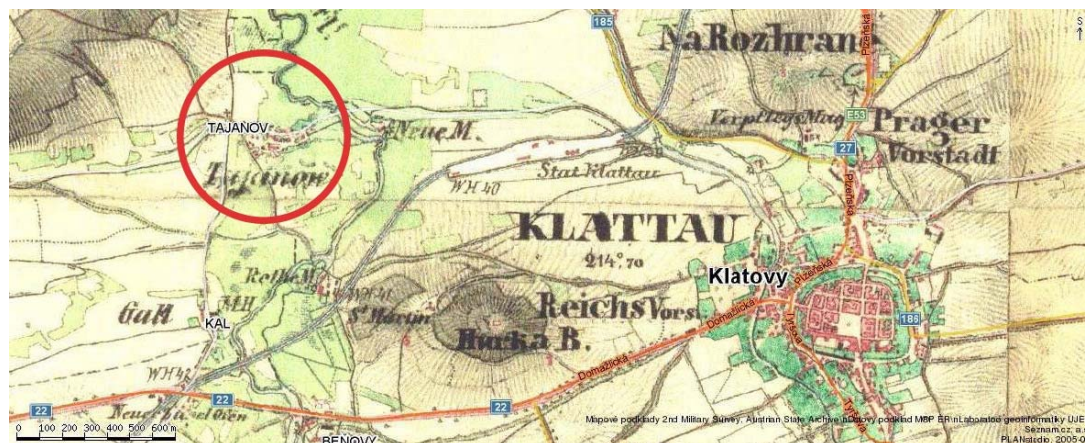
Obrázek 11 – Ortofotomapa obce Tajanov s vyznačenou pozicí šetřeného objektu
(Mapy.cz, 2009)

4.1.1 Historie lokality

Obec Tajanov leží severozápadně od Klatov v údolí řeky Úhlavy a je chráněna zvlněným lesnatým pásem táhnoucím se ke Kdyni a Chudenicím. Příznivá

poloha okolní krajiny napomohla k osidlování jihovýchodního svahu Husína a břehu Úhlavy již v prehistorické době. První písemná zmínka o Tajanovu je známa z roku 1289 z nadační listiny Konráda z Pomuka potvrzená králem Václavem II.

Na obrázku 12 je mapa zobrazující Tajanov a Klatovy před více jak 150 lety. Mapa vznikla při druhém vojenském mapování v letech 1842–1852.



Obrázek 12 – Historická mapa obce Tajanov a města Klatovy (Mapy.cz, 2009)

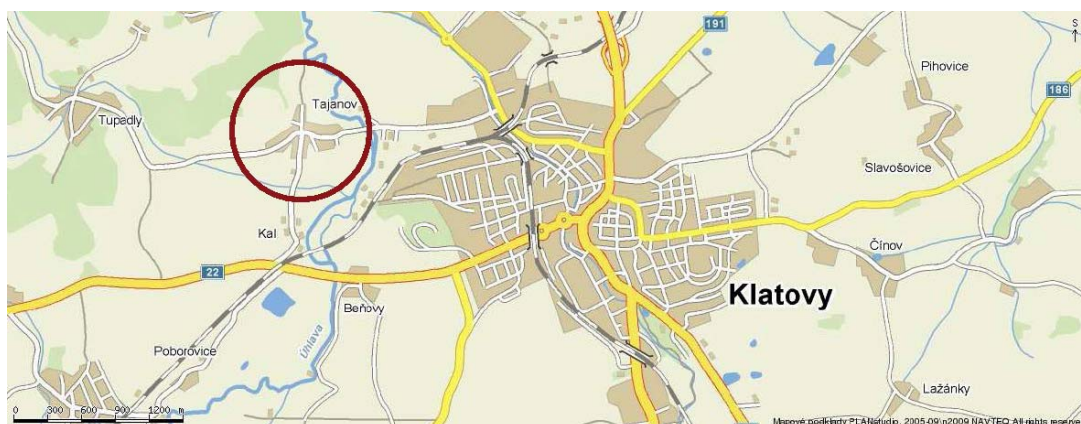
Smutné a pro mnohé tragické události doby tzv. protektorátu se nevyhnuły ani Tajanovu. K osvobození obce došlo 5. května 1945 spojeneckými vojsky.

Význam socializace po roce 1948 se na vesnici nejlépe odráží v zemědělství. JZD v Tajanově bylo založeno 15. 8. 1957, byly ihned rozorány meze a utvořeny společné hony. Od 1. ledna 1961 bylo vytvořeno nové družstvo – Jednotné zemědělské družstvo 9. května sloučením družstev Tajanov a Tupadly. Větší finanční možnosti dovolily realizovat několik let odkládanou stavbu kravína. Práce probíhaly dva roky, v roce 1963 byl proveden svod 187 krav ze soukromých stájí v Tajanově a Drslavicích. Objekt byl v průběhu dalších let rozšířen o skladiště a modernizován vybudováním hygienické mléčnice a zařízením strojového dojení.

(Almanach, 1989)

4.1.2 Současnost

Obec Tajanov je díky své poloze (viz obrázek 13) ideálním místem pro život ve vesnickém prostředí, postrádá nevýhody spojené s odlehlými obcemi. Centrum města Klatov s vynikající občanskou vybaveností je vzdáleno cca 45 min chůze, nechybí samozřejmě spojení hromadnou dopravou osob. Prakticky lze Tajanov považovat za předměstí města Klatovy.



Obrázek 13 – Situační mapa obce Tajanov a města Klatovy (Mapy.cz, 2009)

Obec je proto vyhledávaným místem pro výstavbu nových rodinných domů, ačkoliv sama postrádá veškeré prvky občanské vybavenosti či možnost zaměstnání. Jediným větším objektem výrobního charakteru v obci s výjimkou dvou truhlářských dílen je šetřená stáj skotu (viz obrázek 13 – popisek „zdroj hluku“).

Při sčítání lidí domů a bytů v roce 1991 bylo v obci Tajanov sečteno celkem 204 trvale žijících obyvatel (Růžková, 1992). K 31. 12. 2008 uvádí stránky města Klatovy 272 trvale žijících obyvatel v obci Tajanov (Městský úřad, 2009).

Tento nárůst dokumentuje trend výstavby rodinných domů v obci, zejména v její západní části (kde se provede měření), jak je vidět na obrázku 14 – červeně zvýrazněná oblast označuje zastavěné pozemky od roku 1990 dodnes.



Obrázek 14 – Zastavěné území (červeně) po roce 1990 (Mapy.cz, 2009)

4.1.3 Zvolený objekt

Pro měření byl vybrán objekt – stáj, nacházející se v obci Tajanov u Klatov v Plzeňském kraji. Jde původně o typizovaný objekt vazného ustájení dojnic přebudovaný v roce 2007 na systém volného ustájení. Objekt se skládá z hlavní budovy (označena A viz obrázek 14), k níž náleží dva seníky na straně do vesnice (B a C viz obrázek 14 a 15). Seník označený C je používán jako parkoviště a sklad, objekt B pak k ustájení dojnic (viz obrázek 15).

V době měření byla celá stáj obsazena celkem 180 ks dojnic a 15–20 telaty. Personál sestává z 2 zaměstnanců na směnu (2 směny/den), zootechnika a krmiváře. V objektu je nainstalována rybinová dojírna 2x6 s navazujícím systémem chlazení mléka. Všechny ostatní technologické linky jsou v mobilním provedení. V provozu

jsou dva traktory ZETOR 7011, traktor NH TD90D s míchacím krmným vozem Labrador 90 a smykem řízený nakladač NH L 170.

4.2 Metodika měření

4.2.1 Legislativní prameny

Při měření bylo v rámci možností postupováno v maximálním možném souladu s českou legislativou. Na drobná odchylení od norem bude dále upozorněno. Vzhledem k použitému vybavení se jedná o měření orientační.

Základní legislativní a technické prameny upravující oblast měření hluku, podle nichž bylo postupováno:

- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů ze dne 14. července 2000
- Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ze dne 15. března 2006
- ČSN ISO 1996–1 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku v prostředí – Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení
- ČSN ISO 1996–2 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku v prostředí – Část 2: Určování hladin hluku prostředí
- Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí č. j. HEM-300-11.12.01-34065, vydaný ministerstvem zdravotnictví – hlavním hygienikem České republiky podle § 80 odst. 1 písm. a) zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů

4.2.2 Základní pojmy

V použitých legislativních a technických pramenech jsou definovány základní pojmy, které budou v této práci dále užity:

- **Místo příjmu** je místo, ve kterém je hluk posuzován (ČSN, 2009)
- **Časový interval měření** je časový interval, během něhož je prováděno jednotlivé měření (ČSN, 2009)

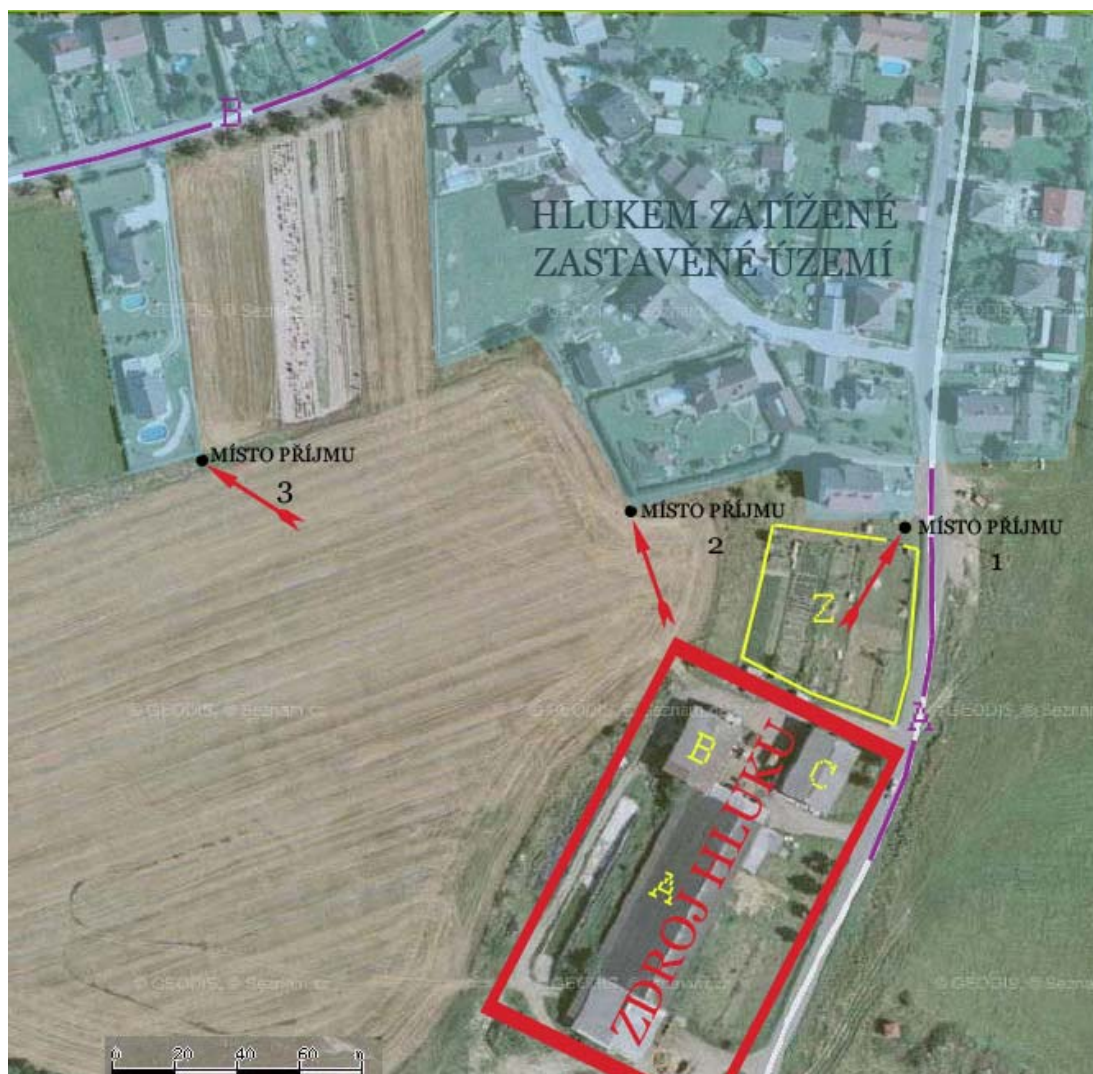
- **Časový interval sledování** je časový interval, během něhož je prováděna série měření (ČSN, 2009)
- **Venkovní prostor** jsou volná prostranství, která jsou užívána k rekreaci, sportu, léčení, zájmové a jiné činnosti, s výjimkou komunikací a prostor vymezených jako venkovní pracoviště (Ministerstvo, 2001)
- **Venkovním prostorem budov** je prostor do vzdálenosti 2 metry od stavby pro bydlení, stavby pro individuální rekreaci nebo stavby občanského vybavení (Ministerstvo, 2001)
- **Referenční časový interval** je doba stanovená pro hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (Česko, 2006): Hodnoty hluku s výjimkou vysokoenergetického impulsního hluku tvořeného impulsy ve venkovním prostoru vznikajícími při střelbě z těžkých zbraní, při explozích výbušnin s hmotností nad 25 g ekvivalentní hmotnosti trinitrotoluenu a při sonickém třesku, se vyjadřují ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A_{L_{Aeq,T}}$. V denní době se stanoví pro 8 souvislých a na sebe navazujících nejhlučnějších hodin ($L_{Aeq,8h}$), v noční době pro nejhlučnější 1 hodinu ($L_{Aeq,1h}$).
- **Noční dobou** se pro účely kontroly dodržení povinností v ochraně před hlukem a vibracemi rozumí doba mezi 22.00 a 6.00 (Česko, 2000)
- **Hluk pozadí** je veškerý hluk, který není působen měřeným zdrojem (Ministerstvo, 2001)
- **Hluk prostředí** je veškerý zvuk vyskytující se v dané situaci a v daném čase, je obvykle složen ze zvuku mnoha blízkých a mnoha vzdálených zdrojů (ČSN, 2004)
- **Specifický zvuk** je složka zvuku prostředí, která může být specificky identifikována a může být spojena se specifikovaným zdrojem (ČSN, 2004)

4.2.3 Místa příjmu

Vzhledem k tomu, že zadání práce neurčuje, zda má být měření provedeno ve venkovním prostoru nebo ve venkovním prostoru budov, byl zvolen venkovní prostor. Důvodem je snazší přístup k měřicím místům, neboť není nutné jednat s majiteli pozemků o povolení k přístupu na jejich soukromý pozemek.

V závislosti na volbě venkovního prostoru byla zvolena místa příjmu, která jsou rozhodující pro šíření hluku do chráněného prostoru, zejména na jeho hranici (viz obrázek 15) (Ministerstvo, 2001).

Byla vybrána celkem tři místa příjmu, dvě co možná nejbližže objektu k posouzení zatížení nejbližšího venkovního prostoru – jedno u bytového domu (u silnice), kde lze předpokládat větší ovlivnění měření silniční dopravou, druhé dále od pozemní komunikace a třetí místo ve větší vzdálenosti k posouzení šíření hluku do prostoru.



Obrázek 15 – Rozmístění míst příjmu v zájmové oblasti (Mapy.cz, 2009)

Místo příjmu 1

Bylo zvoleno na travnatém prostranství u bytového domu. Jde o nejbližší venkovní prostor ke sledovanému objektu. Nevýhodou je blízkost pozemní komunikace a dopravy na ní. Výhled na sledovaný objekt je přímý (viz obrázek 16), v prostoru mezi místem příjmu a objektem se nacházejí zahrádky náležící k bytovému domu (viz obrázek 15, oblast Z). Měření, vzhledem k umístění mikrofonu 1,5 m nad zemí, může být ovlivněno přítomností objektů (fóliovník, skleníky, ležící ocelový zásobník šrotu) v oblasti zahrádek a před ní. Vzdálenost místa příjmu od zdroje hluku je cca 100 m.

K zjištění vzdálenosti byl stejně jako v případě míst příjmu 2 a 3 použit nástroj „měření“ na serveru <http://www.mapy.cz>. Jako výchozí bod 0 pro měření vzdálenosti k místům příjmu byl zvolen střed průčelí hlavní budovy stáje A směřující do obce. Místo příjmu 1 je vzdáleno cca 10 m od krajnice vozovky a 11 m od rohu budovy bytového domu.



Obrázek 16 – Pohled z místa příjmu 1, u objektu B jsou vidět zásobníky šrotu

Místo příjmu 2

Bylo vybráno za účelem snížení vlivu hluku dopravy po blízké komunikaci na prováděné měření (viz obrázek 17). Vzdálenost od stáje činí 105 m a 100 m od krajnice vozovky.



Obrázek 17 – Pohled z místa příjmu 2

Místo příjmu 3

Vzhledem k získaným hodnotám z měření na místech příjmu 1 a 2 bylo určeno místo příjmu 3 k zjištění pronikání hluku do vzdálenějšího prostoru (viz obrázek 18). Místo příjmu 3 je 205 m daleko od zdroje.



Obrázek 18 – Pohled z místa příjmu 3

4.2.4 Měření hluku

Časovým intervalem sledování byl pro každé místo příjmu zvolen 1 den. Avšak vzhledem k obtížným meteorologickým podmínkám se celé měření každého místa příjmu nepodařilo uskutečnit v jednom dnu a obraz hlukové zátěže tak musel být získán po částech v delším časovém období.

V rámci časového intervalu sledování bylo provedeno 9 měření v časovém intervalu měření 1 hodina. Počet časových intervalů měření byl stanoven v souladu s metodickým pokynem Ministerstva (2001), aby byly zachyceny všechny typické hlukové situace, které se v místě vyskytují. V případě stacionárních zdrojů hluku se měření pro denní dobu provádí tak, aby bylo možno stanovit výslednou hladinu pro osm nejhluchnějších hodin v jednom celku, pro noční dobu pro nejhluchnější hodinu (referenční časový interval viz kapitola 4.2.2).

Za nejhluchnější noční hodinu byla po místním průzkumu určena hodina mezi 5. a 6. hodinou ranní (od 5 hodin probíhá dojení, do cca 8.30). Celek osmi nejhluchnějších hodin během dne byl v závislosti na místních podmínkách rozdělen od 6.00 do 12.00 a od 16.00 do 18.00 po domluvě s vedoucím práce. Rozdělení bylo

provedeno tak, aby došlo k zachycení typických operací probíhajících v objektu – ranního, odpoledního dojení a současně probíhajícího zakládání krmiva, popřípadě odklizu chlévské mrvy.

4.2.5 Měřicí souprava a kalibrace

K měření byl použit digitální hlukoměr Voltcraft SL-300 (viz obrázek 19), měřící hladinu zvuku v rozpětí: 30–130 dB a splňující požadavky na přístroj třídy 2 odpovídající IEC 61672–1:2002 (94 dB/1 kHz \pm 1.4 dB). Přístroj má kmitočtový rozsah 31,5–8 000 Hz a je napájen 9V baterií. Kromě standardních funkcí disponuje SL-300 funkcí pro registraci dat a možností přenosu dat přes USB kabel do PC pro další zpracování. Součástí je i software SL-300 pro ukládání a práci s naměřenými daty.

Během měření byl přístroj vybaven krytem proti větru, nasměrován na hodnocený objekt. Přístroj byl připevněn na stativu 1,5 m nad zemí a propojen USB kabelem s notebookem Hewlett-Packard 6735s, kde byly hodnoty zobrazovány ve formě grafu a ukládány v podobě souboru *.xls na pevný disk.

Rozsah měření byl nastaven na 30–80 dB při dynamické charakteristice FAST. Zařízení snímalo a ukládalo hodnotu hladiny akustického tlaku při použití váhového filtru A každé 2 s.

Kalibrace hlukoměru byla provedena před započítím měření na daném místě příjmu pomocí kalibrátoru Voltcraft Schallpegelkalibrator 326, splňujícího požadavky normy IEC 60942:2003 Class 2. Kalibrační frekvence 1 kHz při hladině akustického tlaku 94 dB.



Obrázek 19 – Měřicí souprava

4.2.6 Meteorologické podmínky

Meteorologické podmínky byly popsány pro každé měření. Vzhledem k nedostupnosti meteorologické stanice nebyly hodnoty měřeny přímo na místě, ale bylo využito dat z automatické klimatologické stanice Českého hydrometeorologického ústavu v Klatovech. Pro čas odpovídající počátku měření byly odečteny hodnoty teploty vzduchu, rychlosti větru a vlhkosti.

Při rychlosti větru větší než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ není měření přípustné (Ministerstvo, 2001).

4.2.7 Základní akustické deskriptory

Hodnoty naměřeného hluku jsou v grafech vyjádřeny jako hladina akustického tlaku při použití váhového filtru A a dynamické charakteristiky FAST v decibelech.

Podle ČSN (2009) byly vybrány dva deskriptory k popisu mapovaného proměnného hluku:

Ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,T}$, která byla vypočtena z naměřených hodnot podle vzorce (15) uvedeného v kapitole 2.6.2.1 pomocí programu Microsoft® Office Excel 2007.

Vzorec (15) pracuje se střední hladinou hluku v i -tém hladinovém intervalu. Intervaly byly zvoleny následovně (27,5; 32,5), (32,5; 37,5), (37,5; 42,5) atd. analogicky až do 102,5 dB. Pomocí funkce histogram byl soubor údajů vyhodnocen a byla zjištěna absolutní četnost naměřených hodnot v jednotlivých intervalech. Na základě znalosti doby trvání jednotlivých intervalů (počet hodnot uvnitř násobený 2 s) byla vypočtena relativní četnost intervalu vzhledem k celkové délce časového intervalu měření. Zjištěné hodnoty byly dosazeny do vzorce (15).

Ekvivalentní hladina akustického tlaku byla nejprve určena pro každou 1 hodinu měření – $L_{Aeq,1h}$ (zahrnuje i nejhlučnější noční hodinu) a také pro celých 8 (denních) hodin měření $L_{Aeq,8h}$.

Maximální hladina akustického tlaku L_{pAmax} , která byla určena pro každou 1 hodinu měření a následně i pro celých 8 (denních) hodin měření.

4.2.8 Nejistoty měření

V době vyhodnocování výsledků této práce došlo k sloučení původně existujících norem ČSN ISO 1996-1, 1996-2 a 1996-3 do norem ČSN ISO 1996-1 a 1996-2. Tím nastal rozkol s původním Metodickým návodem pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí (Ministerstvo, 2001) uveřejněným na stránkách Národní referenční laboratoře 8. 12. 2001, který odkazuje na neexistující odstavce ve výše zmíněných normách. Vzhledem k tomu, že nebylo možné zjistit, jak se prakticky správně provádí stanovení nejistot a měření bylo provedeno na každém místě příjmu pouze jednou (nikoliv opakovaně, aby bylo možno provádět statistické vyhodnocení), byly zavedeny pouze tyto nejistoty měření:

Ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ – rozšířená nejistota $U_{AB} = \pm 2,1$ dB na základě odhadu uvedeného v Metodickém pokynu ministerstva (2001), příloha D, tabulka D.1, pro zvukoměr druhé třídy v exteriéru a odstup hluku od pozadí 4–10 dB.

V případě zavedení nejistoty meteorologických podmínek podle tabulky B.1 téhož pokynu (Ministerstvo, 2001) by směrodatná odchylka nabyla hodnoty $s_m = 2$ dB a hodnota celkové rozšířené nejistoty podle vzorce v části D.2 by pak byla

$U_{AB} = \pm 4,5$ dB. Tato nejistota bude použita při porovnávání zjištěných hodnot s legislativními limity.

Pro maximální hladinu akustického tlaku L_{pAmax} a distribuční hladinu $L_{A90,T}$ nebude nejistota vzhledem k nedostatku podkladů zvlášť určena. Obecně lze uvažovat stejnou nebo vyšší nejistotu jako v případě $L_{Aeq,T}$ vzhledem k použitému vybavení a metodice práce zahrnující pouze jeden časový interval sledování na každém místě příjmu.

V práci budou dále uváděny pouze hodnoty bez zahrnuté nejistoty.

4.2.9 Hodnocení výsledků

Hodnocení výsledků měření je obtížným úkolem, který následuje po získání všech hodnot terénním měřením. Vzhledem k zadání a původní myšlence práce měřit hlukové zatížení lidských obydlí byla vybrána tři místa příjmu na hranici obytného prostoru (viz kapitola 4.2.3).

Pro tyto místa je charakteristická poměrně velká vzdálenost od zdroje (viz kapitola 4.2.3). Není proto možné postupovat podle doporučení v normách vztahujících se na výrobní provozy, neboť v jejich případě se jedná o měření emise zvuku, zatímco v případě měřicích míst už o imise.

Byly vybrány dva základní akustické deskriptory k popisu měřeného hluku, jak uvádí kapitola 4.2.7. Je však nutno podotknout, že uváděné výsledné hodnoty $L_{Aeq,T}$ a L_{pAmax} nepopisují hlukové zatížení způsobné pouze sledovanou stájí, nýbrž celkový hluk prostředí v daném místě.

