

JIHO ČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**
Vedoucí katedry: **doc. RNDr. Petr BARTOŠ, Ph.D.**

Diplomová práce

**Zemědělské provozny a jejich vliv na životní
prostředí**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marie ŠÍSTKOVÁ, CSc.**
Autor: **Bc. Lukáš BART**

České Budějovice, 2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš BÁRTŮ**
Osobní číslo: **Z13574**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie**
Název tématu: **Zemědělské provozny a jejich vliv na životní prostředí**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V literární rešerši práce se zaměřte na:

1. Hluk a jeho šíření, vliv hluku na lidské zdraví.
2. Hygienické požadavky na životní prostředí z hlediska hluku, hlukové mapování.
3. Zdroje hluku v zemědělských provozech.

V praktické části práce proveďte:

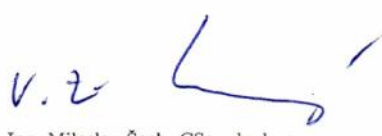
1. Monitorování hluku na hranicích pozemku zemědělského provozu a v místech nejbližší bytové zástavby ve dvou ročních obdobích (s vegetací a bez vegetace).
2. Vytvoření hlukových map a zhodnocení hlukové zátěže.
3. Navržení vhodných hlukových opatření pro případ překročení přípustného limitu hlukové zátěže v chráněném prostoru a chráněném prostoru staveb.

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

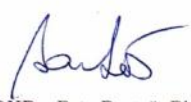
Nový, R.: **Hluk a chvění. ČVUT, Praha, 2009;**
Smetana, C. a kol.: **Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika, 1998;**
Liberko, M.: **Hluk v životním prostředí. Planeta - odborný časopis pro životní prostředí. Ministerstvo životního prostředí, ročník XII, číslo 2/2005;**
Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: **Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen, 2008;**
Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In **Sbírka zákonů, 2000, 74, 258, s. 3622-3662;**
ČSN ISO 1996-1 **Akustika - popis, měření a hodnocení hluku prostředí: Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. Praha, 2004;**
ČSN ISO 1996-2. **Akustika - popis, měření a posuzování hluku prostředí: Část 2: Určování hladin hluku prostředí. Praha, 2009;**
Ministerstvo zdravotnictví - hlavní hygienik České republiky. **Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí [online]. Praha, 2001.**

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

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


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

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice
L.S.


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

V Českých Budějovicích dne 20. března 2014

Prohlášení:

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce na téma: **Zemědělské provozy a jejich vliv na životní prostředí**, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne 24. 4. 2015

.....

Lukáš Bárt

Poděkování:

Děkuji Ing. Marii Šístkové, CSc. za ochotu, cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování diplomové práce. Tímto také děkuji za zapůjčení měřicí techniky. Dále děkuji zemědělskému družstvu LU INA Dolní Němice s.r.o. za možnost uskutečnění měření. V neposlední řadě bych také rád poděkoval rodině za podporu při studiu.

Abstrakt:

Diplomová práce je zaměřena na zemědělské provozy z hlediska jejich hlukové zátěže a vlivu na životní prostředí. Zemědělské provozy jsou v tomto případě bioplynová stanice, sušička zemědělských komodit a odchovna mladého dobytka. Hlavním cílem práce je praktické měření hluku na různých stanovištích ve dvou vegetačních obdobích - období s vegetací a období bez vegetace. V práci jsem se soustředil na výběr vhodných stanovišť pro měření, dále na měření u zdroje hluku, měření u nejbližší zastávky a měření klimatických podmínek. Následoval výpočet ekvivalentní hladiny hluku a vyhodnocení podle platné legislativy. Na základě naměřených a vypočtených hodnot lze říci, že hluková zátěž měřených zemědělských provozů pouze přispívá ke stávající hlukové zátěži. Nejde však o hodnoty, které by se významně přiblížily k hygienickým limitům pro chráněné venkovní prostory. V rámci práce byla navržena protihluková opatření, která by částečně pomohla snížit hlukovou zátěž zemědělských provozů.