Na jeho tvorbě se významným způsobem podílí pozemní komunikace vedoucí podél stáje jako i komunikace v obci, provoz na silnici I. třídy Klatovy – Domažlice vzdálené v nejbližším místě pouhých 800 m, stejně jako klatovské železniční nádraží a mnohé další zdroje.

Problémem je, že tento hluk nelze rozdělit a měřit odděleně jednotlivé zdroje jako například danou stáj. Normy doporučují měřit zvlášť hluk pozadí, což by bylo možné pouze v případě, že by mohl být zkoumaný zdroj vypnut. To však v případě stáje dojníc nelze, provoz probíhá sedm dní v týdnu.

V případech, kdy je hluk zdroje ustálený a kdy je nemožné časově oddělené měření hluku zdroje a hluku pozadí, tvořeného nepravidelně proměnným hlukem

např. z dopravy, umožňuje metodický pokyn ministerstva (2001) považovat za $L_{Aeq,T}$ zdroje hluku distribuční hladinu $L_{A90,T}$.

Ačkoliv se v případě hodnocené stáje nejedná o celkově ustálený zdroj, některé dílčí zdroje hluku ve stáji tuto vlastnost vykazují – chlazení mléka, vývěvy dojícího zařízení; zároveň je hlavním zdrojem hluku pozadí ovlivňujícím naměřené hodnoty hluk z dopravy. Proto bude pro účely hodnocení dále zavedena distribuční hladina $L_{A90,T}$, která představuje hladinu akustického tlaku A překročenou v 90 % doby T uvažovaného časového intervalu (Menc, 2003).

Jako možnost posouzení hlukového zatížení produkovaného pouze sledovanou stájí se nabízí subjektivní posouzení. To bude provedeno na základě dodatečných údajů shromážděných během měření přímo na místě. Sluchovou kontrolou situace a jejím porovnáním se zobrazovaným grafem záznamu během měření byl popsán a zaznamenán čas všech hlavních výkyvů křivky hladiny akustického tlaku A a jejich příčiny (zdroj, původce). U každého hodinového grafu z jednotlivých míst měření budou v části „Poznámky“ uvedeny příklady zaznamenaných vzruchů. K odkazu na komunikace, části objektu a jiné budou použita písmena vyznačená na obrázku 15 (vysvětlivky viz kapitola 4.1.3).

K podpoře závěrů subjektivního hodnocení bylo navíc provedeno doplňující měření hluku způsobovaného vybranými jednotlivými zdroji ve sledované stáji (viz obrázek 20). Mezi tyto hlavní zdroje bylo zařazeno: kydání chlévské mrvy v objektu B, hluk způsobovaný vně stáje umístěnými kompresory a ventilátory zařízení na chlazení mléka (stanoviště CH viz obrázek 20) a doplňování šrotu (stanoviště Š viz obrázek 20). Ostatní zdroje byly vyhodnoceny jako méně významné, neboť probíhají nebo se nacházejí uvnitř objektu a dochází tak k významnému útlumu již při průchodu vlnění ven ze stáje. Časový interval měření byl nastaven na 120 s s intervalem záznamu 1 s. Měření bylo provedeno ve vzdálenostech 10 a 20 m (místa příjmu a směry viz obrázek 20), kde bylo možno i z bezprostřední blízkosti 2 m.



Obrázek 20 – Stanoviště doplňkového měření dílčích zdrojů hluku (Mapy.cz, 2009)

K popisu naměřeného hluku z jednotlivých vzdáleností byla použita ekvivalentní hladina akustického tlaku $L_{Aeq,120s}$ v případě operace kydání chlívské mrvy v objektu B. Hladina akustického tlaku v tomto měření vykazovala větší rozkolísání než u ostatních měření v důsledku charakteru prováděné činnosti. U měření hluku emitovaného chladicím zařízením a při doplňování šrotu byla použita distribuční hladina $L_{A90,120s}$, neboť se jedná o ustálené zdroje na proměnném pozadí hluku z dopravy (Ministerstvo, 2001).

Pro zhodnocení hlukové situace bude u hodinových grafů v kapitole 5. Výsledky uveden základní popis jednotlivých měření. Ten se bude skládat ze:

- základních meteorologických údajů (teplota, vlhkost vzduchu, rychlost větru),
- základních akustických deskriptorů $L_{Aeq,1h}$ a L_{pAmax} ,
- distribuční hladiny $L_{A90,1h}$,
- data, kdy bylo provedeno měření,
- stručného popisu hlavních zdrojů způsobujících výkyvy křivky hladiny akustického tlaku L_{pA}

K porovnání výsledných hodnot s českou legislativou budou použity nejvyšší přípustné hladiny podle kapitoly 4.2.10. Na základě těchto hodnot mohou nastat tři odlišné situace:

1. Nejvyšší přípustná hladina (NPH) prokazatelně není překročena
($L_{Aeq,T} + 4,5 \text{ dB} < \text{NPH}$)
2. Nejvyšší přípustná hladina prokazatelně je překročena
($L_{Aeq,T} + 4,5 \text{ dB} > \text{NPH}$)
3. Nejvyšší přípustná hladina leží v pásmu nejistoty měření
($\text{NPH} - 4.5 \text{ dB} \leq L_{Aeq,T} \leq \text{NPH} + 4,5 \text{ dB}$)

Grafy pro účely této práce byly zpracovány pomocí programovacího jazyka, prostředí pro statistické výpočty a grafiku „R“. „R“ je volně šiřitelný software na základě GNU General Public License, dostupný na <http://www.r-project.org/>.

K orientačnímu výpočtu útlumu hluku vzdáleností ve venkovním prostoru byl použit následující vzorec (Mička, 2004):

$$L_{pi+1} = L_{pi} + K \log \frac{r_i}{r_{i+1}} + K_{odr} \quad [\text{dB}] \quad (16)$$

kde:

L_{pi+1} ...hladina akustického tlaku ve vzdálenosti r_{i+1} [dB]

L_{pi} ...hladina akustického tlaku ve vzdálenosti r_i [dB]

r_i ...vzdálenost v místě 1 [m]

r_{i+1} ...vzdálenost v místě 2 [m]

K ...konstanta útlumu (10 pro bodový zdroj hluku)

K_{odr} ...koeficient respektující vliv odrazivosti okolních ploch (1 pro dané podmínky)

4.2.10 Hygienické limity hluku

Hygienické limity hluku stanovuje ve svém textu Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací v § 11 Hygienické limity hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru, odstavec 4.

Hygienický limit v ekvivalentní hladině akustického tlaku A, s výjimkou hluku z leteckého provozu a vysokoenergetického impulsního hluku, se stanoví součtem základní hladiny akustického tlaku A $L_{Aeq,T}$ se rovná 50 dB a korekcí přihlížející ke druhu chráněného prostoru a denní a noční době podle přílohy č. 3 (viz tabulka 4) k tomuto nařízení (Česko, 2006).

Tabulka 4 – Korekce pro stanovení hygienických limitů hluku v chráněném venkovním prostoru staveb a chráněném venkovním prostoru (Česko, 2006)

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

Korekce uvedené v tabulce se nesčítají.

Pro noční dobu se pro chráněný venkovní prostor staveb přičítá další korekce -10 dB, s výjimkou hluku z dopravy na železničních drahách, kde se použije korekce -5 dB.

Vysvětlivky:

- 1) Použije se pro hluk z veřejné produkce hudby, hluk z provozoven služeb a dalších zdrojů hluku s výjimkou letišť, pozemních komunikací, nejde-li o účelové komunikace, a dále s výjimkou drah, nejde-li o železniční stanice zajišťující vlakotvorné práce, zejména rozřadování a sestavu nákladních vlaků, prohlídku vlaků a opravy vozů.
- 2) Použije se pro hluk z dopravy na pozemních komunikacích, s výjimkou účelových komunikací, a drahách.
- 3) Použije se pro hluk z dopravy na hlavních pozemních komunikacích v území, kde hluk z dopravy na těchto komunikacích je převažující nad hlukem z dopravy na ostatních pozemních komunikacích. Použije se pro hluk z dopravy na dráhách v ochranném pásmu dráhy.
- 4) Použije se v případě staré hlukové zátěže z dopravy na pozemních komunikacích a dráhách, kdy starou hlukovou zátěží se rozumí stav hlučnosti působený dopravou na pozemních komunikacích a drahách, který v chráněných venkovních prostorech staveb a v chráněném venkovním prostoru vznikl do 31. prosince 2000. Tato korekce zůstává zachována i po položení nového povrchu vozovky, výměně kolejového svršku, popřípadě rozšíření vozovek při zachování směrového nebo výškového vedení pozemní komunikace nebo dráhy, při kterém nesmí dojít ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru staveb a v chráněném venkovním prostoru a pro krátkodobé objízdné trasy.

Vzhledem k povaze měřeného hluku na místě příjmu 1 bude v práci dále užitá korekce číslo 4, která se používá v případě staré hlukové zátěže na pozemních komunikacích. Práce se sice nezabývá hlukem z pozemních komunikací a nepoužívá metodiku pro měření hluku ze silniční dopravy, nicméně hluk z přilehlé komunikace A, která splňuje podmínku staré hlukové zátěže, tvoří významnou složku celkového hluku prostředí na místě příjmu 1 a 2.

Pro místo příjmu 3, které se nachází ve větší vzdálenosti od pozemní komunikace a dochází tak ke snížení jejího vlivu, bude použita nejvyšší přípustná hladina 50 dB bez korekce.

V práci nebude použita korekce na noční dobu, neboť jak uvádí poznámka pod tabulkou 4 – další korekce -10 dB se vztahuje na chráněný venkovní prostor staveb (do 2 m od fasády), zatímco práce se zabývá pouze chráněným venkovním prostorem (viz kapitola 4.2.3).

Z výše uvedeného tedy vyplývá, že budou použity následující nejvyšší přípustné hladiny pro místo příjmu 1 a 2 = 70 dB pro den i noc, místo příjmu 3 = 50 dB pro den i noc.

5. Výsledky

5.1 Místo příjmu 1

Místo příjmu 1, čas 5.00–6.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 56,8$ dB

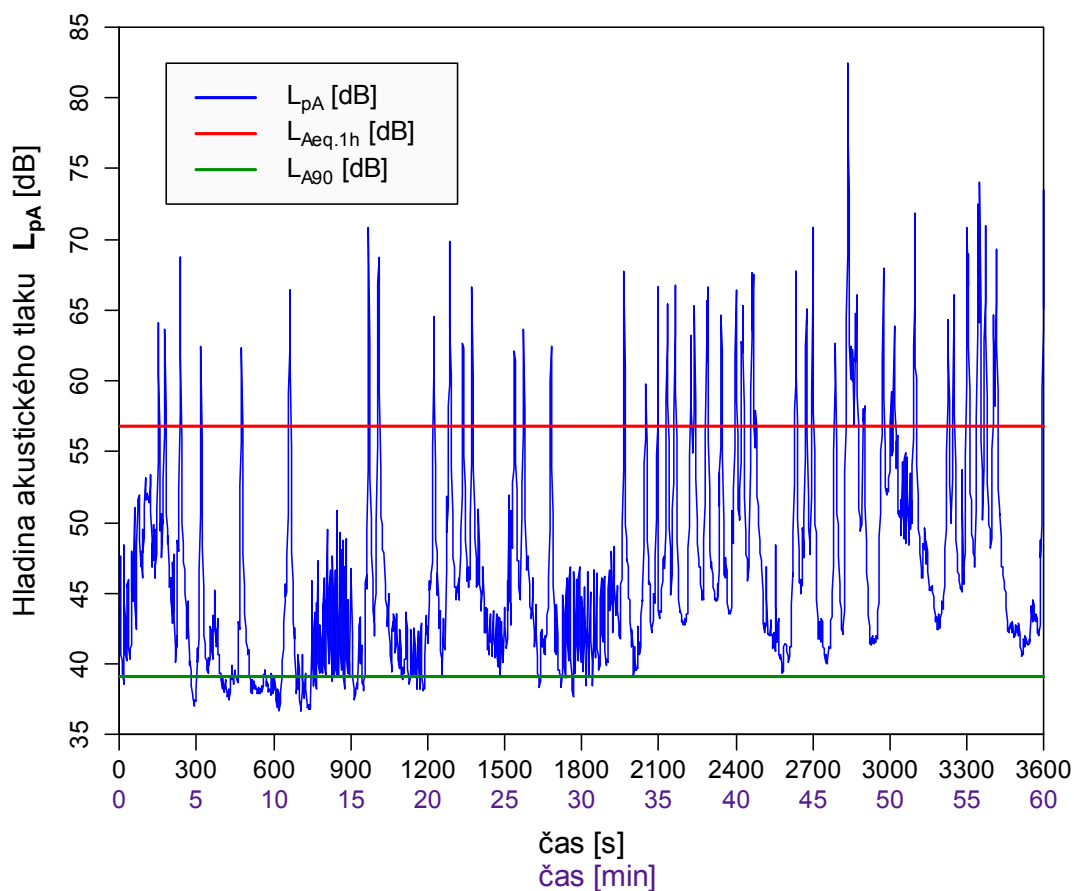
Teplota vzduchu: 2 °C

$L_{A90,1h} = 39,1$ dB

Rychlost větru: 0 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 82,5$ dB

Vlhkost: 94 %



Obrázek 21 – Záznam z místa příjmu 1, čas 5.00–6.00

Poznámky:

- hluk ze stáje naprosto bezvýznamný
- první aktivita ve stáji v 5.37 krmení telat – bez hluku
- hluk vývěv dojírny není poslechem patrný
- hlavní složka hlukového pozadí – ustálený hluk provozů z města, doprava
- všechna překročení hranice 50 dB v záznamu jsou způsobena průjezdy osobních automobilů (dále OA) po přilehlé komunikaci „A“

Místo příjmu 1, čas 6.00–7.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 63,7$ dB

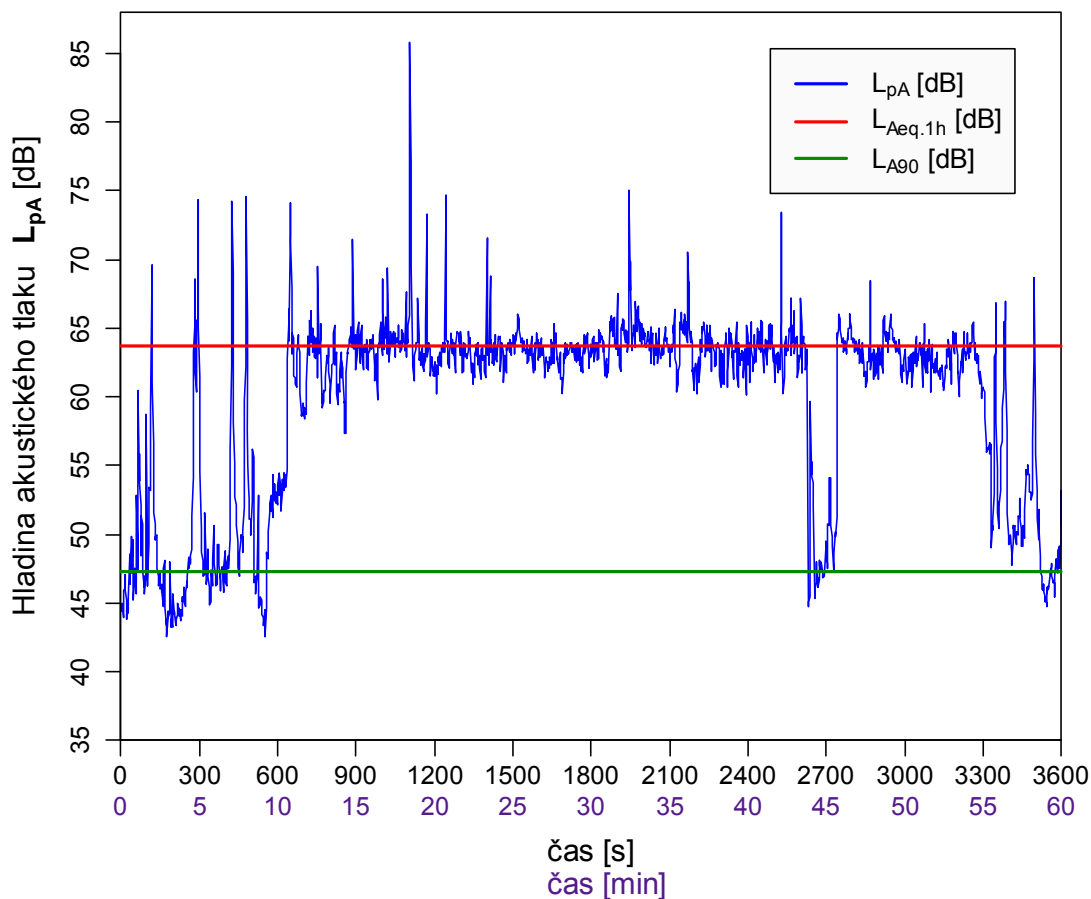
Teplota vzduchu: 3 °C

$L_{A90,1h} = 47,3$ dB

Rychlost větru: 0 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 85,8$ dB

Vlhkost: 93 %



Obrázek 22 – Záznam z místa příjmu 1, čas 6.00–7.00

Poznámky:

- do cca 6.10 normální provoz, výkyvy křivky způsobují automobily na přilehlé komunikaci
- od 6.10 zahájeno doplňování šrotu do zásobníků u stáje – nárůst hladiny
- v 6.43 doplněn první zásobník – pokles, přepojení potrubí k druhému, výkyvy v části poklesu – rány kladiva při přepojování
- v cca 6.54 dokončeno plnění a opět nastává normální stav, kdy je záznam silně ovlivněn projíždějícími automobily
- v 6.18 dosažena maximální hladina akustického tlaku rychlým průjezdem OA

Místo příjmu 1, čas 7.00–8.00 (23. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 57$ dB

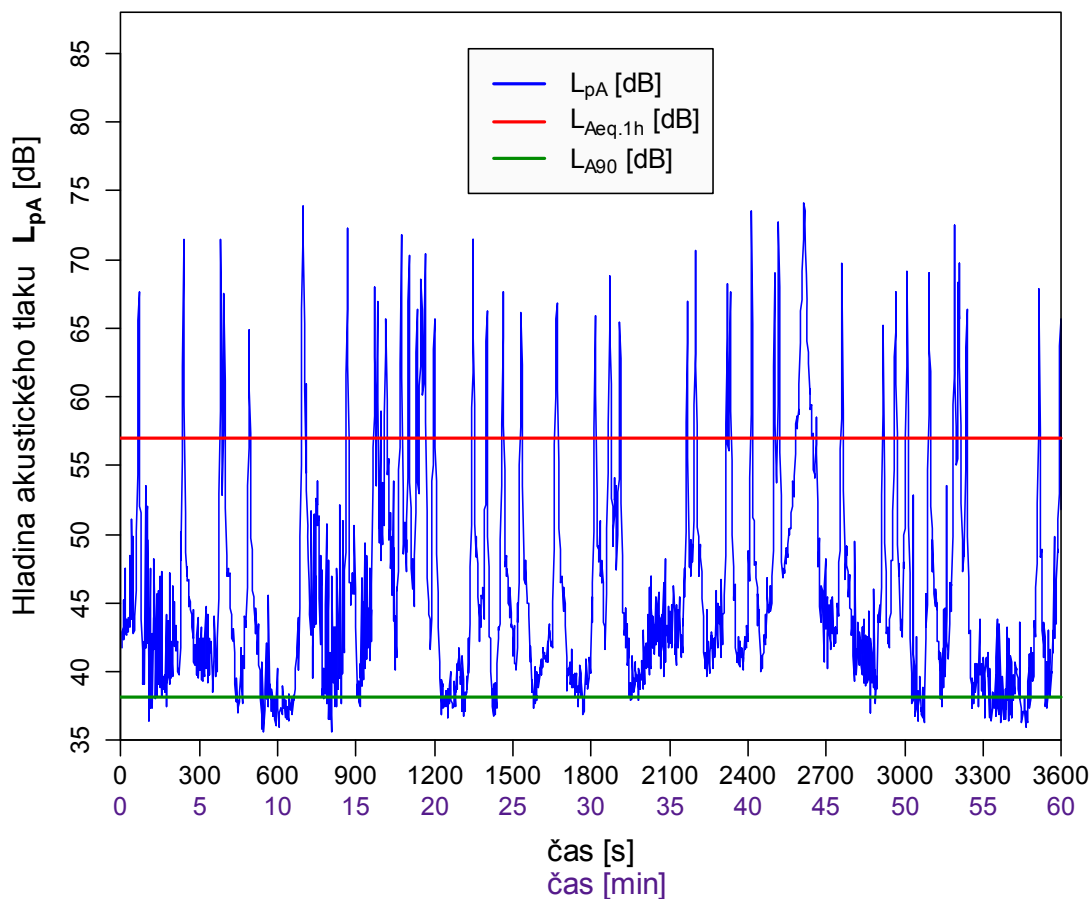
Teplota vzduchu: 6 °C

$L_{A90,1h} = 38,2$ dB

Rychlost větru: 1,2 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 74,1$ dB

Vlhkost: 84 %



Obrázek 23 – Záznam z místa příjmu 1, čas 7.00–8.00

Poznámky:

- veškeré hlavní výkyvy křivky jsou způsobeny pohybem po pozemní komunikaci, dále je uvedeno několik příkladů různých zdrojů
- 7.01:20 průjezd OA, okolo biohluk působený ptáky
- 7.05 vysoko letící letadlo
- 7.11:15 průjezd silničního motocyklu
- 7.12:30 hlasitý průlet letadla
- 7.56 a dále – ptačí zpěv
- zhuštěný záznam mezi 7.17 a 7.20 mohl být pravděpodobně způsoben malou přeháňkou

Místo příjmu 1, čas 8.00–9.00 (23. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 57,3$ dB

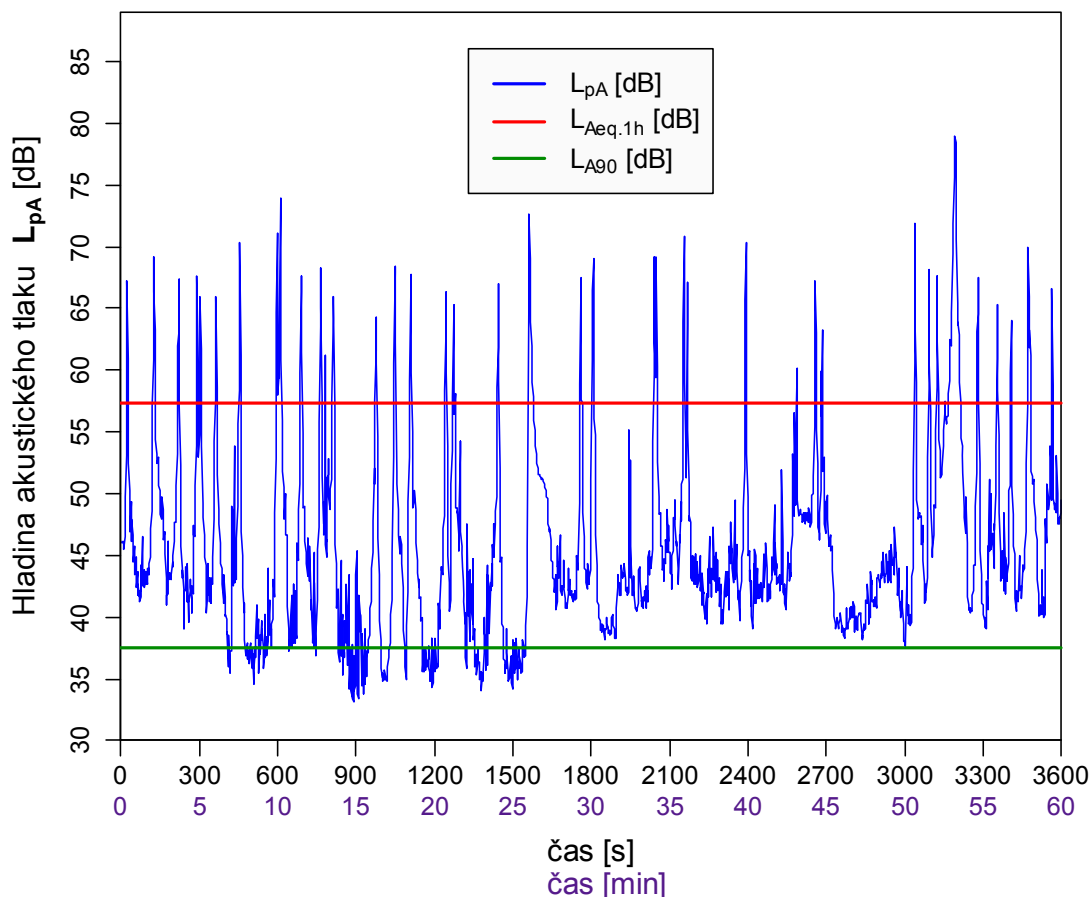
Teplota vzduchu: 7 °C

$L_{A90,1h} = 37,5$ dB

Rychlost větru: 1,3 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 79$ dB

Vlhkost: 75 %



Obrázek 24 – Záznam z místa příjmu 1, čas 8.00–9.00

Poznámky:

- krátce po 8.07 je v záznamu ukryto klepání kladiva v objektu stáje, zaniká v bezprostředně následujícím průjezdu OA
- v 8.12:15 je v záznamu patrný příjezd vlaku na nádraží v Klatovech
- v objektu stále probíhá dojení, sluchovou kontrolou je patrná činnost vývěvy dojičního zařízení, avšak na záznamu není znatelná
- v 8.36 se v záznamu objevuje letadlo
- 8.58 v hluku projíždějících vozidel zaniká příjezd krmicího vozu do areálu stáje
- maximální hladina akustického tlaku v 8.53 byla způsobena průjezdem traktoru po pozemní komunikaci

Místo příjmu 1, čas 9.00–10.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 57,8$ dB

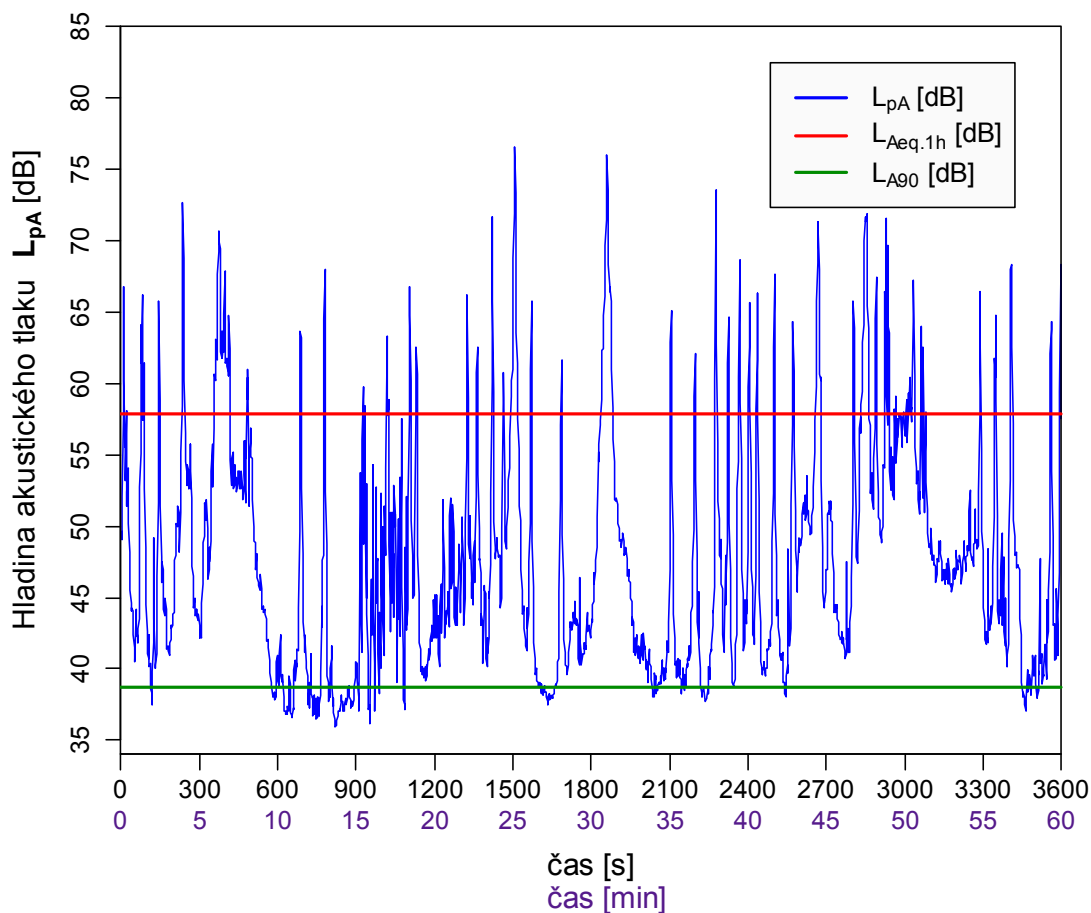
Teplota vzduchu: 12 °C

$L_{A90,1h} = 38,7$ dB

Rychlost větru: 0,5 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 76,6$ dB

Vlhkost: 51 %



Obrázek 25 – Záznam z místa příjmu 1, čas 9.00–10.00

Poznámky

- 9.04 průjezd nákladního automobilu
- 9.05 na úrovni lehce překračující 50 dB byl zachycen pohyb smykem řízeného nakladače NH L170
- 9.15–9.19 průjezdy OA, štěkot psa, průlet letadla
- 9.31 projíždí traktor po přilehlé komunikaci
- 9.48–9.50 je na úrovni L_{pA} patrný úsek, kdy došlo k zachycení dávkování šrotu ze zásobníků do míchacího krmného vozu, který zároveň prováděl míchání

Místo příjmu 1, čas 10.00–11.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 54,4$ dB

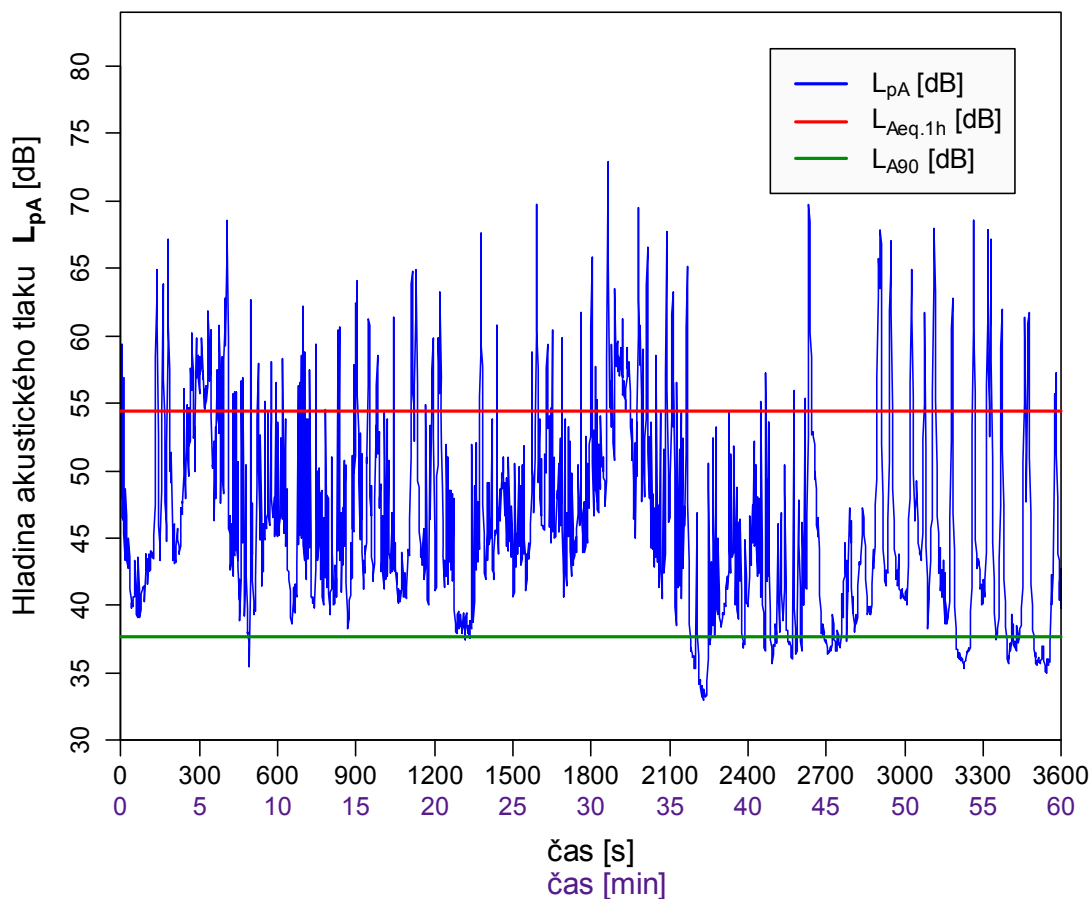
Teplota vzduchu: 15 °C

$L_{A90,1h} = 37,7$ dB

Rychlost větru: 1 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 72,9$ dB

Vlhkost: 43 %



Obrázek 26 – Záznam z místa příjmu 1, čas 10.00–11.00

Poznámky

- 10.04–10.05 je patrný vzrůst hladiny způsobený příjezdem fekálního vozu a údery kladiv pokrývačů, kteří na prostranství u stáje pokrývají přístřešky pro telata
- 10.09 a dále je zhuštěný záznam způsoben větším množstvím probíhajících dějů – pohyb fekálního vozu, pokrývači, krmný vůz míchá a pojíždí do stáje
- 10.30 průjezd osobního automobilu, celkový růst hladiny v oblasti okolo 10.32 je způsoben fekálním vozem, který se nejdříve přibližuje a následně vzdaluje od stanoviště
- 10.44 rychlý průjezd nákladního vozu Avia

Místo příjmu 1, čas 11.00–12.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 55,5$ dB

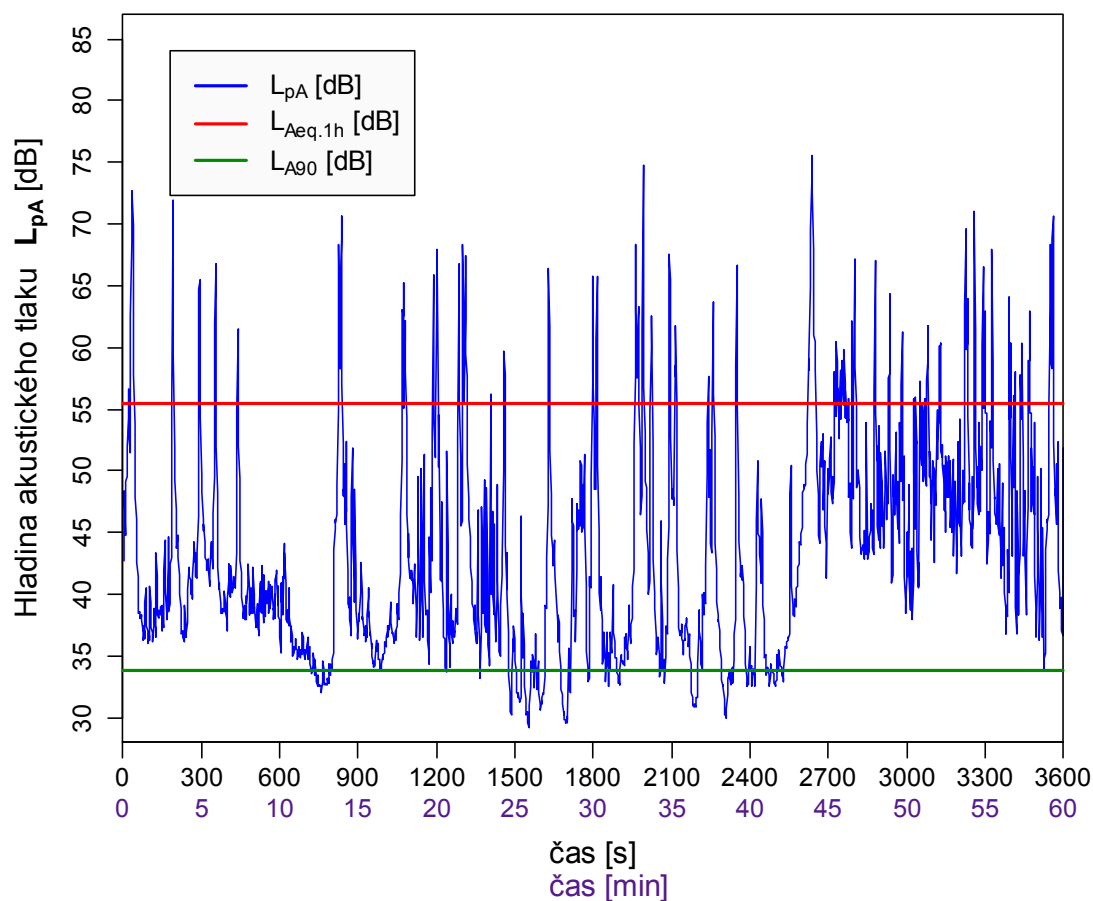
Teplota vzduchu: 18 °C

$L_{A90,1h} = 33,8$ dB

Rychlost větru: 2,8 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 75,6$ dB

Vlhkost: 38 %



Obrázek 27 – Záznam z místa příjmu 1, čas 11.00–12.00

Poznámky

- 11.07–11.10 pravidelný psí štěkot
- 11.33 osobní automobil (tuning)
- 11.45 průjezd fekálního vozu kolem seníku na louku přiléhající ke komunikaci

Místo příjmu 1, čas 16.00–17.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 55$ dB

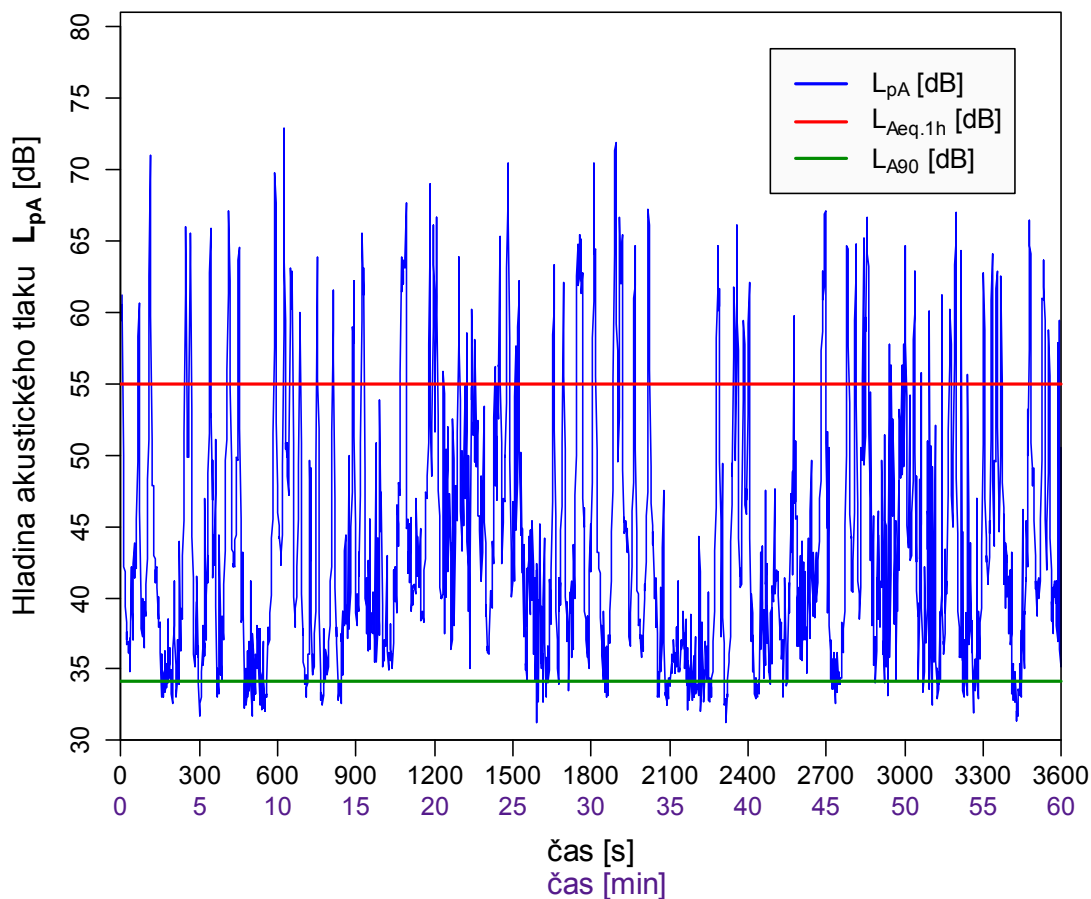
Teplota vzduchu: 17 °C

$L_{A90,1h} = 34,2$ dB

Rychlost větru: 2,5 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 72,9$ dB

Vlhkost: 39 %



Obrázek 28 – Záznam z místa příjmu 1, čas 16.00–17.00

Poznámky:

- v záznamu není patrný běh dojírny ve stáji během odpoledního dojení
- 16.05:20 v záznamu je viditelný biohluk dobytka ze stáje (47 dB)
- 16.07 – tři OA za sebou
- 16.21 a dále je záznam rušen dětmi, které si hrají v zahrádkách bytového domu (Z)
- 16.31 a další podobná vychýlení křivky byla způsobena průjezdy OA po přiléhající komunikaci
- od 16.47 je zvýšená hustota záznamu v pásmu 35–50 dB způsobena souvislým štěkotem psa

Místo příjmu 1, čas 17.00–18.00 (22. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 53,6$ dB

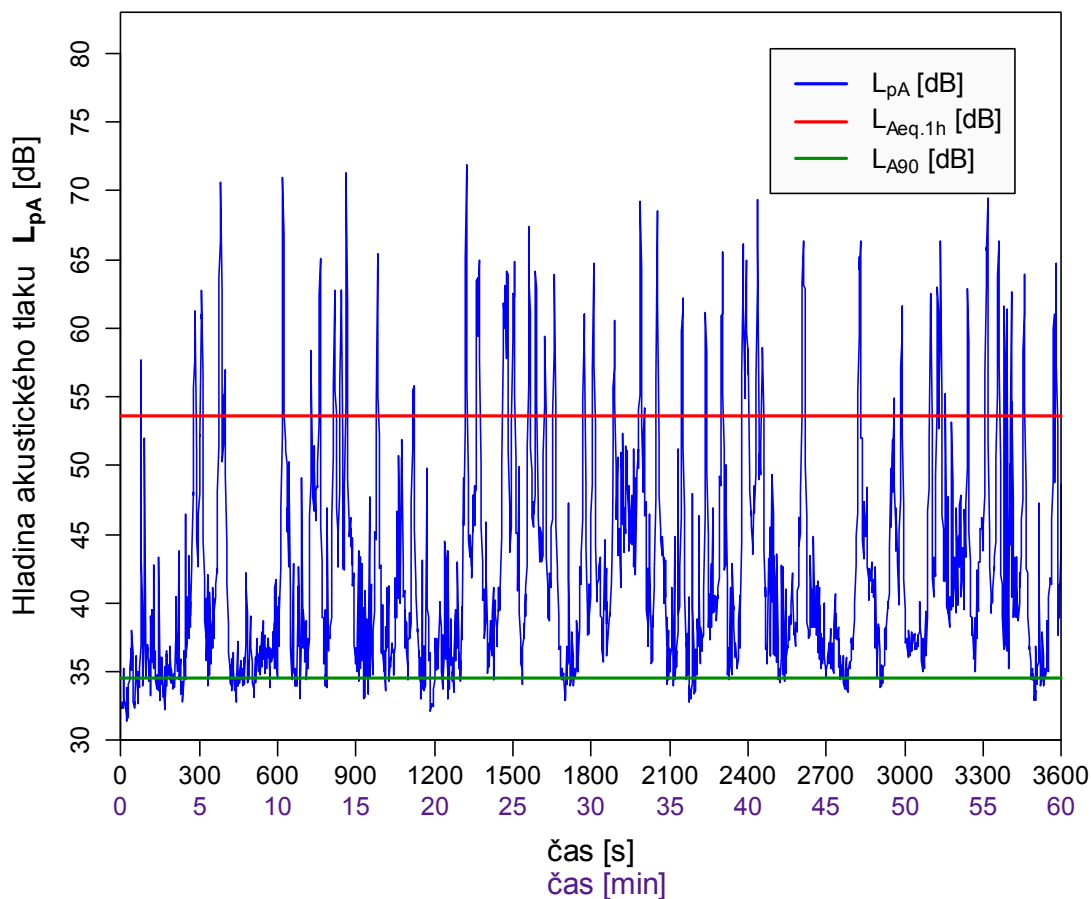
Teplota vzduchu: 17 °C

$L_{A90,1h} = 34,6$ dB

Rychlost větru: 2,8 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 71,9$ dB

Vlhkost: 40 %



Obrázek 29 – Záznam z místa příjmu 1, čas 17.00–18.00

Poznámky

- souvisle zvýšená hladina na 45–50 dB v rozmezí cca 17.32–17.33 – průlet motorového větroně
- všechny ostatní vyšší výkyvy jsou způsobené průjezdy vozidel po přilehlé komunikaci
- v 17.33 opět začíná štěkat pes
- od 17.55 se zvedá vítr a jeho poryvy způsobují v záznamu nahuštění křivky

5.2 Místo příjmu 2

Místo příjmu 2, čas 5.00–6.00 (15. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 43,9$ dB

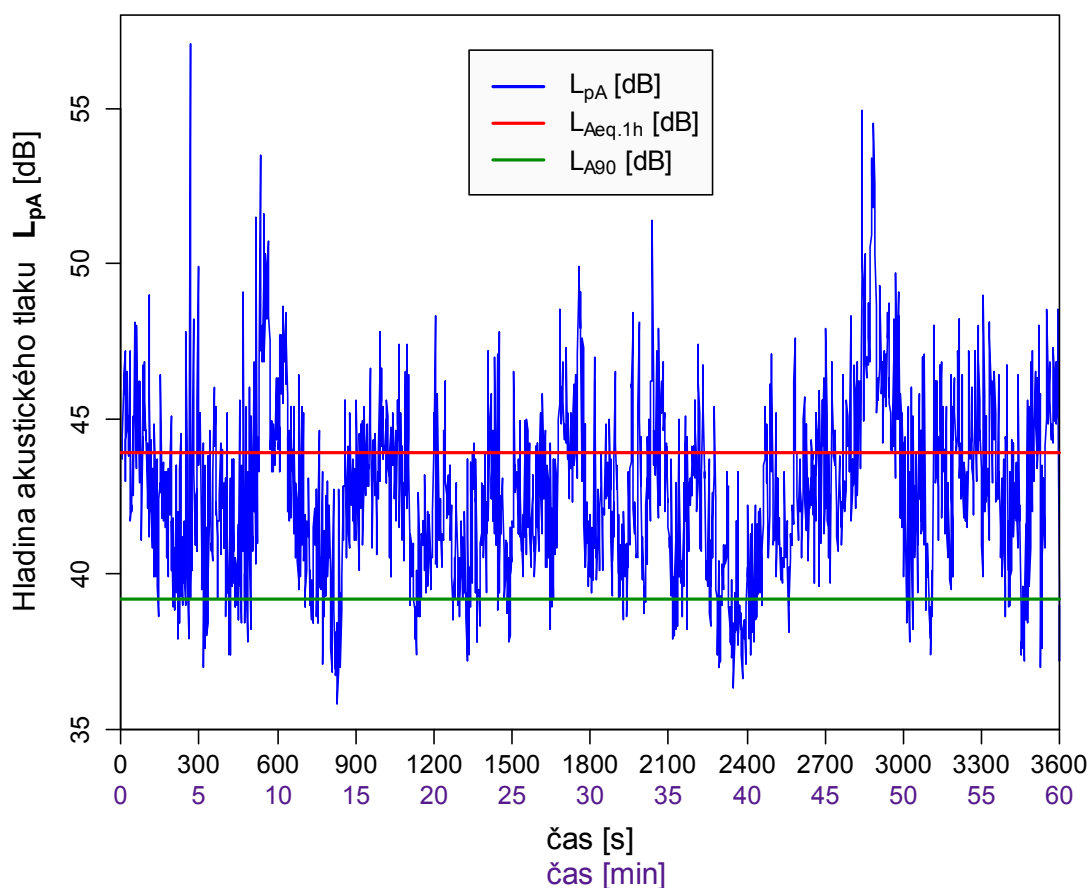
Teplota vzduchu: 17 °C

$L_{A90,1h} = 39,2$ dB

Rychlost větru: 3,2 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 57,1$ dB

Vlhkost: 83 %



Obrázek 30 – Záznam z místa příjmu 2, čas 5.00–6.00

Poznámky:

- 5.04:30 neznámý náhodný vzruch
- 5.09 rychle jedoucí osobní automobil „B“
- 5.13–5.14 ticho
- 5.42 osobní automobil „B“, okolo biohluk – pták
- 5.46 a nárůst za – k vesnici se blíží traktor vezoucí šrot po komunikaci „B“
- v záznamu jsou celkově nejvíce patrné osobní automobily přijíždějící po komunikaci „B“, přičemž vykazují různou výšku hladiny v závislosti na rychlosti příjezdu do obce, hluk vývěv není v záznamu patrný

Místo příjmu 2, čas 6.00–7.00 (15. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 63,5$ dB

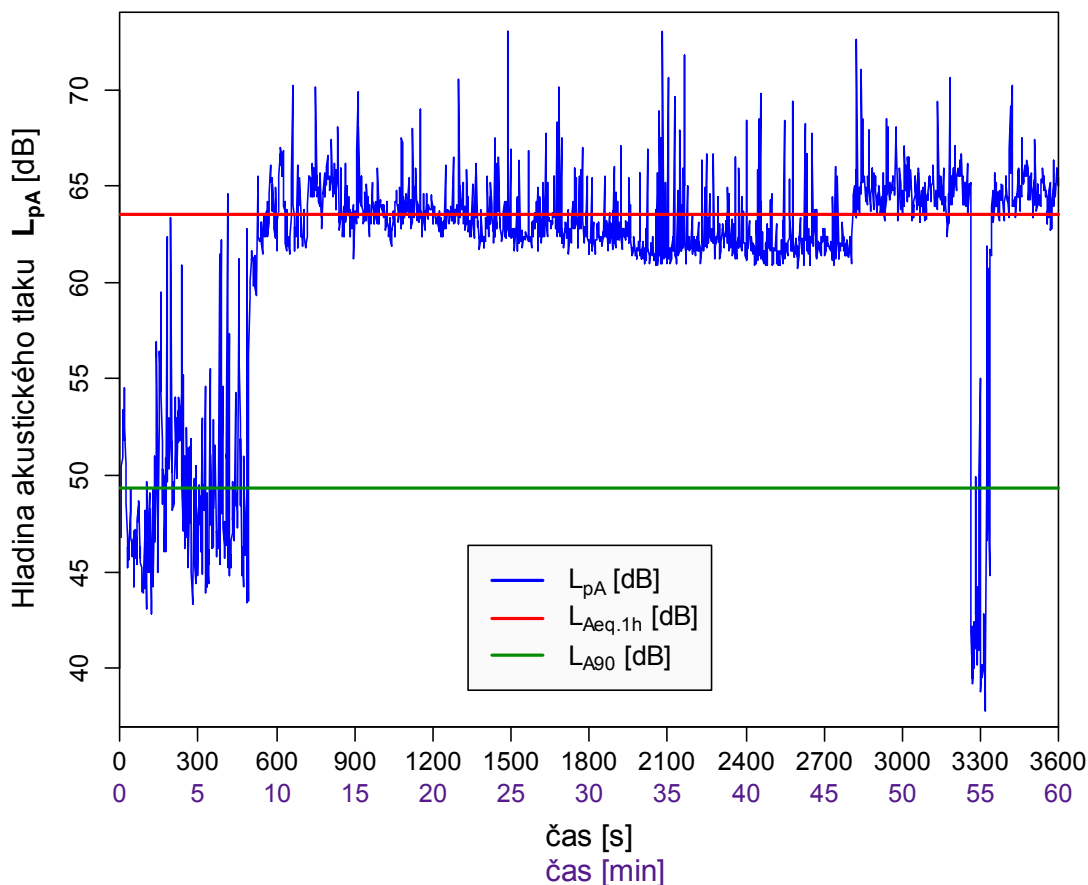
Teplota vzduchu: 18,5 °C

$L_{A90,1h} = 49,3$ dB

Rychlost větru: 1,9 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 73$ dB

Vlhkost: 79 %



Obrázek 31 – Záznam z místa příjmu 2, čas 6.00–7.00

Poznámky:

- v prvních 4 minutách záznamu je vidět příjezd vozu se šrotem po „A“ ve směru ze vsi a jeho zpomalení, odbočení do prostoru stáje a zastavení pod zásobníky
- 6.05–6.08 záznam rušen štěkajícím psem v prostoru zahrádek
- 6.07:30 rány kladivem během připojování hadice k zásobníku šrotu
- 6.08 doplňování započato – rozběh ventilátoru
- 6.37 pohyb dalšího traktoru v areálu
- 6.47 zřejmě v závislosti na úbytku materiálu začíná vůz rezonovat
- 6.54 doplněn první zásobník, klepání, odpojení hadice, montáž na druhý zásobník
- 6.56 opětovný nárůst – doplňování druhého zásobníku

Místo příjmu 2, čas 7.00–8.00 (15. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 55,8$ dB

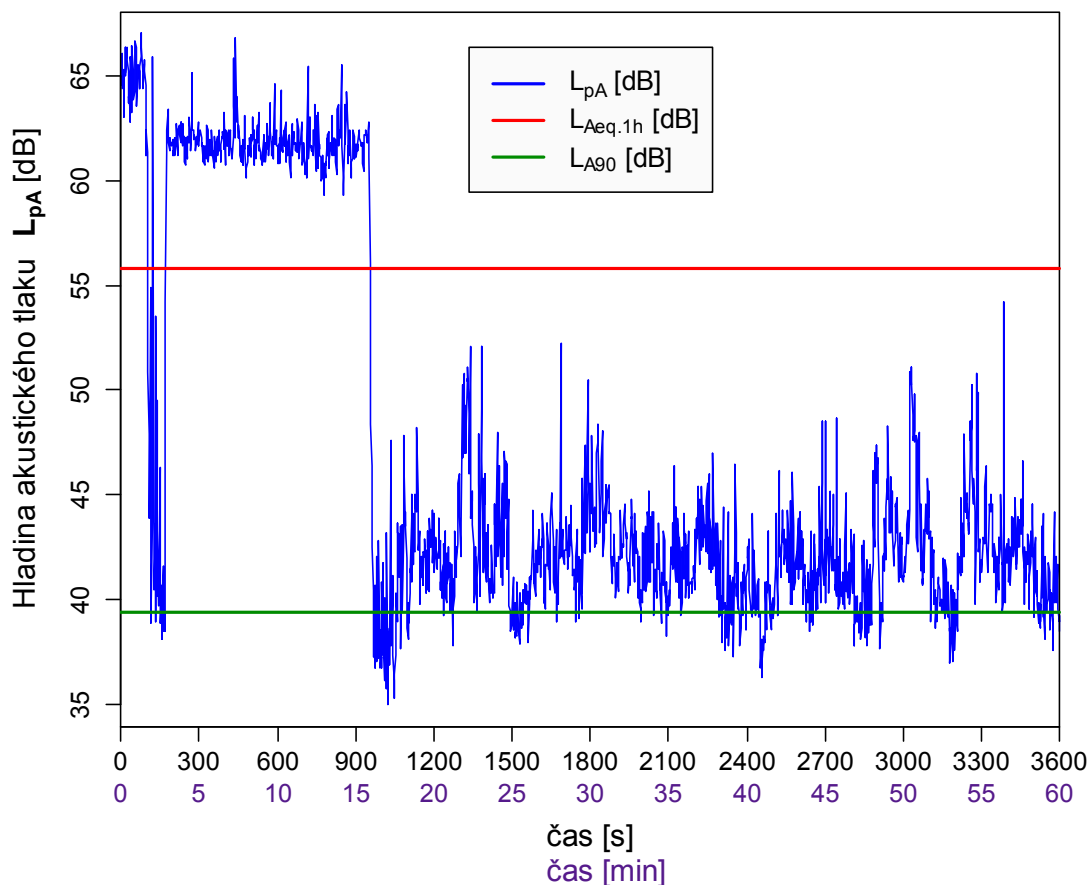
$L_{A90,1h} = 39,4$ dB

$L_{pAmax} = 67$ dB

Teplota vzduchu: 21 °C

Rychlost větru: 2,5 m.s⁻¹

Vlhkost: 68 %



Obrázek 32 – Záznam z místa příjmu 2, čas 7.00–8.00

Poznámky:

- 7.02 přerušeno plnění druhého zásobníku
- 7.03 obnoveno plnění druhého zásobníku
- 7.16 dokončeno doplňování
- 7.22 odjezd vozu se šrotem
- dále je v prostoru stáje absolutní klid, v záznamu je hlavním zdrojem hluku soustavně štěkající pes v prostoru zahrádek

Místo příjmu 2, čas 8.00–9.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 43,8$ dB

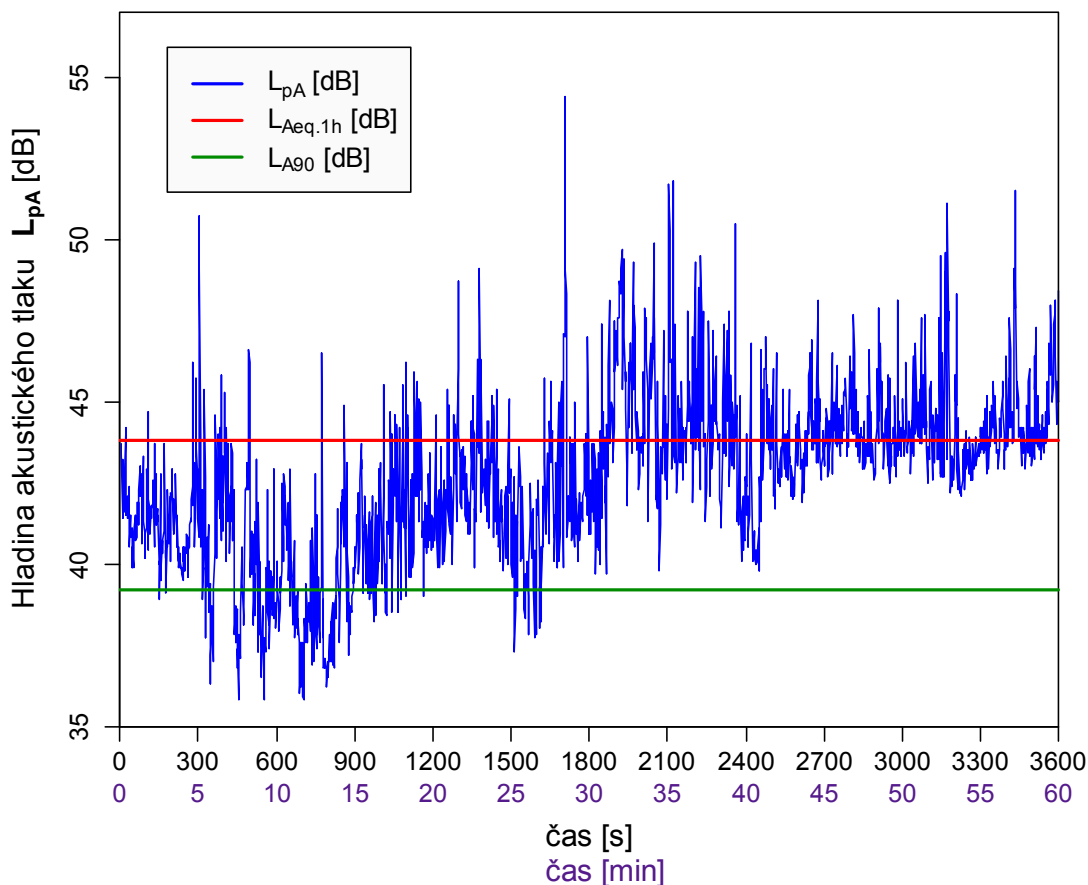
Teplota vzduchu: 15 °C

$L_{A90,1h} = 39,2$ dB

Rychlost větru: 2,4 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 54,4$ dB

Vlhkost: 91 %



Obrázek 33 – Záznam z místa příjmu 2, čas 8.00–9.00

Poznámky:

- 8.05 odjezd mlékaře po komunikaci „A“
- záznam vykazuje postupně rostoucí hladinu hluku a je ovlivněn zdroji hluku na pozadí, jako je sečení v sadu nebo vysekávání porostu pod ohradníkem pastviny motorovou kosou
- 8.29 rána na nedalekém staveništi
- 8.31 pohyb NH L170 na prostranství, pokračující záznam zachycuje zakládání krmiva v objektu B
- 8.36 přehánění skotu v objektu B – křik, bušení do hrazení
- 8.39 odjezd krmného vozu
- 8.52 štěkot psa

Místo příjmu 2, čas 9.00–10.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 46,8$ dB

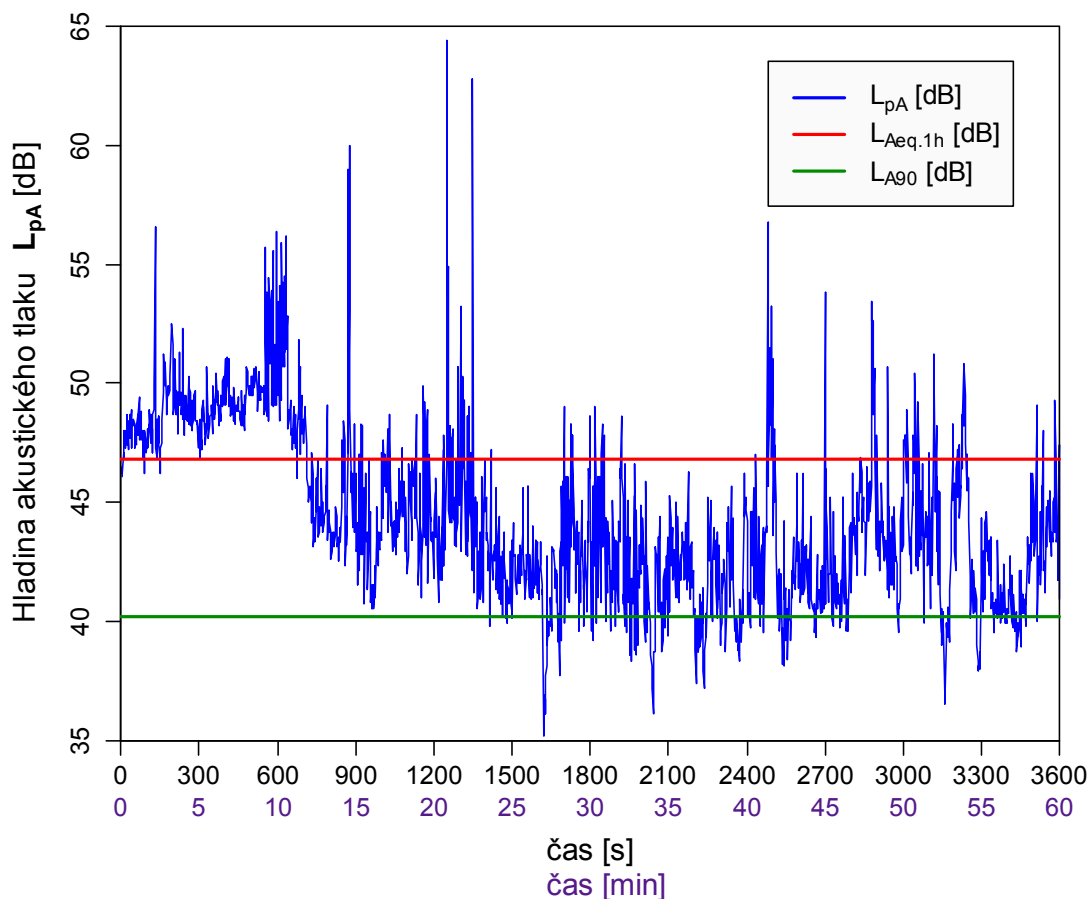
$L_{A90,1h} = 40,2$ dB

$L_{pAmax} = 64,4$ dB

Teplota vzduchu: 16 °C

Rychlost větru: 2,5 m.s⁻¹

Vlhkost: 89 %



Obrázek 34 – Záznam z místa příjmu 2, čas 9.00–10.00

Poznámky:

- 9.00–9.09 dávkování šrotu ze zásobníků do míchacího krmného vozu
- 9.09 pípání signalizace váhy vozu – naplněno
- 9.22 NH L170 troubí ve stáji
- 9.42 průjezd traktoru po silnici „A“
- 9.44 kydání a nakládka mrvy v objektu B, na záznamu pouze lehká tendence vzrůstu hladiny
- 9.52 odjezd naloženého traktoru s mrvou
- 9.58 vlak

Místo příjmu 2, čas 10.00–11.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 45,4$ dB

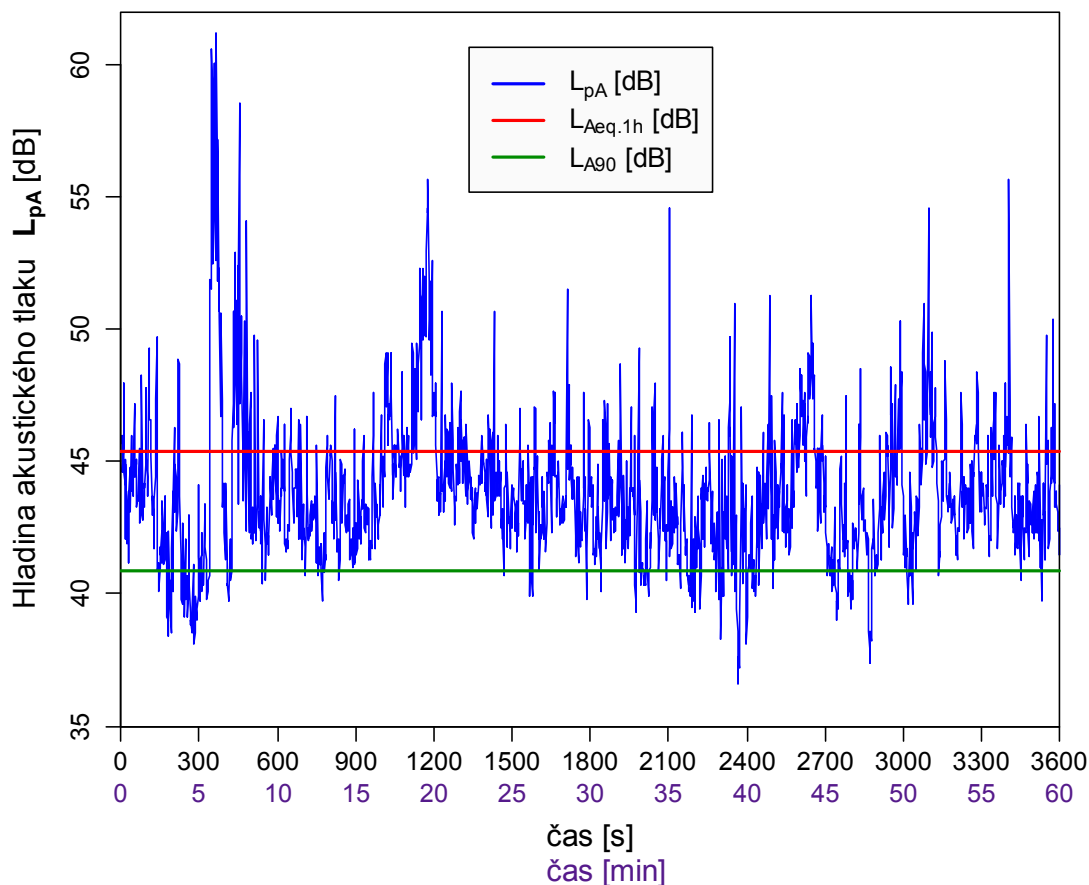
Teplota vzduchu: 18 °C

$L_{A90,1h} = 40,9$ dB

Rychlost větru: 2,7 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 61,2$ dB

Vlhkost: 76 %



Obrázek 35 – Záznam z místa příjmu 2, čas 10.00–11.00

Poznámky

- 10.02 návrat prázdného traktoru k naložení mrvy
- 10.06 průjezd traktoru kolem seníku
- nárůst hladiny od 10.15 – průjezd traktoru po silnici A, přibližuje se od Kalu, totožný záznam s maximem v čase 10.51
- 10.43 NH L170 se pohybuje uvnitř seníku, vyhrnuje
- 10.52 průjezd traktoru kolem seníku

Místo příjmu 2, čas 11.00–12.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 44,7$ dB

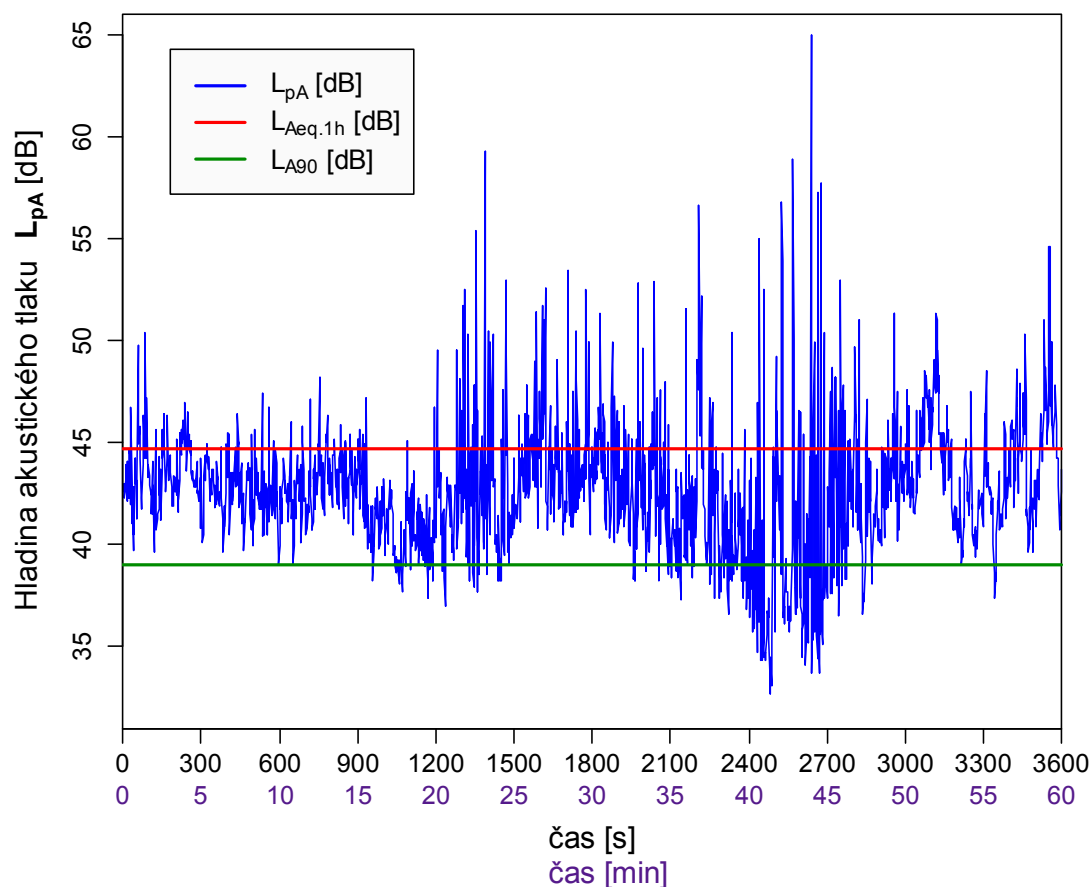
$L_{A90,1h} = 39$ dB

$L_{pAmax} = 65$ dB

Teplota vzduchu: 18,5 °C

Rychlost větru: 2,8 m.s⁻¹

Vlhkost: 68 %



Obrázek 36 – Záznam z místa příjmu 2, čas 11.00–12.00

Poznámky:

- 11.20 odjezd traktoru
- od 11.21 začíná vytrvale štěkat pes v blízkých zahradách, pokračuje až do konce měření
- 11.36 odjezd traktoru vezoucího chlěvskou mrvu

Místo příjmu 2, čas 16.00–17.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 42,5$ dB

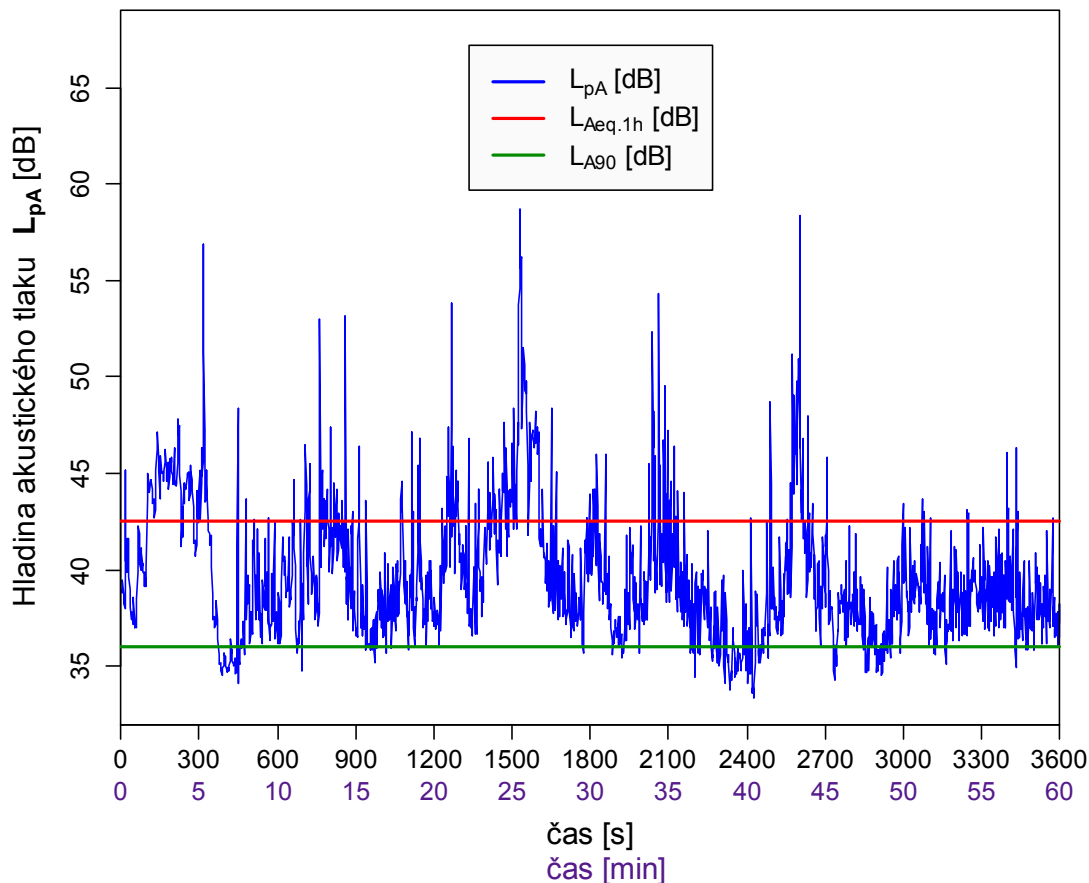
$L_{A90,1h} = 36$ dB

$L_{pAmax} = 58,7$ dB

Teplota vzduchu: 17 °C

Rychlost větru: 2,6 m.s⁻¹

Vlhkost: 78 %



Obrázek 37 – Záznam z místa příjmu 2, čas 16.00–17.00

Poznámky:

- 16.02–16.06 motorová sekačka na trávu
- 16.05, 16.13 rány ze stáje
- 16.18 osobní automobil – komunikace A
- 16.21 kamion ze silnice Klatovy – Domažlice
- v prostoru stáje klid, výkyvy křivky jsou způsobeny aktivitou občanů u svých domů, provozem silnicích, zpěvem ptáků, štěkotem psů

Místo příjmu 2, čas 17.00–18.00 (16. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 39,5$ dB

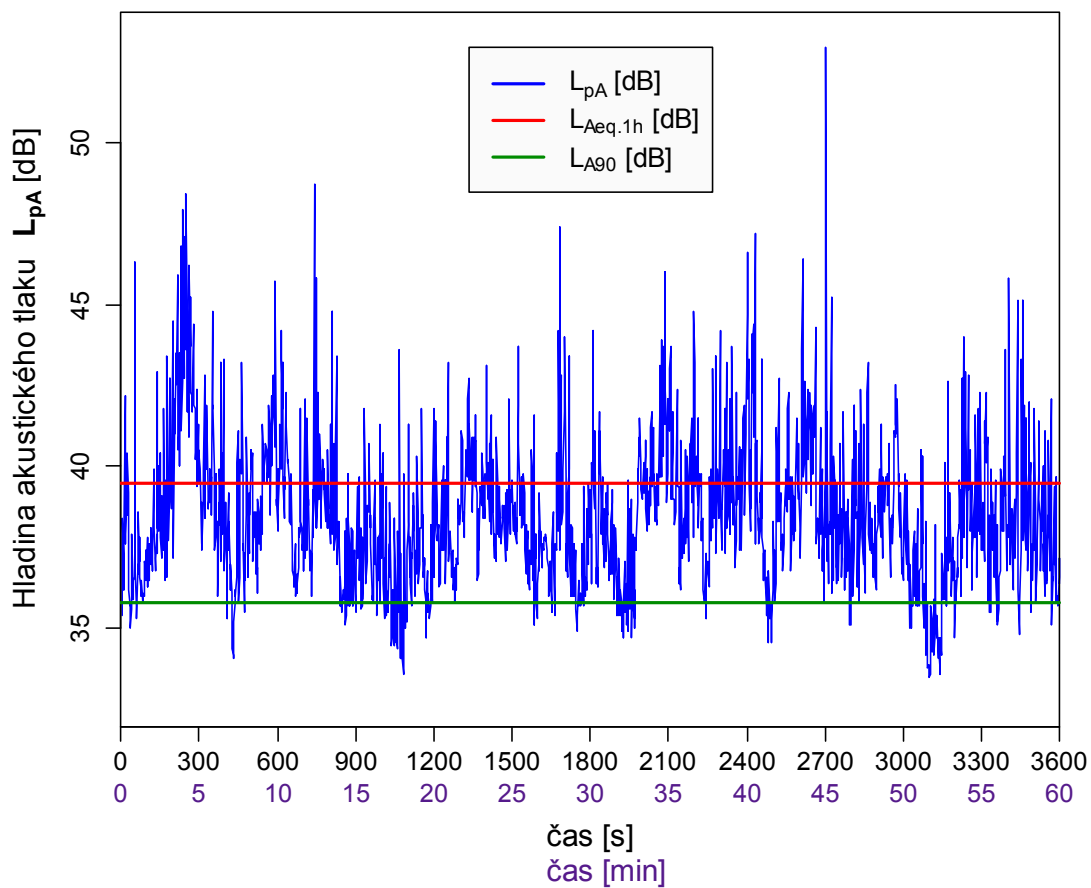
$L_{A90,1h} = 35,8$ dB

$L_{pAmax} = 52,9$ dB

Teplota vzduchu: 19 °C

Rychlost větru: 3 m.s⁻¹

Vlhkost: 60 %



Obrázek 38 – Záznam z místa příjmu 2, čas 17.00–18.00

Poznámky:

- 17.04 průlet letadla
- 17.12 ptáci
- 17.27 křik
- 17.54 hluk ze zahrad

5.3 Místo příjmu 3

Místo příjmu 3, čas 5.00–6.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 41$ dB

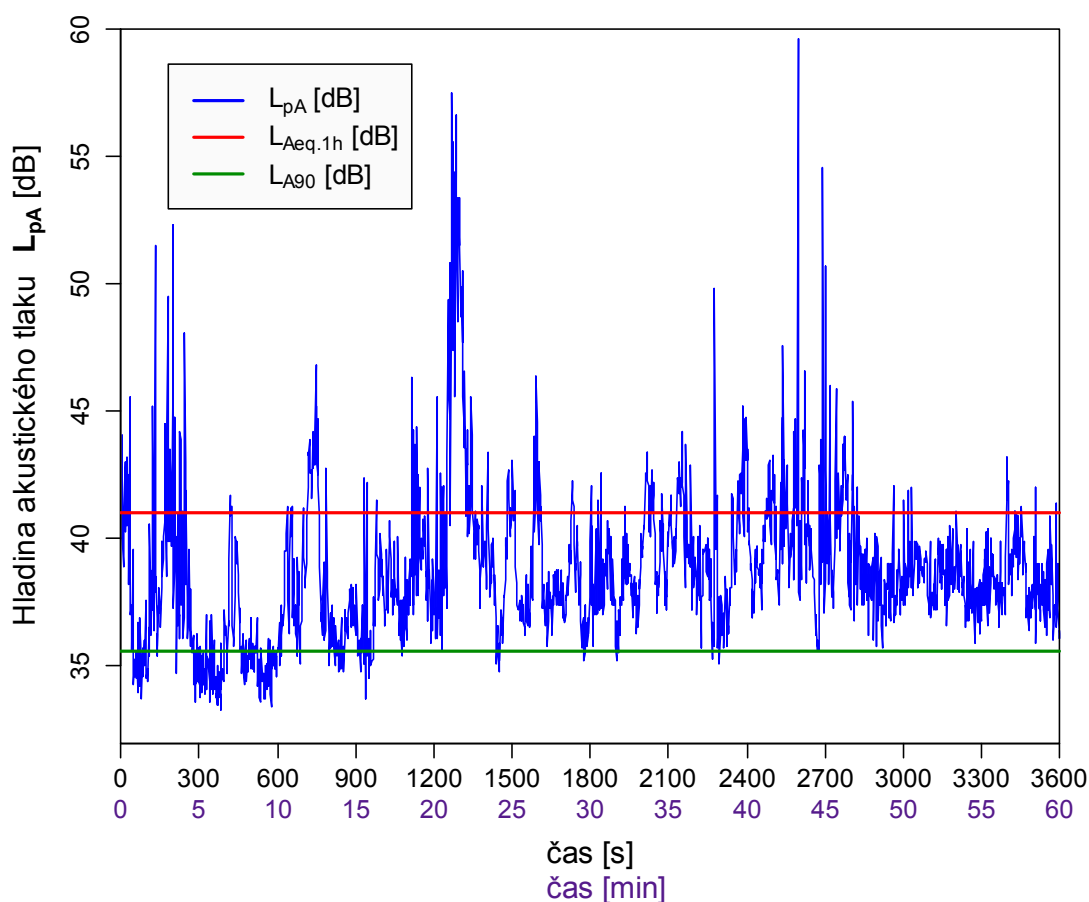
$L_{A90,1h} = 35,6$ dB

$L_{pAmax} = 59,6$ dB

Teplota vzduchu: 3 °C

Rychlost větru: 1,2 m.s⁻¹

Vlhkost: 89 %



Obrázek 39 – Záznam z místa příjmu 3, čas 5.00–6.00

Poznámky:

- na pozadí je slyšet hluk vývěvy dojícího zařízení, jinak je v objektu klid
- zvýšené hodnoty jsou způsobeny průjezdy osobních automobilů. Na místo příjmu 3 doléhá s různou intenzitou hluk dopravy jak z komunikace A, B, tak i hlavní silnice Klatovy – Domažlice, nejsou však zachycována všechna vozidla. Projev v záznamu je značně závislý na rychlosti průjezdu vozidla.

Místo příjmu 3, čas 6.00–7.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 58,4$ dB

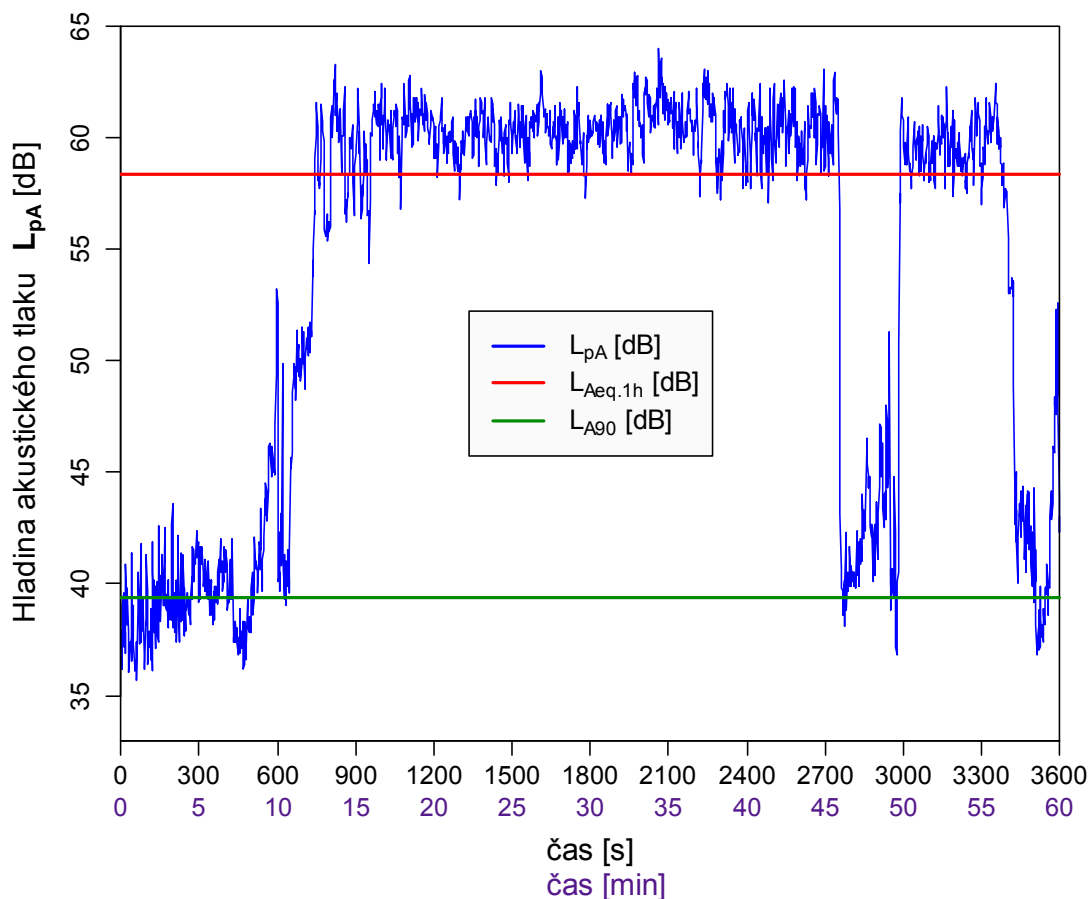
$L_{A90,1h} = 39,4$ dB

$L_{pAmax} = 64$ dB

Teplota vzduchu: 3 °C

Rychlost větru: 1,2 m.s⁻¹

Vlhkost: 89 %



Obrázek 40 – Záznam z místa příjmu 3, čas 6.00–7.00

Poznámky:

- 6.07–6.09 příjezd traktoru se šrotem
- 6.11 začátek doplňování zásobníku
- 6.46 konec doplňování, přepojování na druhý
- 6.48 osobní automobil na komunikaci B
- 6.49 doplnění druhého zásobníku
- 6.57 doplňování dokončeno

Místo příjmu 3, čas 7.00–8.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 46,3$ dB

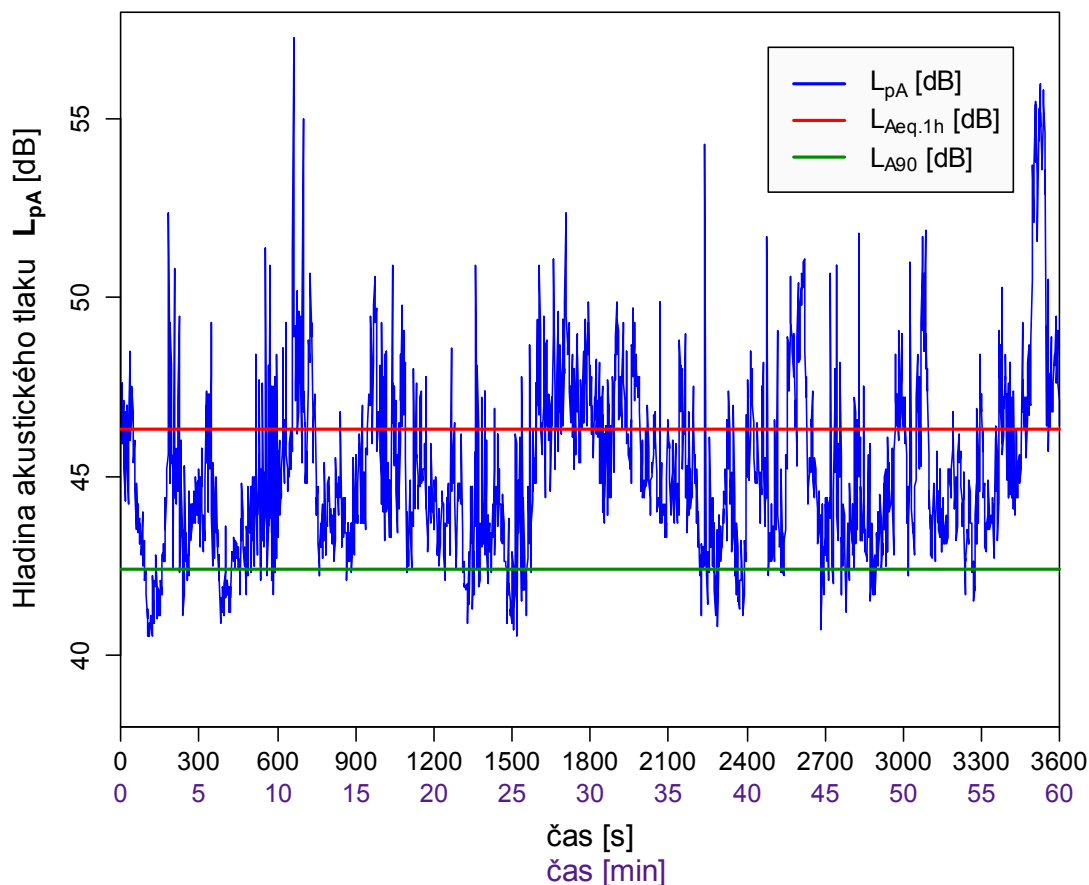
Teplota vzduchu: 3,5 °C

$L_{A90,1h} = 42,4$ dB

Rychlost větru: 0 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 57,3$ dB

Vlhkost: 88 %



Obrázek 41 – Záznam z místa příjmu 3, čas 7.00–8.00

Poznámky:

- 7.10 osobní automobil – komunikace B
- 7.17 práce univerzálního zemního stroje na nedaleké stavbě
- 7.26 dva automobily za sebou na komunikaci B
- 7.55 univerzální zemní stroj přestal pracovat
- 7.56 práce s úhlovou bruskou na staveništi

Místo příjmu 3, čas 8.00–9.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 43,4$ dB

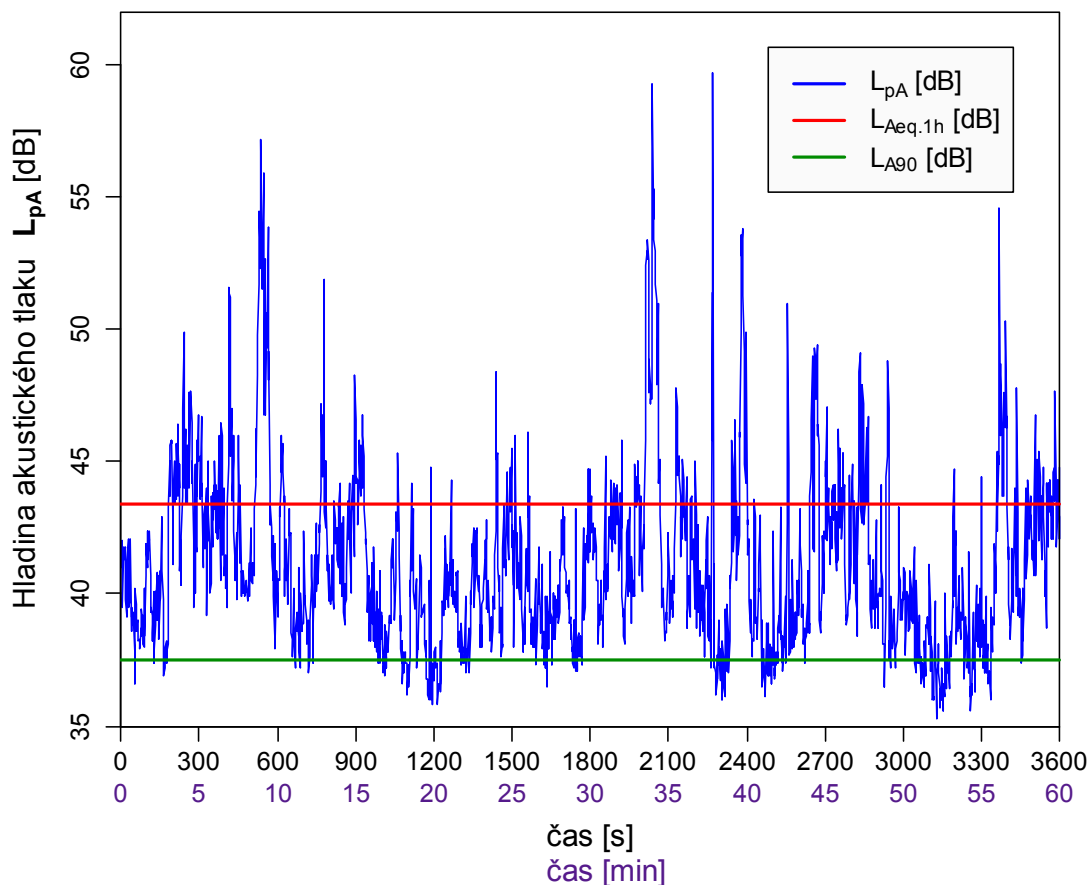
Teplota vzduchu: 4 °C

$L_{A90,1h} = 37,5$ dB

Rychlost větru: 1,4 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 59,7$ dB

Vlhkost: 89 %



Obrázek 42 – Záznam z místa příjmu 3, čas 8.00–9.00

Poznámky:

- 8.03 osobní automobil na komunikaci B
- 8.08 průjezd traktoru s nastýlacím vozem po komunikaci B
- 8.26 ptačí zpěv
- 8.30 do záznamu opět vstupuje univerzální zemní stroj pracující na blízkém staveništi
- 8.34 návrat nastýlacího vozu zpět po komunikaci B
- 8.38 motocykl na komunikaci B

Místo příjmu 3, čas 9.00–10.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 43,5$ dB

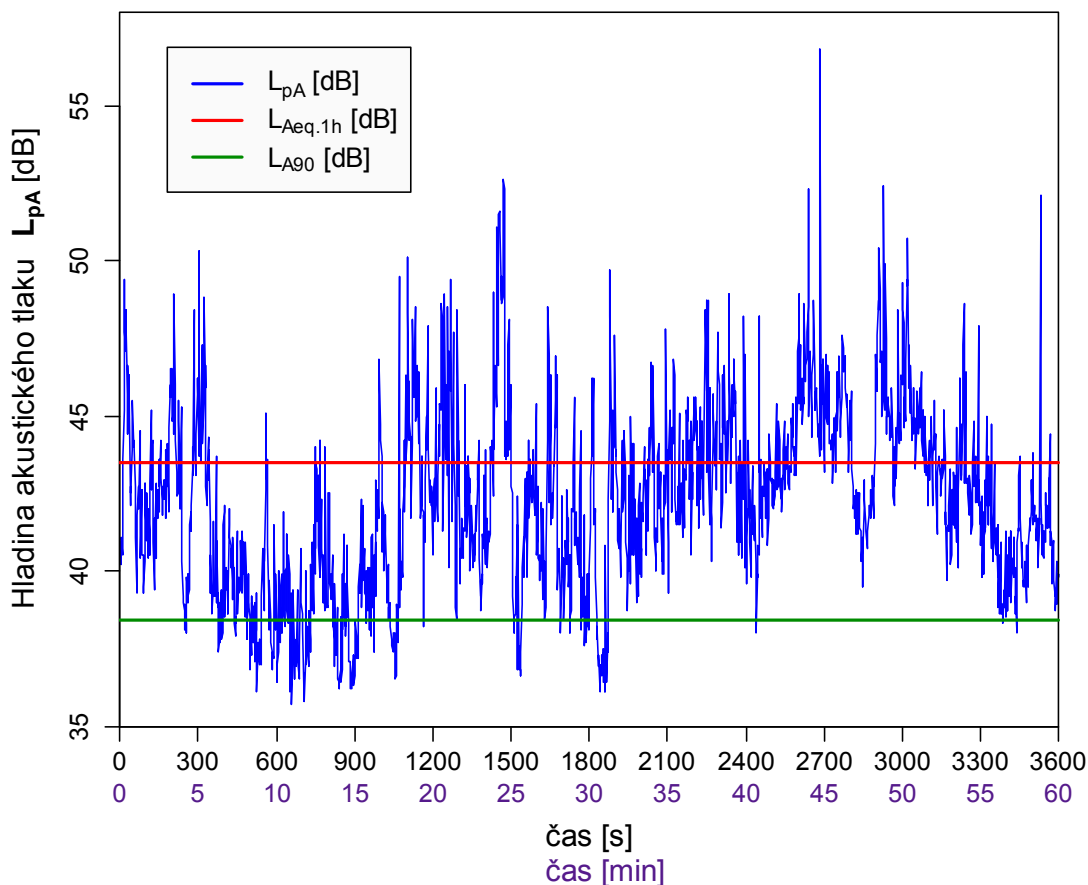
Teplota vzduchu: 5 °C

$L_{A90,1h} = 38,4$ dB

Rychlost větru: 1,2 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 56,8$ dB

Vlhkost: 88 %



Obrázek 43 – Záznam z místa příjmu 3, čas 9.00–10.00

Poznámky:

- Počátek záznamu ovlivňuje hlavně práce univerzálního zemního stroje a hlasitý zpěv ptáků
- 9.17 štěkot psa
- 9.20 letadlo, navazuje zakládání krmiva v seníku
- 9.31 ozývá se siréna
- 9.42 dávkování šrotu do míchacího krmného vozu ze zásobníků, maximální hladina záznamu nesouvisí s touto operací
- 9.53 signalizace dosažení dávky v krmném míchacím voze

Místo příjmu 3, čas 10.00–11.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 41,9$ dB