Klíčová slova: Hluk, zvuk, ekvivalentní hladina hluku, zemědělský provoz, životní prostředí

Abstract:

The thesis focuses on agricultural activities in terms of their noise influence and impact on the environment. Agricultural activities are in this particular thesis biogas plant, dryer of agricultural commodities and stable of young cattle. The aim of the thesis is the noise measurement in different areas at two different seasons – vegetation season and non-vegetation season. The thesis focused on selection of appropriate locations for measurement, noise measurement nearby to the noise polluting source, noise pollution by the nearest habitation and measurement of climatic conditions. These measurements were followed by the calculation of equivalent noise level and their evaluation according to the legislation. Based on the gathered data and carried calculation it could be concluded, that the noise pollution of the agricultural activities is only contribution to the current noise pollution level. However gathered do not show values which would be significantly close to the hygienic noise limits for protected outdoor areas. In the thesis, there were also suggested noise reducing corrective actions, which could partly eliminate the noise pollution from agricultural activities.

Keywords: Noise, sound, equivalent noise level, agricultural operation, environment

OBSAH

1. Úvod.....	9
2. Literární p ehled.....	11
2.1 Zvuk	11
2.1.1 Definice zvuku	11
2.1.2 Zdroje zvuku	11
2.1.3 Ší ení zvuku.....	12
2.1.4 Vlivy prost edí na ší ení zvuku	12
2.1.5 Ultrazvuk a infrazvuk.....	16
2.2 Hluk.....	17
2.2.1 Definice hluku	17
2.2.2 Zdroje hluku	18
2.2.3 Typy hluku	19
2.2.4 M ení hluku	20
2.2.5 Vn jší vlivy prost edí na m ení hluku	20
2.2.6 Nejistoty m ení hluku	21
2.3 Základní veli iny.....	22
2.3.1 Decibel	22
2.3.2 Kmito et.....	22
2.3.3 Vlnová délka	22
2.3.4 Akustický tlak	23
2.3.5 Akustická rychlost.....	23
2.3.6 Akustický výkon	23
2.3.7 Doppler v jev	23
2.4 Zdroje hluku v zem d lství.....	24
2.4.1 Mechanické zdroje	26
2.4.2 Aerodynamické zdroje	26
2.4.3 Turbulentní zdroje	27
2.4.4 Elektromagnetické zdroje.....	27
2.5 Snižování hluku a protihluková opat ení	28
2.5.1 Hodnocení, monitoring a kontrola rizik	28
2.5.2 Preventivní opat ení a metody snižování hluku	28
2.5.3 Pohlcování hluku a protihlukové materiály	31
2.6 Vlivy hluku.....	34

2.6.1 Vliv na lov ka.....	34
2.6.2 Vliv na hospodá ská zví ata	38
2.6.3 Vliv na životní prost edí.....	40
2.7 Legislativa	41
3. Cíl práce	44
4. Metodika.....	45
4.1 Charakteristika podniku	45
4.1.1 Mapa objektu.....	46
4.1.2 Technologie provozu.....	46
4.2 Použitá m ící technika	49
4.3 Postup m ení.....	50
4.3.1 Vlastní m ení	50
4.3.2 asový rozsah m ení	51
4.3.3 Stanovišt m ení	51
4.3.4 Kalibrace hlukom ru	51
4.4 Postup vyhodnocení nam ených hodnot.....	51
4.4.1 Použité vzorce	52
5. Nam ené a vypo tené hodnoty	53
5.1 Jednotlivá stanovišt m ení	53
5.1.1 Stanovišt . 1 – U suši ky.....	54
5.1.2 Stanovišt . 2 – Za dálnou	55
5.1.3 Stanovišt . 3 – U fermentoru	57
5.1.4 Stanovišt . 4 – U silážní jamy	59
5.1.5 Stanovišt . 5 – U odchovny	61
5.1.6 Stanovišt . 6 – Za smrky	63
5.1.7 Stanovišt . 7 – U garáží.....	65
5.1.8 Stanovišt . 8 – U teletníku.....	67
5.2 Shrnutí	69
5.2.1 Celkové porovnání hodnot	69
5.2.2 Srovnání s legislativou	71
6. Navržená protihluková opat ení	72
7. Záv r.....	75
8. Seznam použité literatury	77
9. P ílohy	83