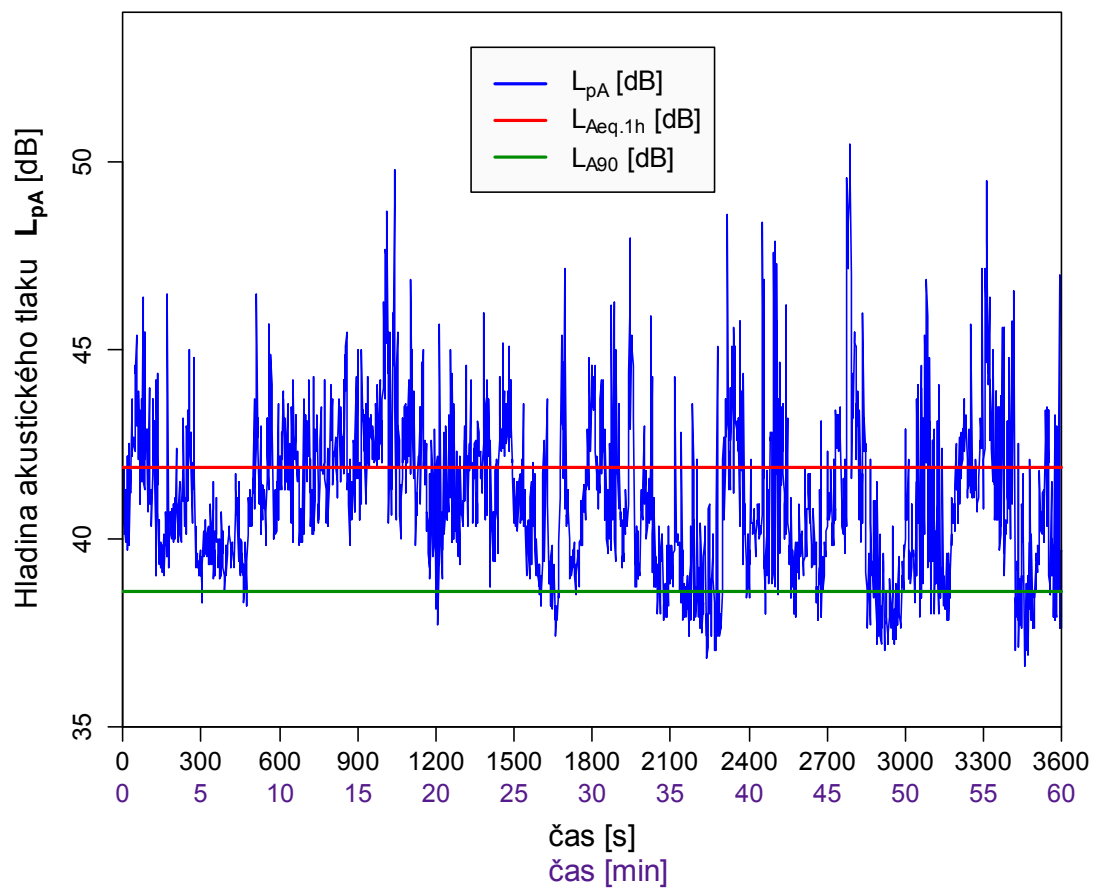
Teplota vzduchu: 10 °C

$L_{A90,1h} = 38,6$ dB

Rychlost větru: 2,5 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 50,5$ dB

Vlhkost: 85 %



Obrázek 44 – Záznam z místa příjmu 3, čas 10.00–11.00

Poznámky:

- Celková hladina záznamu je velice nízká, úplné ticho je vidět v čase 10.48 a 10.57
- 10.27 ptáci

Místo příjmu 3, čas 11.00–12.00 (24. 4. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 40,9$ dB

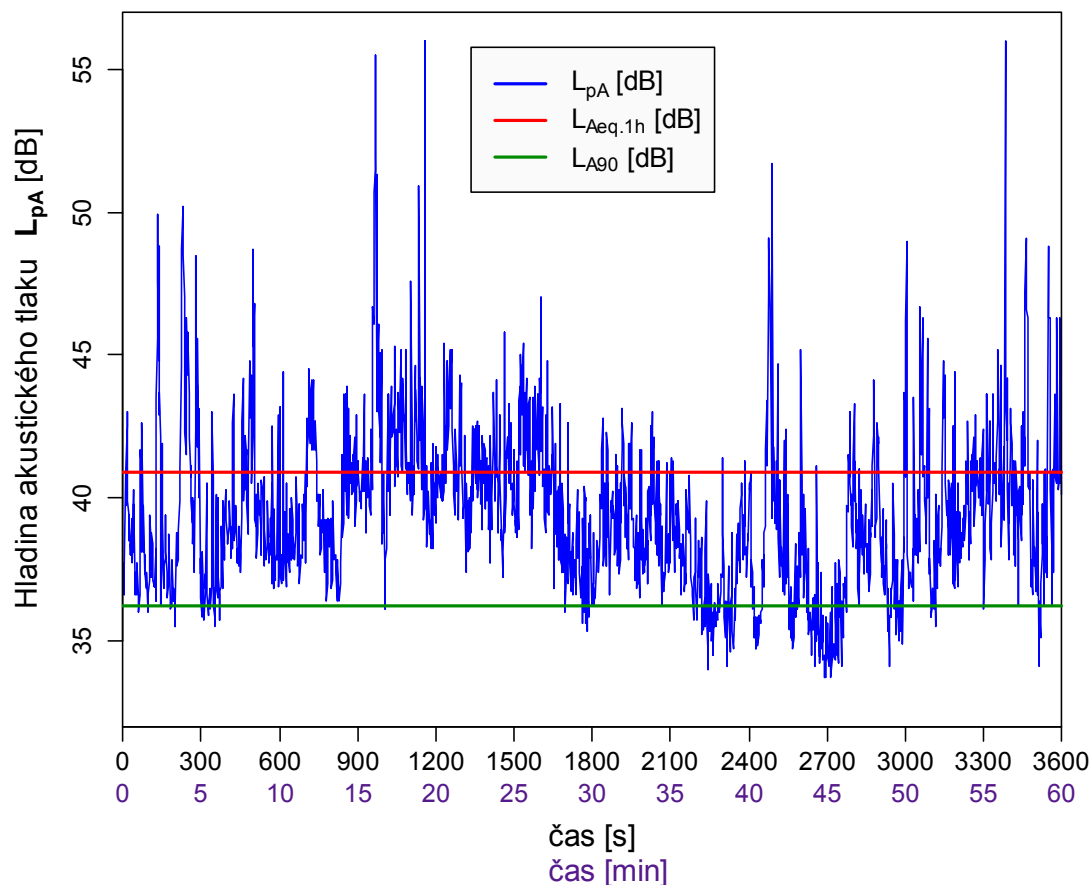
Teplota vzduchu: 12 °C

$L_{A90,1h} = 36,2$ dB

Rychlost větru: 2,4 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 56$ dB

Vlhkost: 70 %



Obrázek 45 – Záznam z místa příjmu 3, čas 11.00–12.00

Poznámky:

- 11.04 osobní automobil na komunikaci B
- veškeré další výkyvy křivky jsou způsobeny dopravou na pozemních komunikacích, ptactvem
- ve stáji je klid

Místo příjmu 3, čas 16.00–17.00 (9. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 40,4$ dB

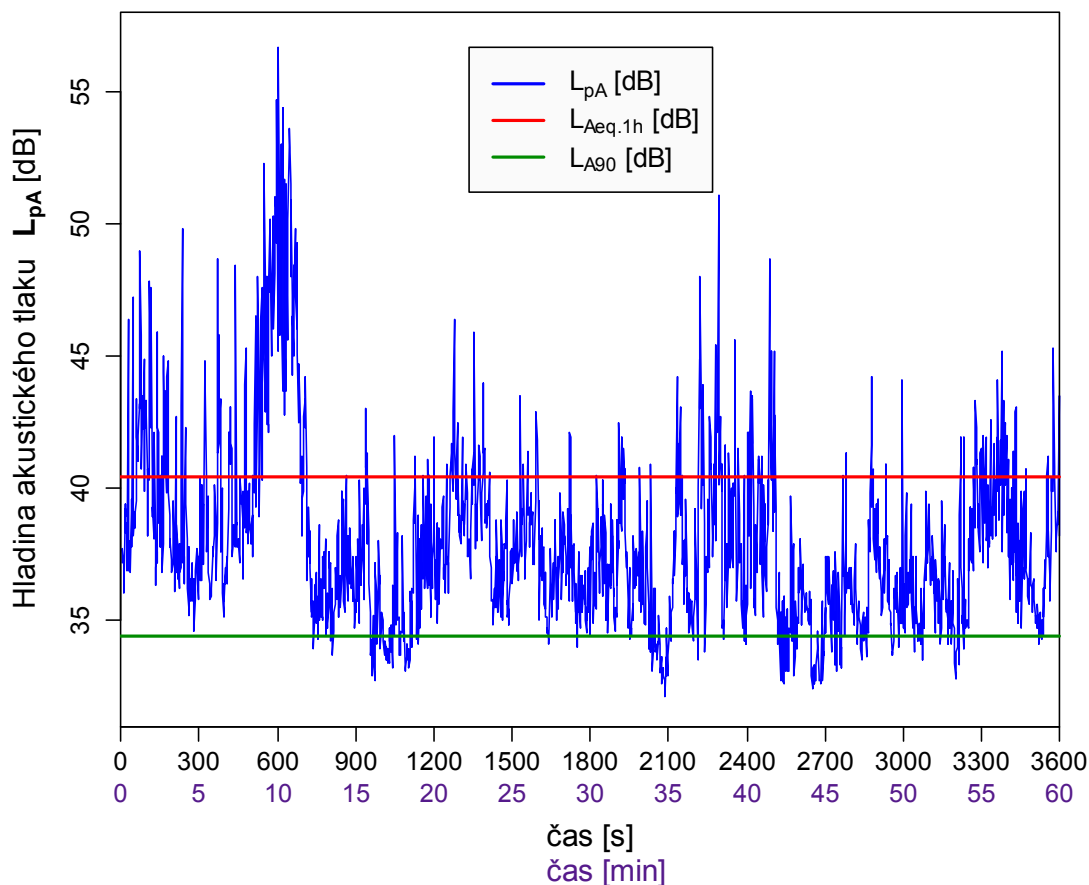
Teplota vzduchu: 20 °C

$L_{A90,1h} = 34,4$ dB

Rychlost větru: 2,6 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 56,7$ dB

Vlhkost: 61 %



Obrázek 46 – Záznam z místa příjmu 3, čas 16.00–17.00

Poznámky:

- růst hladiny do 16.11 byl zapříčiněn průletem motorového letadla, pravidelná vychýlení křivky do 16.10 byla způsobena činností cirkulační pily
- 16.37 příjezd dodávky, komunikace B
- 16.49 hlasy ze zahrad rodinných domů

Místo příjmu 3, čas 17.00–18.00 (9. 6. 2009)

$L_{Aeq,1h} = 38$ dB

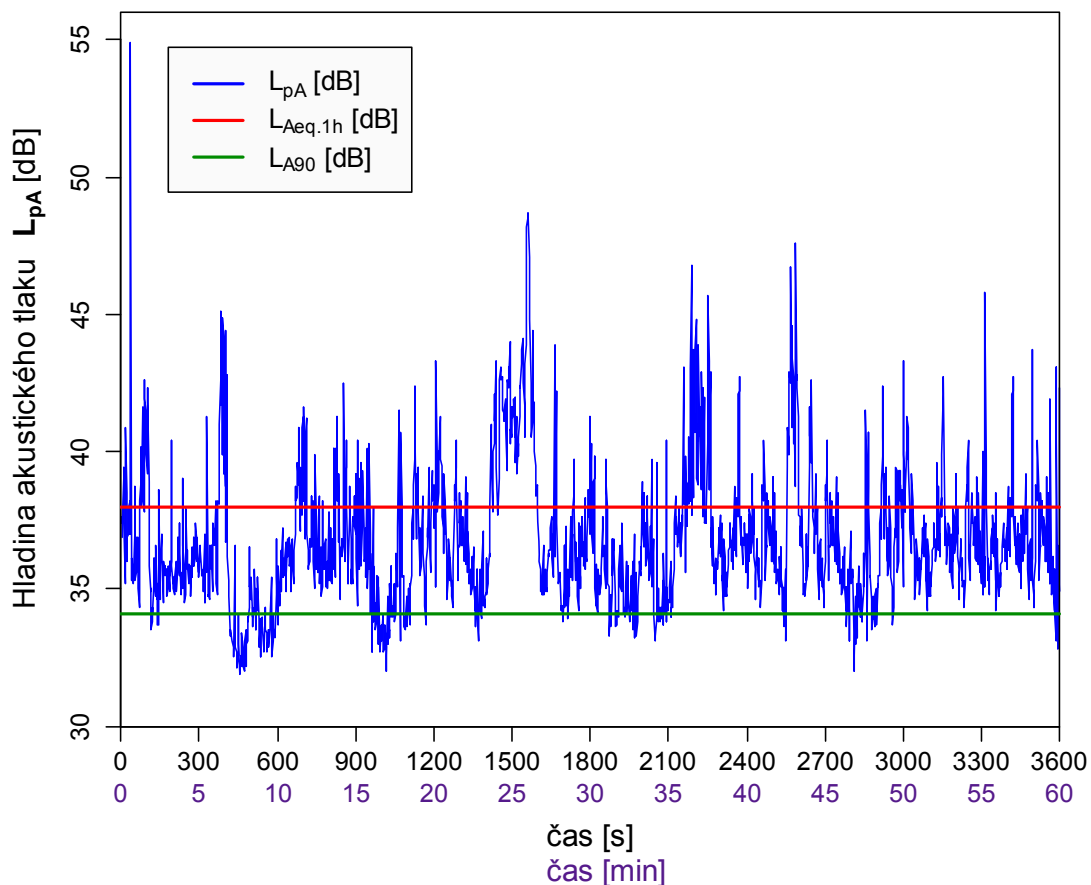
Teplota vzduchu: 21 °C

$L_{A90,1h} = 34,1$ dB

Rychlost větru: 3,7 m.s⁻¹

$L_{pAmax} = 54,9$ dB

Vlhkost: 59 %



Obrázek 47 – Záznam z místa příjmu 3, čas 17.00–18.00

Poznámky:

- v tomto záznamu následuje další snížení ekvivalentní hladiny, stáj je v naprostém klidu
- hluk je tvořen pouze dopravou, aktivitou v obydleném území a biohlukem

5.4 Souhrn výsledků, výsledky pro referenční časové intervaly

Tabulka 5 – Výsledné hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,T}$ pro referenční časový interval (noční a denní doba)

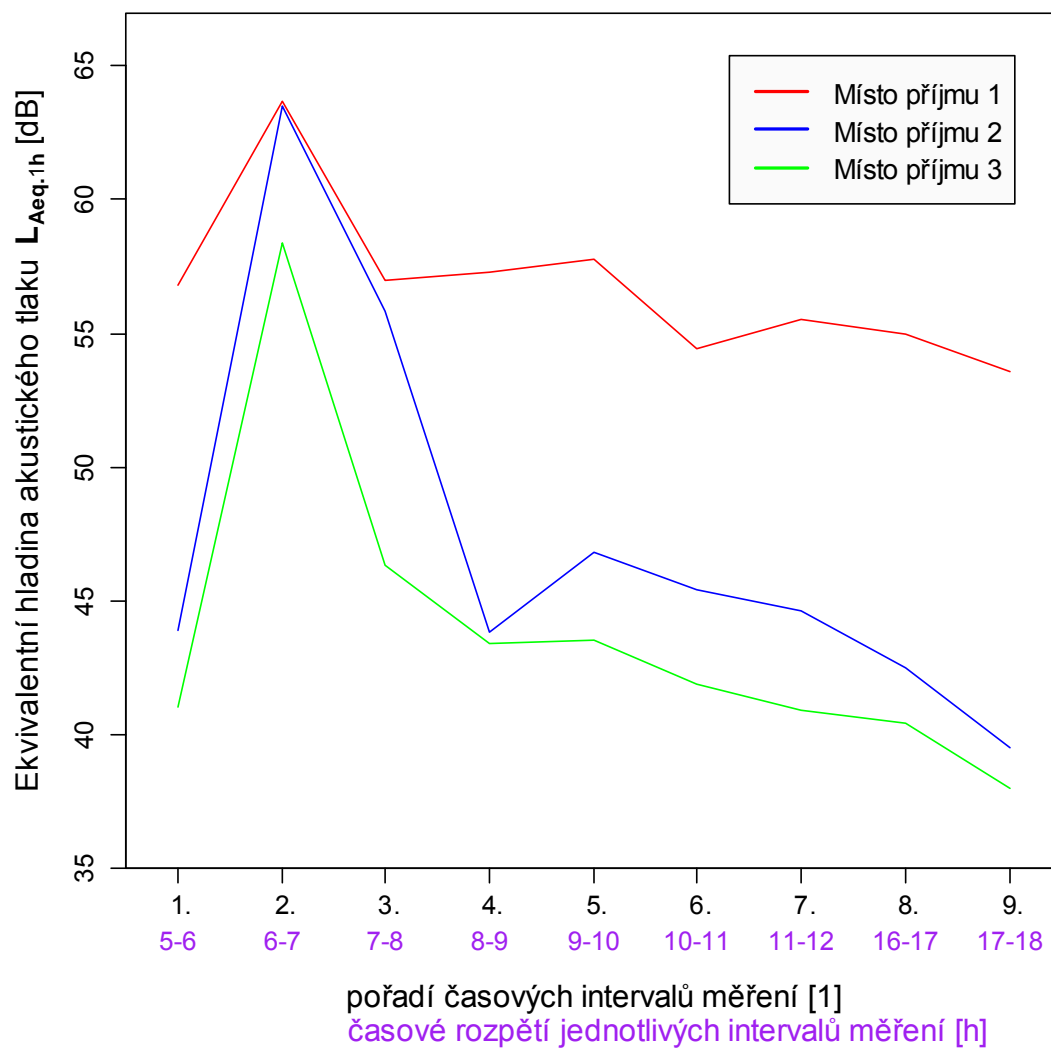
	Ekvivalentní hladina akustického tlaku pro noční dobu (5.00–6.00) $L_{Aeq,1h}$ [dB]	Ekvivalentní hladina akustického tlaku pro denní dobu $L_{Aeq,8h}$ [dB]
Místo příjmu 1	56,8	59,6
Místo příjmu 2	43,9	55,4
Místo příjmu 3	41,0	50,3

Tabulka 6 – Výsledné hodnoty distribuční hladiny $L_{A90,T}$ a maximální hladiny akustického tlaku L_{pAmax} pro referenční časový interval (noční a denní doba)

	Distribuční hladina akustického tlaku $L_{A90,T}$ [dB]		Maximální hladina akustického tlaku L_{pAmax} [dB]	
	Noční doba $L_{A90,1h}$	Denní doba $L_{A90,8h}$	Noční doba	Denní doba
Místo příjmu 1	39,1	39,3	82,5	85,8
Místo příjmu 2	39,2	37,7	57,1	73,0
Místo příjmu 3	35,6	36,0	59,6	64,0

Tabulka 7 – Souhrn hladin $L_{Aeq,1h}$ a $L_{A90,1h}$ z jednotlivých časových intervalů měření na místech příjmu 1, 2, a 3

Časový interval měření	Místo příjmu 1		Místo příjmu 2		Místo příjmu 3	
	$L_{Aeq,1h}$ [dB]	$L_{A90,1h}$ [dB]	$L_{Aeq,1h}$ [dB]	$L_{A90,1h}$ [dB]	$L_{Aeq,1h}$ [dB]	$L_{A90,1h}$ [dB]
5.00–6.00	56,8	39,1	43,9	39,2	41,0	35,6
6.00–7.00	63,7	47,3	63,5	49,3	58,4	39,4
7.00–8.00	57,0	38,2	55,8	39,4	46,3	42,4
8.00–9.00	57,3	37,5	43,8	39,2	43,4	37,5
9.00–10.00	57,8	38,7	46,8	40,2	43,5	38,4
10.00–11.00	54,4	37,7	45,4	40,9	41,9	38,6
11.00–12.00	55,5	33,8	44,6	39,0	40,9	36,2
16.00–17.00	55,0	34,2	42,5	36,0	40,4	34,4
17.00–18.00	53,6	34,6	39,5	35,8	38,0	34,1



Obrázek 48 – Průběh ekvivalentních hladin akustického tlaku $L_{Aeq,1h}$ během časového intervalu sledování (9 h) na místech příjmu 1, 2 a 3

5.5 Výsledky doplňujících měření

Kydání chlévské mrvy v objektu B, čas 9.42–9.46 (9. 10. 2009)

$L_{Aeq,120s}$ 10 m = 63 dB

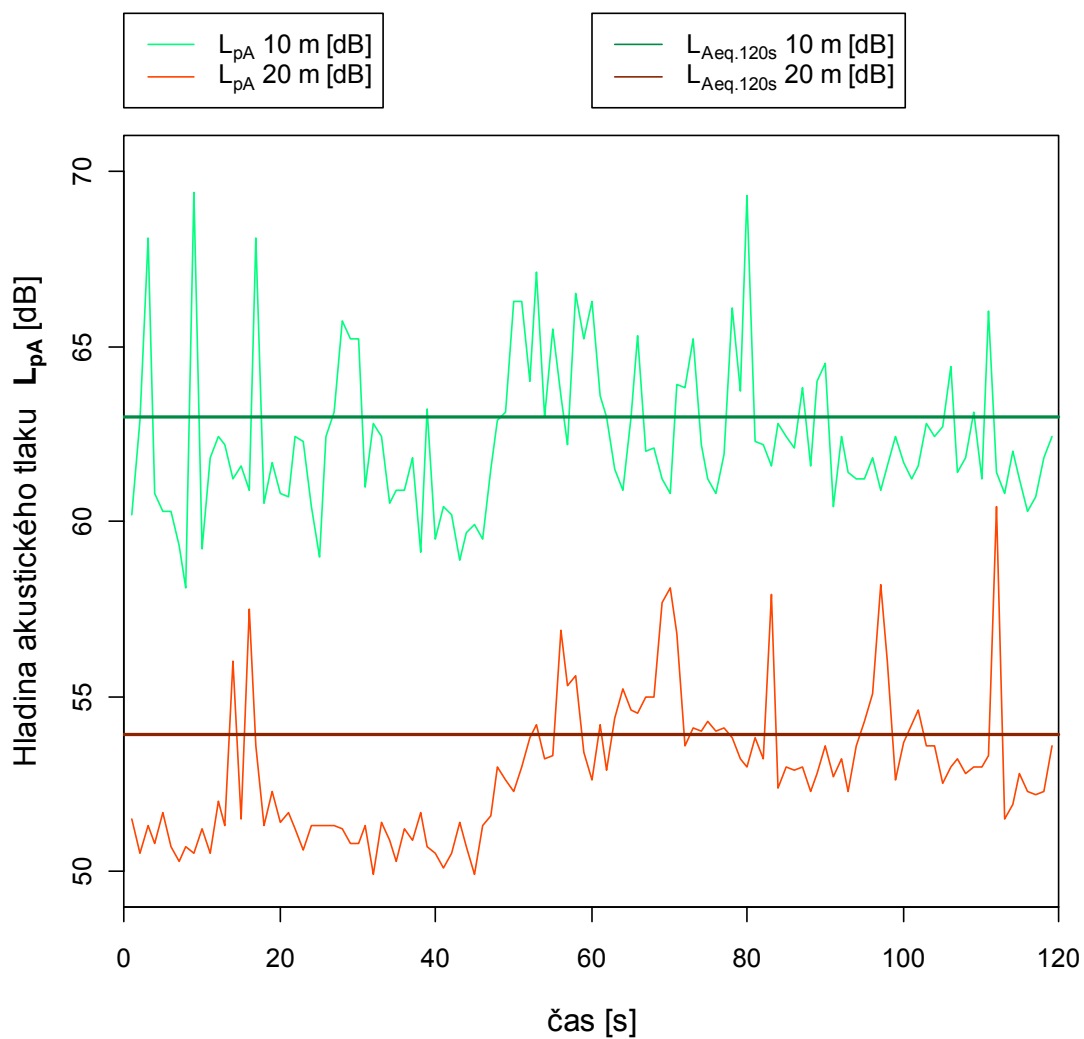
Teplota vzduchu: 9 °C

$L_{Aeq,120s}$ 20 m = 53,9 dB

Rychlost větru: 2,5 m.s⁻¹

L_{pAmax} = 69,4 dB

Vlhkost: 94 %



Obrázek 49 – Záznam z kydání v objektu B ze vzdálenosti 10 a 20 m

Hluk chladicího zařízení, čas 10.19–10.25 (9. 10. 2009)