1. ÚVOD

Ochrana, tvorba a péče o životní prostředí je v současné době jedna z nejdůležitějších úloh moderní společnosti. Současné životní prostředí je zatíženo velkým počtem negativních antropogenních vlivů. Tyto problémy jsou jak malého, tak i velkého rozsahu, například znečištění ovzduší, znečištění vod, oteplování, úbytek zemědělské půdy a další. Právě mezi tyto problémy patří i zatížení nadměrným hlukem. Hluk je bohužel velmi často podceňován, avšak jeho negativní účinky byly již mnohokrát prokázány. Negativní působení tohoto faktoru se dá ve větší míře předpokládat tam, kde je vyšší koncentrace obyvatel. Jsou to především obyvatelé velkých měst.

Zvuk a hluk jsou součástí životního prostředí už od nepaměti. Jsou součástí života nejen lidí ale vlastně všech živých organismů na planetě Zemi. Zvuk je smyslový vjem, který je vnímán sluchem. Sluch slouží k adaptaci na prostředí, pro komunikaci s ostatními lidmi a okolím, varuje nás před nebezpečím a pomáhá orientovat se v prostoru. Nadbytek zvuku působící v nevhodné intenzitě, v nevhodné době i v nevhodném prostoru se označuje jako nežádoucí, obtěžující nebo škodlivý. Nadměrný zvuk může také rušit vnímání důležitých zvukových signálů. Takovéto škodlivé zvuky označujeme jako hluk. Hluk může ovlivnit člověka pozitivně nebo negativně. V dnešní době převládá spíše negativní úroveň zvuku a hlavně hluku. Tyto účinky se rozdílně projevují podle typu člověka. Záleží na jeho aktuální náladě, zkušenostech, věku nebo například psychickém stavu. Pro někoho je příjemný zvuk například metalová skladba a pro jiné je to velmi obtěžující hluk.

Hluk se v poslední době stává stále vážnějším problémem. Hlučnost se zvyšuje s rozvojem průmyslu a dopravy. Mezi hlavní zdroje hluku patří tedy letadla a jím vyrobené vozidla a stroje. Nepatrným zdrojem je i sama příroda. Velký podíl má tedy stále v tísni využívání techniky. Nárůst techniky je zaznamenán jak na pracovních místech, tak i v domácnostech a v přírodě. Letadla již v průběhu let zpohodlnila a nechá za sebou čím dál tím více pracovat stroje. Tyto problémy se každým rokem rozšiřují na větší a větší území.

V tšina hluku, se kterým se dnes setkáváme, nep sobí bezprost ední bolesti nebo specifické poruchy. Bohužel mnozí lidé si neuv domují, co všechno m že hluk zp sobit a to, že se jeho ú inek v tšinou neprojevuje okamžit . Mezi nej ast jší problémy pat í poruchy spánku, soust ed ní, nervové problémy, poruchy vnit ních orgán a poruchy sluchu. Po dlouhodobém vystavení nadm rnému hluku m že tedy nastat i úplná ztráta sluchu. Lidé totiž berou hluk jako samoz ejmost a asto ignorují zvukový vjem do té doby, než za ne p sobit bolestiv . Závažnou vlastností zvuku i hluku je ší ení na velké vzdálenosti tém všemi skupinami látek. Nejlépe se ší í vzduchem, ale dokáže se dob e ší it i vodou a pevnými látkami. Hluk bohužel postihuje nejen jeho p vodce, ale i široké okolí, pro které je velmi obt žující. Protihluková opat ení jsou dvojího typu. První je vhodné konstruk ní ešení, tedy vy ešit konstrukci tak, aby hluk nevznikal anebo byl co nejnižší. Druhé ešení je omezit hluk p ímo u zdroje anebo navrhnout dodate nou protihlukovou bariéru, která by chránila okolí.

Zem d lství, které je nedílnou sou ástí pr myslu v R, se negativn podílí na zvyšování hlukové zát že. Zdrojem hluku v zem d lství je p edevším doprava a zem d lské provozy. Jde nap íklad o objekty, které slouží pro chov a výkrm hospodá ských zví at, íšt ní, sušení nebo zpracování zrna, a v poslední dob i hojn rozší ené bioplynové stanice, atd. Všechny tyto zdroje ovliv ují životní prost edí, lidskou populaci i chovaná hospodá ská zví ata.

P sobení škodlivé hlukové zát že na lov ka je ím dál více aktuáln jší téma, kterým se zabývají vysp lé zem celého sv ta. Jako legislativní opat ení bylo vydáno mnoho zákon , na ízení, norem a jiných právních p edpis , které zajiš ují ochranu lidí p ed nadm rným hlukem.

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Zvuk

Mechanické vlnění pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu 16 až 20 000 kmitů za sekundu se nazývá zvuk, který se v daném pružném prostředí (tj. v kapalinách, plynech nebo pevných látkách) šíří konečnou rychlostí. [1]

2.1.1 Definice zvuku

Zvuk je podélné mechanické vlnění hmotného prostředí s kmitočtem v rozmezí přibližně od 16 Hz do 20 kHz, které působí na lidský sluchový orgán a vyvolává v něm subjektivní sluchový vjem. Zvukové vlny se od zdroje zvuku šíří všesměrově. Rychlost šíření zvuku je závislá na vlastnostech prostředí. V případě vzduchu je to zejména teplota a atmosférický tlak. [2]

2.1.2 Zdroje zvuku

Zdroj zvukového vlnění se stručně nazývá zdroj zvuku. Hmotné prostředí, ve kterém se toto vlnění šíří, je vodič zvuku, v tšinou vzduch, zprostředkuje spojení mezi zdrojem zvuku a jeho příjemcem, kterým může být ucho, mikrofon nebo snímač. Zvuky se šíří i kapalinami (např. vodou) a pevnými látkami (např. stěnami domu). Vzduchoprázdno, vakuum, je dokonalou zvukovou izolací.

Zdrojem zvuku může být každé chvějící se těleso. O vlnění v okolí zdroje zvuku však nerozhoduje jen jeho chvění, ale i okolnost, jestli je tento předmět dobrým nebo špatným zájemcem zvuku. Tato vlastnost závisí hlavně na jeho geometrickém tvaru. Struna napnutá mezi dvěma pevnými body není dobrým zájemcem zvuku, protože při chvění struny vzniká přetlak ve směru jejího pohybu a současně na opačné straně podtlak. Tím se nejbližší okolí struny stává druhotným zdrojem dvou vlnění, která se šíří na všechny strany prakticky současně, protože příčné rozměry struny jsou vzhledem na vlnovou délku zvukového vlnění vždy velmi malé. Tato dvě vlnění se interferencí ruší. Zdrojem zvuku mohou být kromě těles kmitajících vlastními kmitočty i tělesa kmitající kmitočty vynucenými. K nim patří například ozvučnice mnohých hudebních nástrojů, reproduktory, sluchátka a další zařízení pro generování nebo reprodukci zvuku. [3]

2.1.3 Šíření zvuku

Zvuk se šíří od zdroje ve vlnoplochách. Ve volném prostředí mohou mít kulový nebo rovinný tvar, který se však může změnit třeba odrazem nebo přechodem přes překážku apod. Za rovinnou vlnoplochu považujeme též kulovou vlnu, která je vytvořena zdrojem zvuku ve značně velké vzdálenosti, kde již zakřivení vlny nehraje podstatnou roli. Akustické pole je prostor, ve kterém se šíří zvuk. Podle charakteru zvukových vln rozlišujeme pole rovinné, kulové a difúzní (obecné, tvořené vlnami různých tvarů).