$L_{A90,120s}$ 2 m = 72,3 dB

Teplota vzduchu: 9 °C

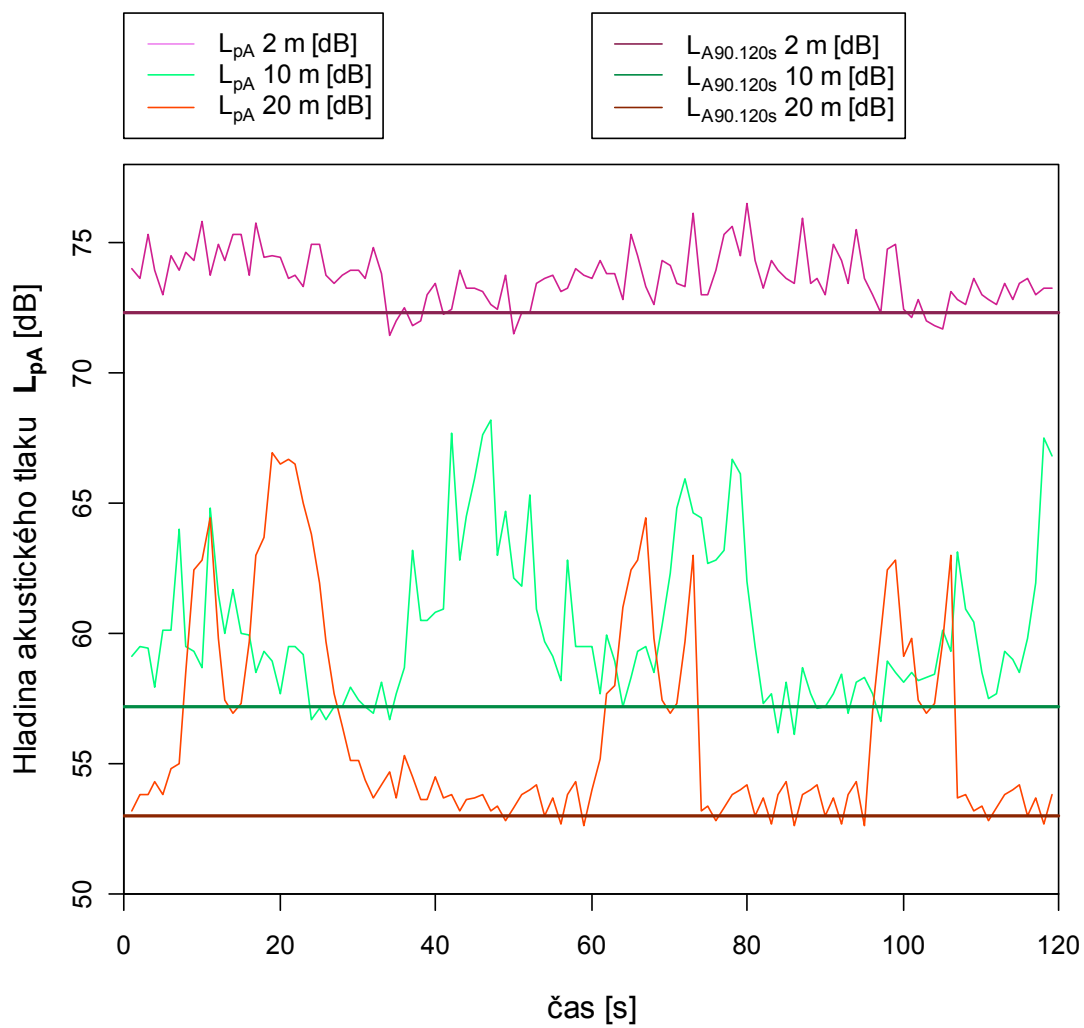
$L_{A90,120s}$ 10 m = 57,2 dB

Rychlost větru: 2,2 m.s⁻¹

$L_{A90,120s}$ 20 m = 53 dB

Vlhkost: 94 %

L_{pAmax} = 76,5 dB



Obrázek 50 – Záznam hluku chladicího zařízení ze vzdálenosti 2, 10 a 20 m

Hluk při doplňování šrotu, čas 6.56–7.02 (5. 11. 2009)

$L_{A90,120s}$ 2 m = 91,7 dB

Teplota vzduchu: 4 °C

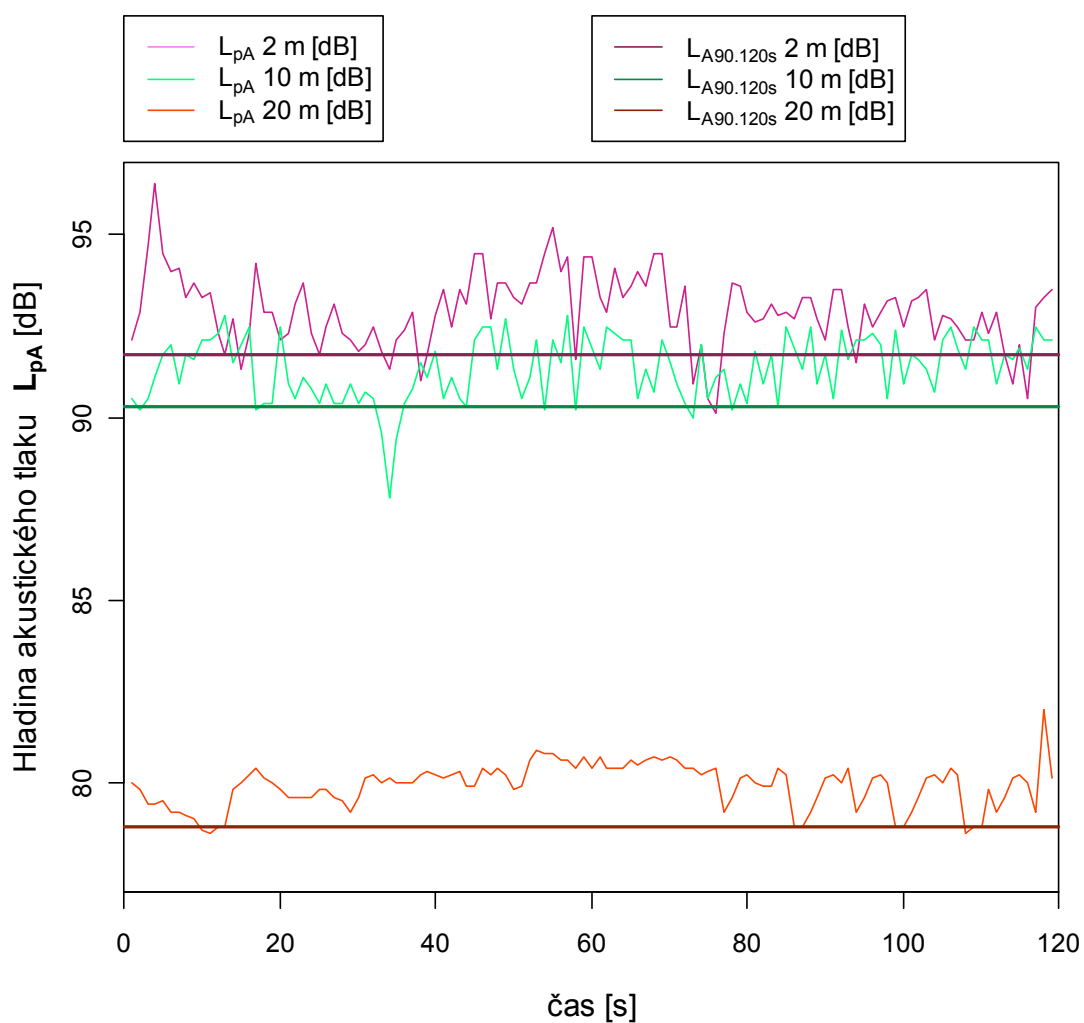
$L_{A90,120s}$ 10 m = 90,3 dB

Rychlost větru: 2 m.s⁻¹

$L_{A90,120s}$ 20 m = 78,8 dB

Vlhkost: 90 %

L_{pAmax} = 96,4 dB



Obrázek 51 – Záznam hluku při doplňování šrotu ze vzdálenosti 2, 10 a 20 m

6. Diskuze

6.1 Místo příjmu 1

Měření hlukového zatížení venkovního prostoru bylo zahájeno na místě příjmu 1 (dále MP1) 22. dubna 2009 v 5.00 ráno. MP1 bylo zvoleno na prostranství u bytového domu, který představuje nejbližší obytnou budovu ke sledované stáji skotu a bylo proto předpokládáno největší hlukové zatížení. MP1 je vzdáleno pouhých 102 metrů od sledovaného objektu. První hodinu záznamu na MP1 bylo pozorováno velké množství výkyvů (viz obrázek 21) křivky hladiny akustického tlaku L_{pA} (dále L_{pA}), jejichž zdrojem byl provoz na vedle ležící pozemní komunikaci A. Hodnoty L_{pA} dosahovaly k 65 dB. Byly prakticky jediným původcem výsledné hodinové hladiny akustického tlaku $L_{Aeq,1h}$ (dále $L_{Aeq,1h}$), která dosáhla hodnoty 56,8 dB a leží tak ve fyziologickém pásmu zátěže. Subjektivním posouzením bylo zjištěno, že sledovaná stáj nezpůsobuje prakticky žádné hlukové zatížení ve sledovaném hodinovém úseku a to i za činnosti dojícího zařízení, za jím způsobovanou hladinu hluku by mohla být považována distribuční hladina $L_{A90,1h}$ (dále $L_{A90,1h}$) na úrovni 39,1 dB. Poslechem však byla zjištěna přítomnost dalších stálých zdrojů hluku mimo dojícího zařízení.

Další měření bylo započato v 6.00 a bylo charakteristické nárůstem $L_{Aeq,1h}$ (viz obrázek 22), který byl způsoben probíhající operací doplňování šrotu do zásobníků umístěných u objektu B. Bylo zjištěno, že operace probíhá v časovém horizontu týdne nepravidelně podle potřeby. Ve sledovaném časovém úseku bylo doplňování prováděno přibližně po dobu 45 minut a vyvolalo nárůst $L_{Aeq,1h}$ na hodnotu 63,7 dB (fyziologické pásmo zátěže). Subjektivním posouzením situace bylo odhaleno, že tato operace je velmi významným zdrojem hluku. Při orientačním porovnání pouze tohoto hodinového časového intervalu měření s limitem 70 dB pro denní osmihodinový referenční časový interval se ukázalo, že nejvyšší přípustná hladina by prokazatelně nebyla překročena.

Ve třetí hodině záznamu od 7.00 na MP1 pokračuje nastolený trend ovlivnění záznamu silniční dopravou po přilehlé pozemní komunikaci (viz obrázek 23). $L_{Aeq,1h}$ na úrovni 57 dB se nachází ve fyziologickém pásmu zátěže lidského organismu. Pokud by bylo provedeno orientační porovnání s limitní hodnotou pro denní osmihodinový referenční časový interval, limit by prokazatelně nebyl překročen.

Distribuční hladina $L_{A90,1h}$ se udržuje na nízké úrovni 37,5 dB. Pokles $L_{A90,1h}$ proti první hodině měření na MP1 byl na základě subjektivního posouzení způsoben úbytkem stálého hluku přicházejícího z průmyslové části města Klatovy.

Čtvrtá hodina záznamu (viz obrázek 24) byla započata od 8.00 a stejně jako předešlý hodinový záznam byla doměřena následující den, tedy 23. 4. 2009 z důvodu vybití baterie notebooku zaznamenávajícího naměřená data. Subjektivně bylo pozorováno zahájení prací na budování přístřešků pro telata na prostranství mezi objekty B a C, avšak tato aktivita se projevila jen jako údery kladiv dělníků v prostoru stáje zanikajících v ruchu z pozemní komunikace (viz obrázek 24). $L_{Aeq,1h}$ a $L_{A90,1h}$ dosahují téměř totožných hodnot jako na předchozím záznamu. Hluk vznikající v prostoru stáje lze považovat za bezvýznamný, poslechem se podařilo zachytit hluk vývěv. Ten ale nebyl dostatečně silný, aby se promítl do záznamu. Druhé nejnižší úrovně celého časového intervalu sledování na MP1 dosahuje $L_{A90,1h}$ a to 37,5 dB.

Pátá hodina záznamu od 9.00 na MP1 byla zaznamenána 22. 4. 2009 po dobití notebooku (viz obrázek 25). Z charakteristických operací probíhajících v objektu se podařilo zachytit dávkování šrotu ze zásobníků do míchacího krmného vozu, který zároveň prováděl míchání krmiva. Z pohledu celkové úrovně záznamu L_{pA} a $L_{Aeq,1h}$ však jde o naprosto minimální ovlivnění danou operací. Jako hlavní zdroje výkyvů křivky L_{pA} byly vyhodnoceny automobily projíždějící po pozemní komunikaci. Podle poslechového hodnocení hluku ze stáje se tento jeví jako nepodstatný. $L_{Aeq,1h}$ dosahuje hodnoty 57,8 dB (pásmo působení fyziologické). Při orientačním porovnání s limitem pro osmihodinový referenční denní časový interval prokazatelně není nejvyšší přípustná hladina $L_{Aeq,T}$ překročena.

Krátce po 10.00 přijíždí do prostoru stáje fekální vůz, jenž se zde během šesté hodiny měření pohybuje, jak je možno vidět na záznamu L_{pA} (viz obrázek 26). Intenzita a četnost jeho pohybu však není dostatečně hlasitá, aby vyvolala růst $L_{Aeq,1h}$ v tomto časovém intervalu měření. Ta naopak klesá oproti předchozímu záznamu, zřejmě z důvodu poklesu intenzity pohybu motorových vozidel po pozemní komunikaci v souvislosti s blížícím se polednem. Zjištěná $L_{Aeq,1h}$ dosahuje úrovně 54,4 dB. Poslední dopolední hodina záznamu (viz obrázek 27) na MP1 byla vytvořena 22. 4. 2009 mezi 11.00 a 12.00 a vykazuje podobný charakter záznamu jako předchozí měření na MP1. Nejnižší úrovně celého záznamu dosahuje v tomto časovém intervalu měření $L_{A90,1h}$ a to pouhých 33,8 dB. Tím se blíží k hranici 30 dB,

kteřá je považována za příjemné ticho. Je však nutno zdůraznit, že jde o distribuční hladinu. Z uvedeného vyplývá, že tento pravidelný hluk prostředí by zůstal, pokud by byl odstraněn nepravidelný hluk, jenž způsobuje, že hladina $L_{Aeq,1h}$ dosahuje hodnoty 55,5 dB. Lze předpokládat, že útlum hladiny $L_{A90,1h}$ je způsoben časem oběda, kdy se zastavily práce v městské průmyslové zóně. Subjektivně vyhodnocený hluk ze stáje lze považovat za naprosto bezvýznamný.

Dvě odpolední měření na MP1 od 16.00 a 17.00 se podařilo zachytit ještě téhož dne. Křivky vykazují stejnou rozkolísanost jako dopolední záznam a nebylo zjištěno žádné významné odchylení od dopoledních hodnot. $L_{Aeq,1h}$ dosahuje v první hodině odpoledního záznamu úrovně 55 dB (viz obrázek 28), v druhé pak rovných 53,6 dB (viz obrázek 29). V záznamech byly zjištěny kromě obvyklé dopravy ještě další faktory jako štěkot psa nebo průlet motorového letadla. Ty však neměly významný vliv na hladiny $L_{Aeq,1h}$ ani $L_{A90,1h}$. Hluk z objektu stáje lze považovat za naprosto bezvýznamný.

Celkové vyhodnocení úrovně hluku na místě příjmu 1 bylo provedeno na základě souhrnných hodnot pro referenční časové intervaly viz tabulka 5 (Česko, 2006). Pro nejhluchnější noční hodinu (mezi 5.00 a 6.00) byla vypočtena hodnota $L_{Aeq,1h}$ 56,8 dB, která prokazatelně nepřekračuje nejvyšší přípustnou hladinu 70 dB. Je nutno zdůraznit, že se jedná o porovnání s limitem včetně korekce na starou hlukovou zátěž, neboť hlavním zdrojem hluku je doprava (viz kapitola 4.2.10). Za významné je považováno, že na produkovaném hluku se sledovaná stáj v noční době prakticky nepodílí.

Pro osmihodinový denní referenční časový interval byla vypočtena celková hladina $L_{Aeq,8h}$ 59,6 dB. Lze tedy tvrdit, že prokazatelně nedošlo k překročení nejvyšší přípustné hladiny hluku 70 dB. Za jediný významný zdroj hluku ve stáji může být označeno ranní doplňování šrotu do zásobníků, které trvalo zhruba $\frac{3}{4}$ hodiny z celkových 8 zaznamenaných denních hodin měření.

6.2 Místo příjmu 2

Místo příjmu 2 (dále MP2) bylo zvoleno ve větší vzdálenosti od vozovky za účelem omezení jejího vlivu. Konkrétně 105 m od stáje a 100 m od komunikace A (160 m od komunikace B). Snímání hlukové situace v MP2 bylo zahájeno 15. 6. 2009 v 5.00 (viz obrázek 30). Naměřené hodnoty jsou o poznání nižší, vzhledem k větší vzdálenosti vozovky, avšak průběh křivky L_{pA} je analogický k záznamům z MP1. K silnici zmiňované u MP1, která je v práci označena jako A (viz obrázek 15), se přidává hluk projíždějících vozidel na komunikaci B (viz obrázek 15). V prvním časovém intervalu měření na MP2 bylo dosaženo $L_{Aeq,1h}$ 43,9 dB a $L_{A90,1h}$ 39,2 dB. Z výsledných hodnot $L_{Aeq,1h}$ a $L_{A90,1h}$ je možno usuzovat na jasný pokles vlivu dopravy na probíhající měření. Hluk způsobovaný sledovanou stájí je minimální.

Druhá hodina měření na MP2 byla zaznamenávána od 6.00 do 7.00 a v tomto časovém intervalu měření se opět podařilo zachytit doplňování šrotu do zásobníků u objektu B. Operace se projevila jasným vzrůstem hladiny L_{pA} již při příjezdu traktoru s vozem do prostoru stáje (viz obrázek 31), což na MP1 nebylo vůbec zachyceno. Zaznamenaná $L_{Aeq,1h}$ je prakticky totožná s hodnotou zjištěnou na MP1 63,5 dB (fyziologické pásmo zátěže), podobná situace nastala i v případě $L_{A90,1h}$, jež dosáhla hodnoty 49,3 dB. V případě orientačního porovnání $L_{Aeq,1h}$ s limitem pro osmihodinový denní referenční časový interval by byla nejvyšší přípustná hladina 70 dB (viz kapitola 4.2.10) prokazatelně dodržena. Subjektivním posouzením bylo zjištěno, že hlavním zdrojem celkového hluku prostředí je v tomto časovém intervalu měření zmiňovaná operace doplňování šrotu.

Třetí hodina měření na MP2 zahájená v 7.00 byla ovlivněna pokračující operací doplňování šrotu, která se protáhla na cca 65 minut celkového času dne 15. 6. 2009 (viz obrázek 32). To způsobilo nárůst $L_{Aeq,1h}$ na 55,8 dB (fyziologické pásmo zátěže), avšak už nikoliv nárůst distribuční hladiny $L_{A90,1h}$, která se vrátila na hodnotu 39,4 dB (doplňování probíhalo pouze 15 min z časového intervalu měření). Při orientační porovnání s limitem pro osmihodinový denní referenční časový interval by byla nejvyšší přípustná hladina prokazatelně dodržena. Za hlavní zdroj celkového hluku prostředí bylo možno považovat sledovanou stáj do doby dokončení doplňování šrotu, poté se hluková situace navrácí k normálnímu stavu, kdy představují hlavní zdroj hluku pozemní komunikace a doprava na nich.

Záznam L_{pA} čtvrté hodiny měření mezi 8.00 a 9.00 na MP2 je možno prostudovat na obrázku 33. Toto a další následující měření se uskutečnila 16. 6. 2009 z důvodu silného zhoršení počasí a povětrnostních podmínek v předcházejícím dni. V záznamu se podařilo zachytit postupný růst L_{pA} , který však – jak bylo subjektivně určeno – nebyl způsoben sledovanou stájí, nýbrž činnostmi na blízkých staveništích. Z aktivit ve stáji byl pořízen a identifikován záznam pohybu nakladače NH L170 a přehánění skotu v prostoru objektu B. Nelze však předpokládat, že by kterákoliv z těchto událostí významným způsobem ovlivnila $L_{Aeq,1h}$, která dosáhla hodnoty 43,8 dB a $L_{A90,1h}$ 39,2 dB.

V páté hodině měření započaté v 9.00 bylo zachyceno několik operací. V první části záznamu (viz obrázek 34) je možno rozpoznat dávkování šrotu ze zásobníků do míchacího krmného vozu zakončené akustickou signalizací jeho tenzometrické váhy. Hladina L_{pA} osciluje těsně pod 50 dB a v případě signalizace váhy dosahuje k 56 dB. Dále se v záznamu nachází operace kydání a nakládka chlěvské mrvy v objektu B, která je díky lokalizaci operace uvnitř objektu v záznamu zastřena hlukem pozadí. Vzhledem k nízké úrovni pohybu křivky L_{pA} při těchto operacích nelze očekávat výrazný nárůst hodnotících hladin. Hodnota $L_{Aeq,1h}$ dosáhla úrovně 46,8 dB a $L_{A90,1h}$ 40,2 dB.

Šestá hodina měření na MP2 nepřinesla výraznější změnu. V objektu B v 10.00 stále probíhá kydání mrvy, ale hladiny L_{pA} nedosahují hodnot vyžadujících zvláštní pozornost (viz obrázek 35). Tomu odpovídají i zjištěné hodnoty $L_{Aeq,1h}$ 45,4 dB a $L_{A90,1h}$ 40,9 dB. Měření pokračují dne 16. 6. 2009.

V poslední 7. dopolední hodině měření od 11 hodin ustává veškerá aktivita ve stáji, odjíždí poslední traktor naložený mrvou a záznam je narušován vytrvale štěkajícím psem. Dosažená hodnota $L_{Aeq,1h}$ činí 44,7 dB a $L_{A90,1h}$ 39 dB. Nedochozí k žádné změně. V případě $L_{Aeq,1h}$ se jako v předcházejících časových intervalech měření jedná o fyziologické pásmo zátěže lidského organismu.

Poslední dva odpolední časové intervaly měření na MP2 od 16.00 a 17.00 vykazují podobnou charakteristiku jako na MP1 s tím rozdílem, že při nižším vlivu dopravy na pozemní komunikaci dochází k dalšímu poklesu hodnot $L_{Aeq,1h}$ a to na 42,5 dB v osmé a 39,5 dB v 9. hodině měření. Sledovaná stáj je v naprostém klidu, sluchem nelze zachytit chod vývěv dojíčího zařízení.

Celkové hodnocení úrovně hluku na místě příjmu 2 bylo provedeno analogicky jako na MP1. Pokud přikročíme k posouzení dosažené ekvivalentní hladiny $L_{Aeq,1h}$ 43,9 dB pro noční referenční časový interval, bylo zjištěno, že prokazatelně nedošlo k překročení legislativou dané nejvyšší přípustné hladiny 70 dB pro nejhluchnější noční hodinu (viz kapitola 4.2.10).

Pro denní referenční časový interval (8 h) byla vypočtena $L_{Aeq,8h}$ 55,4 dB. Porovnáme-li tuto hodnotu s legislativním limitem, pak nebyla nejvyšší přípustná hladina prokazatelně překročena.

6.3 Místo příjmu 3

Místo příjmu 3 (dále MP3) je nejvzdálenějším stanovištěm od šetřeného zdroje hluku. MP3 se nachází celých 205 metrů daleko od objektu stáje. Časový interval sledování byl zaznamenán 24. 4. 2009 s doměrem posledních dvou odpoledních časových intervalů měření mezi 16.00 a 18.00 dne 9. 6. 2009. Odpolední měření 24. 4. 2009 bylo znemožněno nepřízní počasí.

Sledování na MP3 bylo započato stejně jako na ostatních místech příjmu v 5.00 hodin (viz obrázek 39). Obecně lze tvrdit, že díky umístění MP3 je toto stanoviště nejméně zatíženo hlukem z pozemních komunikací A a B, případně hlukem z průmyslových oblastí města nebo dalších zdrojů. Zajímavým faktem je, že na tomto místě příjmu bylo možno v tichých okamžicích první hodiny měření subjektivně poslechem zachytit hluk vývěv dojícího zařízení. Celkové hodnotící hladiny však dále klesají. Pro $L_{Aeq,1h}$ byla zjištěna hodnota 41 dB, pro $L_{A90,1h}$ 35,6 dB. Celkově lze k charakteru záznamu podotknout, že dochází k jeho mírné změně v důsledku větší vzdálenosti od pozemní komunikace A (240 m) a blízkosti liniového zdroje – pozemní komunikace B (100 m v nejbližším místě), která není oddělena od MP3 zástavbou (viz obrázek 15) a hluk projíždějících vozidel tak může být zachycen v delším časovém úseku jejich průjezdu. K tomuto jevu dochází pouze v některých případech průjezdů, v závislosti na intenzitě jízdy vozidel a v záznamu proto nedochází k tak prudkým výkyvům L_{pA} jako např. na MP1.

V druhé hodině měření (viz obrázek 40) na MP3 se záměrným výběrem dnu v týdnu podařilo opět zachytit doplňování šrotu do zásobníků. V důsledku toho dosahuje $L_{Aeq,1h}$ 58,4 dB (fyziologické pásmo zátěže) a $L_{A90,1h}$ stoupá na 39,4 dB. Při orientačním porovnání s nejvyšší přípustnou hladinou 50 dB by prokazatelně došlo k jejímu překročení.