Při šíření zvuku v prostředí s překážkami (skutečné prostředí), dochází při dopadu zvukové vlny na kterou překážku k mnoha jevům, při kterých se navíc část zvuku mění na jinou formu energie (teplo). Obecně se část zvuku odrazí, část akustické energie se přemění v teplo, část překážkou projde popř. se šíří překážkou samotnou. Dále se může kolem překážky ohnout, může ji rozkmitat tak, že se vlny odečtou a překážka se začne chovat jako by veškerou akustickou energii pohlcovala apod. Všechno záleží na rozměrech, složení a tvaru překážky, na vlnové délce zvukové vlny atd. Překlady rychlosti šíření zvuku v různých látkách jsou uvedeny v tabulce 1. [4]

Tabulka 1 – Šíření zvuku v různých látkách [5]

Látka	Rtu	Voda	Beton	Led	Dřevo	Ocel	Sklo
Rychlost [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	1 400	1 440	1 700	3 200	4 000	5 000	5 200

2.1.4 Vlivy prostředí na šíření zvuku

Šíření zvuku ve volném prostoru

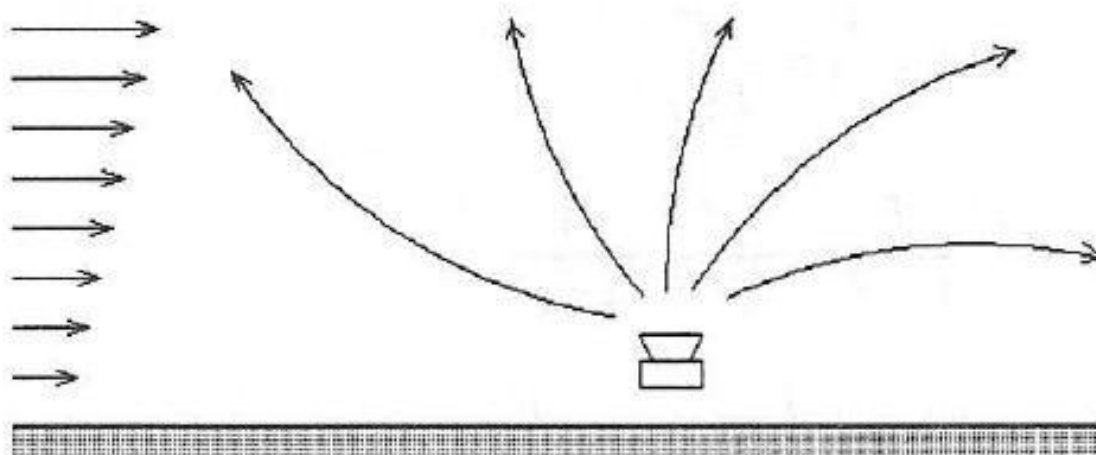
Při šíření zvuku ve volném prostoru (ve volném zvukovém poli) se akustický výkon P [W] s rostoucí vzdáleností r [m] od zdroje (s výjimkou zdroje plošného) rozprostírá na stále větší plochu S [m^2]. Tím se snižuje intenzita I [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]. Od bodového zdroje se zvuk šíří v kulových vlnoplochách, kde $S=4\pi r^2$. [6]

Šíření zvuku v uzavřeném prostoru

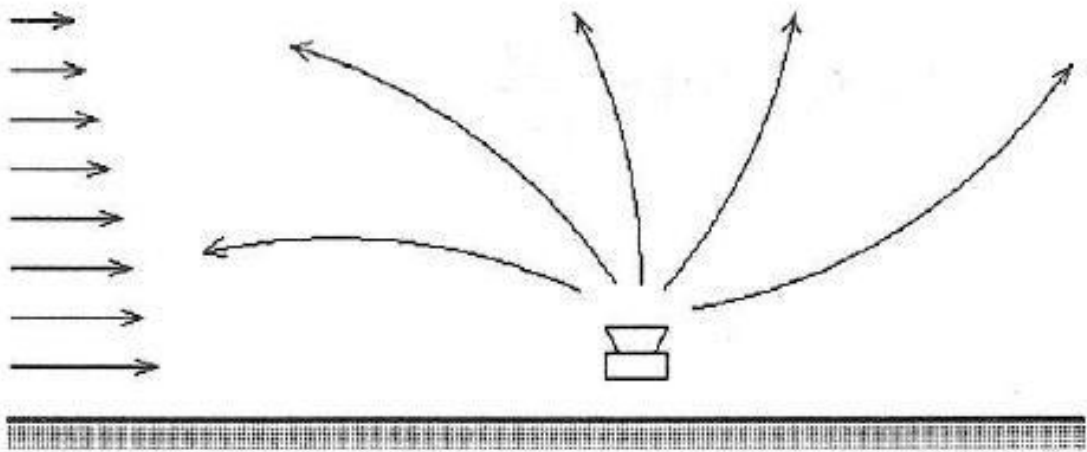
V uzavřeném prostoru (místnosti) dochází k odrazu akustické energie od stěn, stropu a podlah zpět směrem ke zdroji. To má za následek zvýšení hladiny akustického tlaku v porovnání se stavem, který by vznikl ve volném prostoru. Významnou roli zde hraje pohltivost zvuku povrchů, které ohraničují uzavřený prostor. Při dopadu zvuku o akustickém výkonu P_0 [W] na plošce se část tohoto výkonu P_r [W] odrazí a část P_a [W] pohltí. Pohlcený výkon se pak rozdělí na část výkonu P_t [W], která se ztratí (je odvedena konstrukcí mimo sledované místo nebo se promění v jiný druh energie) a na část P_i , která projde stěnou a je vyzařena do vedlejšího prostoru. [6]

Vliv v trů

Samotný vítr tj. skutečnost že vzduchová hmota se pohybuje, nemá na šíření zvuku vliv, protože rychlost v trů je vždy vždy nižší oproti rychlosti zvuku. Šíření zvuku však může být ovlivněno gradientem rychlosti v trů, tj. změnou rychlosti v závislosti na výšce nad terénem. Při kladném gradientu (obrázek 1), tj. je-li rychlost ve vyšších atmosférách vyšší, se ve směru proti v trů zvukové vlny ohýbají od zemského povrchu tak, že nízko nad zemí vzniká akustický stín. Ve směru po v trů se zvukové vlny ohýbají naopak k zemskému povrchu, což může být příčinou zesílení přenosu zvuku. Při záporném gradientu (obrázek 2) je tomu naopak. Kolmo na směr v trů se útlum ani zesílení přenosu zvuku neprojevují. [6]