Třetí hodina měření na MP3 nezaznamenává žádné zvláštní aktivity ve stáji a ani subjektivním posouzením nebyly tyto zjištěny. Záznam, mezi 7.00 a 8.00 (viz obrázek 41), je ovlivňován hlavně dopravou na pozemních komunikacích a prací univerzálního zemního stroje na nedaleké stavbě. Byly naměřeny hodnoty $L_{Aeq,1h}$ 46,3 dB a $L_{A90,1h}$ 42,4 dB.

Během čtvrté hodiny měření nenastává žádná změna, stáj je v klidu, L_{pA} záznamu i hodnotící hladiny dále klesají na úroveň $L_{Aeq,1h}$ 43,4 dB a $L_{A90,1h}$ 37,5 dB (viz obrázek 42). Orientační porovnávání s legislativním limitem ztrácí smysl, neboť

$L_{Aeq,1h}$ v tomto, jakož i ve všech následujících časových intervalech měření, prokazatelně nepřekračuje základní 50dB limit bez jakékoliv korekce. Sluchovým posouzením situace ve stáji nebyl zjištěn žádný významný hluk v tomto ani v následujících časových intervalech sledování.

V páté hodině měření bylo jedinou zaznamenanou operací ve stáji dávkování šrotu ze zásobníků do míchacího krmného vozu (viz obrázek 43), která však vzhledem k času trvání prakticky nemohla ovlivnit celkovou úroveň hluku prostředí na MP3 $L_{Aeq,1h}$ 43,5 dB a $L_{A90,1h}$ 38,4 dB.

V posledních dvou dopoledních časových intervalech měření (10.00–12.00), jakož i v posledních dvou odpoledních (16.00–18.00) nedošlo k zaznamenání žádných podstatných vzruchů na MP3 (viz obrázky 44, 45, 46 a 47). $L_{Aeq,1h}$ se vyznačují postupným poklesem z hodnoty 41,9 dB v 6. hodině měření (11.00–12.00) na 38 dB v poslední 9. hodině měření (16.00–17.00). Analogicky se vyvinula i hodnota $L_{A90,1h}$, která z 38,6 dB klesá na 34,1 dB v poslední hodině měření na MP3.

Při celkovém zhodnocení hluku na MP3 v referenčních časových intervalech den a noc bylo zjištěno: V případě nočního referenčního časového intervalu prokazatelně nedošlo k překročení nejvyšší přípustné hladiny 50 dB, neboť zjištěná hodnota $L_{Aeq,1h}$ dosahuje pouze úrovně 41 dB. Pro osmihodinový denní referenční časový interval byla získána hodnota $L_{Aeq,8h}$ 50,3 dB, která leží v pásmu nejistoty měření.

6.4 Souhrn zjištění

Jak je možno vidět v tabulce 5, výsledné hodnoty $L_{Aeq,T}$ se pohybují v intervalu 41–59,6 dB. Nejnižší hodnota byla zjištěna na MP3 pro noc, nejvyšší na MP1 pro den. Pro hodnocenou nejhluchnější noční hodinu byla určena nejvyšší hodnota $L_{Aeq,1h}$ na MP1 56,8 dB, nejnižší na MP3 rovných 41 dB. Obdobný výsledek byl zaznamenán i pro hodnocený osmihodinový denní referenční časový interval. Nejhluchnějším bylo vyhodnoceno MP1 s $L_{Aeq,8h}$ na úrovni 59,6 dB, nejnižším pak MP3 s 50,3 dB.

Z výše uvedeného lze vyvodit významný vliv komunikace A na celkovou úroveň hluku prostředí v dané oblasti. Jak z tabulky 5, tak z obrázku 48 je jasně patrný pokles $L_{Aeq,T}$ s rostoucí vzdáleností od pozemní komunikace A, kterou lze považovat za nejdůležitější zdroj hluku v dané oblasti.

Při porovnávání s legislativně stanoveným hygienickým limitem pro denní a noční dobu nedošlo k prokazatelnému překročení nejvyšší přípustné hladiny ani v jednom případě, pouze na MP3 se porovnávaná výsledná hodnota $L_{Aeq,8h}$ nacházela v pásmu nejistoty měření. K tomuto porovnávání je nutno podotknout, že dosažené výsledky jsou značně závislé na volbě vhodné korekce. V tomto ohledu ponechává nařízení vlády č. 148/2006 autorovi značnou volnost, neboť specifikace použití korekce v nařízení není dostatečná a charakter této práce experimentální.

V tabulce 6 lze vidět naměřené hodnoty distribuční hladiny $L_{A90,T}$ a L_{pAmax} . Uvážíme-li vlastnost distribuční hladiny $L_{A90,T}$ spočívající ve schopnosti odhalit hladinu ustáleného signálu v podmínkách proměnného hluku v pozadí zjistíme, že pro noční dobu bylo dosaženo téměř totožných hodnot na MP1 a MP2. Pokles $L_{A90,1h}$ pak byl zaznamenán na MP3. V osmihodinovém denním referenčním časovém intervalu nastává obdobný trend jako v případě $L_{Aeq,T}$ a hodnoty klesají od MP1 k MP3.

Tabulka 6 dále poskytuje údaje o dosažených maximálních hladinách akustického tlaku L_{pAmax} během jednotlivých referenčních časových intervalů. Tyto hodnoty samy o sobě neposkytují jasný obraz hlukové situace na jednotlivých místech příjmu, neboť se jedná o ojedinělé a výjimečné události téměř ve všech případech spojené pozemní komunikací A a rychlým průjezdem osobního vozidla. Maximální hodnota byla zaznamenána na MP1 85,8 dB.

Pro účely této práce je však podstatné hodnocení sledovaného objektu a jeho vlivu na hlukovou situaci v dané lokalitě. Jak vyplývá z výsledných grafů na jednotlivých obrázcích 21–47, prokazatelně se podařilo zachytit pouze některé operace probíhající ve stáji.

Mezi operace probíhající po nejdelší časový úsek se řadí dojení. Ve snaze o zachycení ustáleného hluku vývěv dojícího zařízení a zařízení na chlazení mléka byla zavedena distribuční hladina $L_{A90,T}$. Na základě znalosti doby trvání jednotlivých operací se však ani v jednom případě nepodařilo zachytit významný pokles $L_{A90,1h}$ po ukončení dojení (viz tabulka 7). Průběh hodnot $L_{A90,8h}$ (viz tabulka 6) naznačuje pokles hladiny s rostoucí vzdáleností od objektu, ale subjektivním hodnocením poslechem se podařilo zachytit hluk z výše zmiňovaných operací na MP1 nebo 2 pouze ve dvou ojedinělých případech. Pro ověření významnosti hluku z chladičného zařízení mléka bylo provedeno doplňkové měření této operace. Výsledky jsou vidět na obrázku 50. V bezprostřední blízkosti (z 2 m) byla během 120s měření zjištěna $L_{A90,120s}$ na úrovni 72,3 dB, v 10m vzdálenosti 57,2 dB a ve 20m pouhých 53 dB. Při použití vzorce (16) pro výpočet útlumu hluku vzdáleností bychom po dosažení $L_{A90,120s}$ v 10 m získali hodnotu 38,2 dB ve 100m vzdálenosti. Tento výsledek naznačuje, že ačkoliv nebyl tento zdroj subjektivně vnímán na MP1 a MP2, byl skutečně zaznamenán distribuční hladinou $L_{A90,T}$ v ustáleném hluku pozadí. Hlavní však je potvrzení, že tato hodnota se ani zdaleka nepřibližuje nejvyšší přípustné hladině 50 dB. Tomuto stavu napomáhá i fakt, že chladič zařízení je umístěné vně objektu stáje směrem od sledovaného území. Vliv operací chlazení mléka na tvorbu celkového hluku prostředí lze tedy považovat za naprosto minimální.

Další operací, kterou se podařilo zachytit během jednotlivých časových intervalů měření bylo kydání chlěvské mrvy v objektu B. Na jednotlivých hodinových grafech se jeho vliv na tvorbu celkového hluku prostředí jeví jako nízký. K podpoře tohoto tvrzení bylo provedeno doplňkové měření této operace, z něhož vzešla hodnotící hladina $L_{Aeq,120s}$ pro vzdálenosti 10 a 20 m. Poloha stanoviště tohoto doplňkového měření stejně jako ostatních je znázorněna na obrázku 20. Byly zjištěny hodnoty $L_{Aeq,120s}$ 63 dB v 10 m a 53,9 dB ve 20 m. Použijeme-li vzorec (16) lze předpokládat hladinu hluku $L_{Aeq,T}$ ve 100m vzdálenosti 44 dB. Tato hodnota nepřekračuje nejvyšší přípustnou hladinu hluku 50 dB, je vyšší než u chlazení, ale

vyskytuje se po kratší dobu, pouze jednou v týdnu, lze ji tedy považovat za nevýznamnou.

Poslední na všech místech příjmu jasně zaznamenanou operací bylo doplňování šrotu do zásobníků. Pokud měly všechny předcházející operace minimální vliv na celkový hluk prostředí v dané lokalitě, pak můžeme považovat vliv operace doplňování šrotu za značný. Toto tvrzení dokazují hodnoty $L_{Aeq,1h}$ z tabulky 7, kde dochází ke značnému nárůstu hodnot mezi 6.00 a 7.00 na všech místech příjmu. Grafické znázornění je patrné také na obrázku 48. I v tomto případě bylo provedeno doplňkové měření s následujícími výslednými hodnotami $L_{A90,120s}$ ve 2 m 91,7 dB, v 10 m 90,3 dB a ve 20 m 78,8 dB. Po dopočtení útlumu podle vzorce (16) vychází ve 100m vzdálenosti stále ještě hodnota $L_{A90,120s}$ 71,3 dB a ve 200m 65,3 dB, které obě překračují nevyšší přípustnou hladinu hluku. Ve 100m vzdálenosti se předpokládaná hladina nachází ještě stále v pásmu zátěže lidského organismu. Operaci doplňování šrotu je nutno považovat za velmi významnou z pohledu tvorby celkového hluku prostředí avšak ne na tolik, aby mohla být považována za závažný problém či porušení nejvyšších přípustných hodnot. Hodnocení celkového hluku prostředí se v denní době provádí pomocí osmihodinového referenčního časového intervalu a operace doplňování šrotu přes poměrně vysoké dosahované hladiny hluku netrvá dostatečně dlouhou dobu, aby významně ovlivnila celkovou osmihodinovou hladinu $L_{Aeq,8h}$ používanou pro hodnocení.

Jiná situace by nastala, když by probíhalo doplňování zásobníků v noční době, tj. do 6.00, což bylo dříve praktikováno a posléze posunuto z důvodů četných stížností nových obyvatel obce. Pokud bychom uvažovali, že vypočtenou hladinu ve 100m vzdálenosti 71,3 dB lze zaznamenat ve venkovním prostoru budovy bytového domu (do 2 m od objektu), bylo by nutno použít další korekci -10 dB pro noc a nejvyšší přípustný limit by byl prokazatelně překročen.

Podíl všech dalších operací na tvorbě celkového hluku prostředí probíhajících v prostoru stáje jako zakládání krmiva nebo dávkování šrotu do míchacího krmného vozu byl vyhodnocen jako nízký. Z toho důvodu jim nebyla dále věnována pozornost.

Samotné doplňování šrotu v týdnu probíhá nepravidelně dle potřeby a v maximální zjištěné délce 65 min. Klíčovým zdrojem hluku je přepravní vůz,

jehož 13kW elektromotorem poháněný ventilátor pneumaticky doplňuje dva zásobníky u stěny objektu B. Umístění tohoto stanoviště směřující do obydlené oblasti území podporuje šíření hluku do sledovaného prostoru. Tato operace tedy jako jediná poskytuje prostor k navržení protihlukových opatření:

1. Prvním možným a pravděpodobně nejjednodušším řešením by bylo přesunutí zásobníků k objektu C, na jeho odvrácenou stranu směřující od sledované oblasti.
2. Vzhledem ke stáří dané soupravy by jako další aktivní způsob omezení emise hluku přicházela v úvahu modernizace technologie pořízením nového vozu na dopravu šrotu.
3. Modernizovat, případně upravit by bylo možno i technologii skladování šrotu v zásobnících přechodem od pneumatického způsobu dopravy k mechanickému, např. formou korečkovému elevátoru. V tomto případě by však bylo nutno důkladně prozkoumat výkonnostní parametry tohoto způsobu dopravy do zásobníku a také vzít v úvahu, že stejně jako v případě pneumatického způsobu i zde bude zapotřebí výkonný elektromotor k pohonu soustavy.

Z pasivních způsobů ochrany dané oblasti před hlukem, v případě dalšího plánovaného rozvoje zástavby, byly prozkoumány možnosti použití technických prostředků – protihlukových stěn a biologických prostředků – vegetace.

Instalace kvalitní protihlukové stěny podle Románka (2009) dokáže zmírnit dopady hluku ve sledovaném území v rozmezí 12–17 dB(A). Taková technická řešení jsou však nákladná, někdy až nerealizovatelná (Celjak, 2008).

Použití vegetace – konkrétně rychle rostoucích dřevin – experimentálně ověřoval tým Ing. Celjaka. V tomto případě bylo zjištěno, že dochází k průměrnému útlumu 3,5 dB u olistěného porostu. Ačkoliv by se toto řešení jevilo jako environmentálně velmi přínosné, je prakticky nepoužitelné v důsledku nedostatku prostoru mezi objektem stáje a přilehlou oblastí zahrádek. Výše uvedený útlum byl zjištěn pro porost o šířce 14,6 m, průměrné výšce 6,2 m a sponu výsadby 0,5 x 1,5 m (Celjak, 2008).

7. Závěr

Hlavním cílem této práce bylo provést vyhodnocení hlukové zátěže způsobované provozem stáje pro chov skotu. V práci bylo zjištěno, že ve sledované lokalitě nedochází k překročení legislativou stanovených nejvyšších přípustných hladin celkového hluku prostředí pro hodnocený noční i denní referenční časový interval podle nařízení vlády č. 148/2006, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací ze dne 15. března 2006. Z celkového počtu 6 porovnávaných referenčních časových intervalů nedošlo k prokazatelnému překročení v 5 případech. V jednom případě se výsledek nacházel v pásmu nejistoty měření a pro přesnější určení by bylo nutno měření vícekrát opakovat popřípadě použít přístroj vyšší třídy přesnosti. Vzhledem k těmto výsledkům lze tvrdit, že sledovaná stáj nepředstavuje významnou hlukovou zátěž. Hlavním zdrojem celkového hluku ve sledované oblasti je doprava na blízkých pozemních komunikacích. Sledovaná stáj se v porovnání s dopravním hlukem podílí na celkovém hluku prostředí minimální měrou. Jedinou významně hlučnou operací probíhající v prostoru stáje je doplňování šrotu do zásobníků. To však probíhá pouze 2–3x do týdne v maximální délce 65 minut a není tak schopno výrazným způsobem ovlivnit celkové denní hodnotící hladiny, které se používají k porovnávání s legislativními limity. Závěrem lze tvrdit, že stáj nepředstavuje významnou hlukovou zátěž a problém pro blízké okolí.

Vzhledem k současné situaci na trhu s mlékem, kdy výkupní ceny zdaleka nedosahují výše nákladů na jeho výrobu, lze spíše než zavedení jakýchkoliv opatření na omezení hluku očekávat ukončení provozu sledované stáje dojnic.

8. Přehled použité literatury

- Akustika : Měření hluku. Výukové materiály [online]. 2008 [cit. 2010-01-29], s. 3-5. Dostupný z WWW: < http://www.337.vsb.cz/materialy/experimentalni_mechanika/MERENI_HLUKU.pdf >.
- Almanach k 700. výročí založení obce Tajanov : 1289–1989. Klatovy : [s.n.], 1989. 32 s.
- BERNARD, Michal - DOUCHA, Pavel. Právní ochrana před hlukem. Praha : Linde, 2008. 199 s. ISBN 978-80-7201-736-2 (brož.).
- BERNAT, Petr. Anatomie varhan : Akustika, vznik a šíření zvuku, frekvenční analýza a syntéza, sluchový vjem zvukového signálu [online]. 2003-2008 , 13. 6. 2008 [cit. 2009-10-03]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/ANATOMIE/pistaly_akustika.htm>.
- BOHÁČ, Zdeněk. Studijní opory s převažujícími distančními prvky pro předměty teoretického základu studia : Fyzika pro bakaláře – 1.8.3 Akustické vlnění [online]. Ostrava : VŠB - TU Ostrava, [2006-2009] , 4. 1. 2008 [cit. 2009-09-16]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://www.studopory.vsb.cz/studijnimaterialy/Fyzikaprobakalare/1.8.3.akustika.doc>>.
- CELJAK, Ivo; BOHÁČ, Jaroslav; KOHOUT, Pavel. Význam cíleně pěstovaných topologických porostů v krajině : Vědecká monografie. 1. vydání. České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2008. 46 s. ISBN 978-80-7394-140-6.
- Česká akustická společnost [online]. [1992-2010] , 13. 1. 2010 [cit. 2010-01-25]. Dostupný z WWW: <http://www.czakustika.cz/index.php?m_co=3>.
- Česko. Nařízení vlády ze dne 15. března 2006 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In Sbíрка zákonů, Česká republika. 2006, částka 51, 148, s. 1842-1854. Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2006/sb051-06.pdf>>.
- Česko. Zákon ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In Sbíрка zákonů, Česká republika. 2000, 74, 258, s. 3622-3662. Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2000/sb074-00.pdf>>.

- ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí : Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. Praha : Český normalizační institut, 2004. 25 s.
- ČSN ISO 1996-2 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí : Část 2: Určování hladin hluku prostředí. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 40 s.
- DEN BOER, Eelco, SCHROTEN, Arno. Traffic noise reduction in Europe : Health effects, social costs and technical and policy options to reduce road and rail traffic noise. Delft : CE Delft, 2007. 70 s. Pdf document. Dostupný z WWW: <http://www.transportenvironment.org/Publications/prep_hand_out/lid:495>.
- FIALA, Martin. Měření hluku a vibrací zvukoměrem. Řešené úlohy [online]. 2004 [cit. 2010-01-29], s. 1-1. Dostupný z WWW: <<http://hosting.ok.cvut.cz/~digri/skola/UAK/uloha1.pdf>>.
- GEIST, Bohumil. Akustika - jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi. Praha : Muzikus, 2005. 281 s. ISBN 80-86253-31-7.
- HAVRÁNEK, Jiří a kol. Hluk a zdraví, 1. vyd., Praha, Avicenum, zdravotnické nakladatelství 1990, 280 s., ISBN 80-201-0020-2
- HAVRÁNEK, Jiří, JANDÁK, Zdeněk. Hluk a vibrace : Hluk a vibrace, současný stav, zdravotní význam. Krajská centra primární péče : Projekt Zdravcentra [online]. 2005 [cit. 2009-12-27], s. 1-3. Dostupný z WWW: <https://www.zdravcentra.cz/cps/rde/xchg/zc/xsl/3141_1707.html>.
- Hluk a zdraví. Praha : Fortuna, 2002. 28 s. Místní orgány státní správy, životní prostředí a zdraví ; 36. ISBN 80-7071-185-X.
- Hluk v životním prostředí : sborník. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1979. 188, [1] s.
- KAŠPAR, Emil. Úvod do fyziky. Vyd. 1. II., Vlnění. Akustika. Termika. Vektorový počet. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1971. s. 289-484.
- KNOBBS, Richard, K, Ryo, OTOMO, Yuki. Storm from the east : web magazine covering design, architecture, culture and news from Japan [online]. Tokyo : 2006-2010 , 26/01/2010 [cit. 2010-01-29]. Angličtina. Article: Francesco Lipari: Hong Kong Noise Barrier. Dostupný z WWW: <<http://www.storm-from-the-east.com/2009/06/francesco-lipari-hong-kong-noise-barrier.html>>.

- KOPEČEK, Ivan. Osobní stránky [online]. 2009 [cit. 2009-12-27]. Prezentace Počítačová akustika a fonetika. Dostupný z WWW: <<http://www.fi.muni.cz/~kopecek/rkds1.ppt>>.
- KUTMAN, Otakar. Fyzika II : (akustika). 1. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 1991. 1 sv. ISBN 80-01-00655-7.
- LADMA, Vladimír. Vladimír Ladma, Česká republika : Zvukové podněty a vjemy [online]. 2009 [cit. 2009-12-27]. Dostupný z WWW: <http://vladimir_ladma.sweb.cz/czech/music/basics/soundperception.htm>.
- LIBERKO, Miloš. Hluk v prostředí : problematika a řešení. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 2004. 27 s. ISBN 80-7212-271-1.
- Mapy.cz [online]. Seznam.cz, 1996-2010 [cit. 2010-01-30]. Dostupný z WWW: <<http://www.mapy.cz>>.
- MECHLOVÁ, Erika, KOŠŤÁL, Karel. Výkladový slovník fyziky pro základní vysokoškolský kurz. Praha : Prometheus, 1999. 588 s. ISBN 80-7196-151-5.
- MENC, Lukáš. Hluk a vibrace z dopravy a jejich působení na lidský organismus [online]. Pardubice, 2003. 24 s. Seminární práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Dostupné z WWW: <http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/menc.pdf>.
- Městský úřad Klatovy. Klatovy.cz/mukt [online]. Klatovy : 2009 [cit. 2010-03-15]. | Oficiální internetové stránky Městského úřadu. Dostupné z WWW: <<http://www.klatovy.cz/mukt/fr.asp?tab=mukt&id=130&burl=&pt=DL>>.
- MF DNES. Sami sobě zabijákem : Rubrika Zdraví. Mladá Fronta DNES. 1998, č. sobota 31. 10. 1998, s. 3.
- MIČKA, Ladislav. Greif - akustika, s.r.o. : česká nezávislá společnost snižující hluk [online]. Praha : 2004 [cit. 2010-03-15]. Útlum hluku vzdáleností ve venkovním prostoru. Dostupné z WWW: <<http://www.greif.cz/download/Q142-01.xlt>>.
- MIKULČÁK, Jiří. Matematické, fyzikální a chemické tabulky a vzorce pro střední školy. Vyd. 2., Praha : Prometheus, 2003. 276 s. ISBN 80-7196-264-3.
- MINISTERSTVO ZDRAVOTNICTVÍ - HLAVNÍ HYGIENIK ČESKÉ REPUBLIKY. Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí [online]. Praha : 2001 , 11. 12. 2001 [cit. 2010-01-30]. Č. j. HEM-300-11.12.01-34065. Dostupný z WWW: <http://www.nrl.cz/metodika/postup_prostredi.php>.

- MIŠUN, Vojtěch. Vibrace a hluk. Vyd. 2., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2005. 177 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-3060-5 (brož.).
- NOVÝ, Richard. Hluk a chvění. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1995. 389 s. ISBN 80-01-01306-5.
- REICHL, Jaroslav, VŠETIČKA, Martin. Encyklopedie fyziky [online]. 2006-2009 , poslední změna 20. 8. 2009 [cit. 2009-10-16]. Text v češtině. Dostupný z WWW: <<http://fyzika.jreichl.com/index.php>>.
- ROMÁNEK, Ivo. Stavíme-bydlíme.cz [online]. 15. 9. 2009 [cit. 2010-03-15]. Eurovia - protihlukové stěny. Dostupné z WWW: <<http://www.stavime-bydlime.cz/article.php?ID=24010>>.
- RŮŽKOVÁ, Jiřina. Statistický lexikon obcí České republiky, 1992 : podle správního rozdělení k 31. prosinci 1992 a výsledků sčítání lidu, domů a bytů ke 3. březnu 1991. Praha : SEVT, 1994. 895 s. ISBN 80-7049-096-9.
- Směrnice evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES ze dne 25. června 2002 o hodnocení a řízení hluku ve venkovním prostředí. In Úřední věstník Evropské unie. 2002. vyd. Luxembourg : Office for Official Publications of the European Communities, 2002. L 189/12. s. 101-115. Dostupný z WWW: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:15:07:32002L0049:CS:PDF>
- Státní zdravotní ústav : Zdroje hluku a jeho měření [online]. 2008 , 16. prosinec 2009 [cit. 2009-12-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdroje-hluku-a-jeho-mereni>>.
- SUKDOL, Petr. Hlukové zatížení extravilánu venkovských sídel provozem samojízdných strojů. [s.l.], 2008. 76 s. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Alois Peterka, CSc.
- SYROVÝ, Václav. Hudební akustika. 2. dopl. vyd. Praha : Akademie múzických umění, 2008. 440 s. ISBN 978-80-7331-127-8.
- VLACHOVÁ, Magda. Matematicko-fyzikální web [online]. 2008, 11. 8. 2008 [cit. 2010-10-24]. Dostupný z WWW: <<http://mfweb.wz.cz/>>.
- Základy techniky snižování hluku. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1986. 115 s.