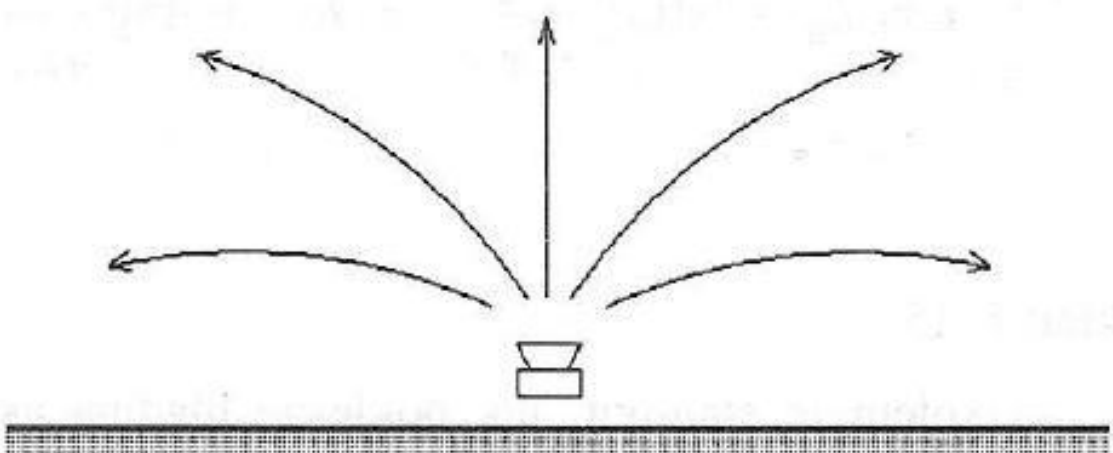
Obrázek 1 – Kladný gradient v trů [6]



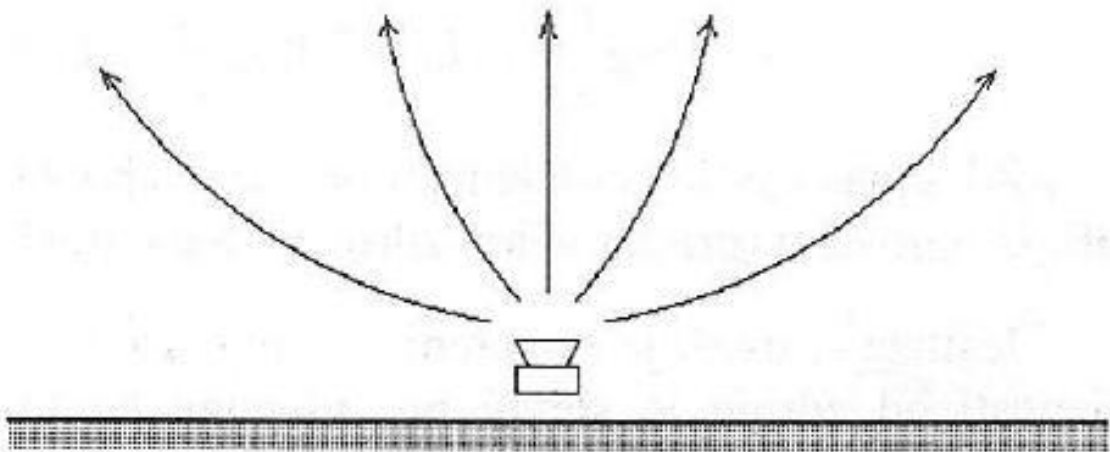
Obrázek 2 – Záporný gradient v tru [6]

Vliv teploty

Rychlost zvuku se zvyšuje s teplotou. Úinek gradientu teploty je proto podobný úinku gradientu v tru. Při kladném gradientu obvykle v noci (obrázek 3), tj. je-li teplota ve vyšších vrstvách atmosféry vyšší, než u zemského povrchu, se zvukové vlny ohýbají směrem k zemskému povrchu a může tak nastat zesílení přenosu. Naopak při záporném gradientu (obrázek 4) obvykle ve dne se vlny ohýbají od terénu a vytváří se zvukový stín. [6]



Obrázek 3 – Kladný gradient teploty (v noci) [6]



Obrázek 4 – Záporný gradient teploty (ve dne) [6]

Vliv sn hu

Sn hová pokrývka má nízkou pohltivost zemského povrchu. Snižuje tak účinnost zvukových vln odražených od zasněžených ploch, které mají pro vodní páru nižší pohltivost zvuku.

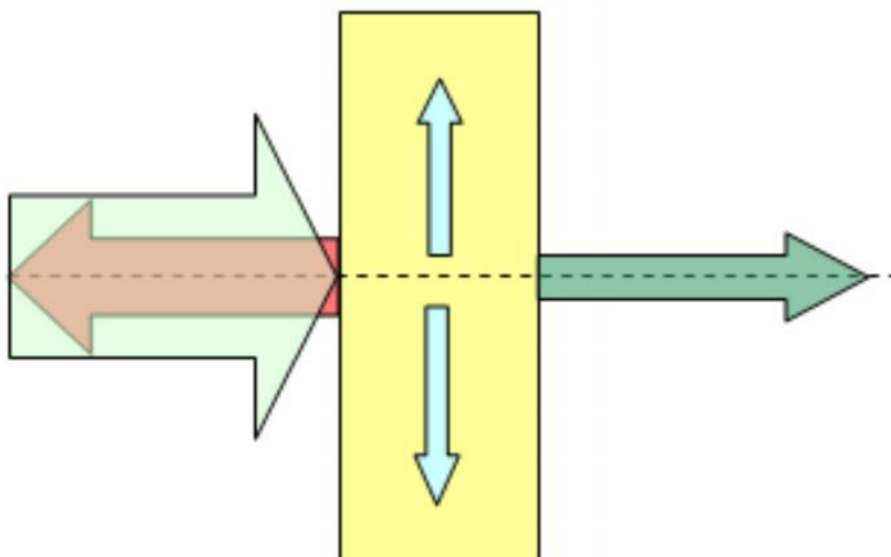
Výše uvedené jevy, tj. útlum vlivem vlnivosti, teploty a sněhu, jsou jevy závislé na proměnlivém stavu atmosféry. [6]

Vliv překážek

Za každou překážkou na cestě šíření zvuku, jejíž rozměry převyšují vlnovou délku, se vytváří zvukový stín, ve kterém lze pozorovat snížení intenzity zvuku oproti stavu volného šíření zvukových vln bez překážky. Útlum intenzity zvuku závisí na poloze zdroje zvuku, na poloze a geometrickém tvaru překážky, na poloze pozorovatele za překážkou a na vlnové délce zvuku. Vznik a vlastnosti zvukového stínu lze vysvětlit pomocí ohybu vlnění. Zákonitosti ohybu platí pro každé vlnění. Příkladem průchodu zvuku přes překážku je zachycen na obrázku 5. [6]

Vliv vegetace

Útlum hladiny zvuku únikem 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 úniky mají i protihlukové stěny, pokud jsou dostatečně neprůhledné a vysoké, tj. pokud způsobí odraz zvuku, resp. ohyb zvuku směrem dolů za překážku. Potom u zvukových vln středních frekvencí je útlum zhruba 10 dB až 25 dB. [7]



Obrázek 5 - Pohlcení části vlny po dopadu na překážku [8]

2.1.5 Ultrazvuk a infrazvuk

Ultrazvuk

Je mechanické vlnění o frekvenci vyšší než 16 kHz a sluchem ho nevnímáme. Je slyšitelný pro řadu živočichů (psi, delfíni, netopýři). Ultrazvuk má velké využití v lékařství a technice. Ultrazvukové vlnění méně podléhá pohlcení prostředí, velmi dobře se odráží od překážek. Díky těmto vlastnostem je ultrazvuk velmi využíván v lékařské diagnostice a lze jej použít například místo rentgenu. (detailní obraz vnitřních orgánů). V technice je využíván k tzv. ultrazvukové defektoskopii, která slouží k zjištění skrytých vad materiálu na základě šíření a odrazu ultrazvuku. [9]

Infrazvuk

Je mechanické vlnění o menší frekvenci než 16 Hz. Dobře se šíří zejména ve vodě. Tak lze například zjistit tzv. hlas moře, které několik hodin předem duněním odpovídá příchodu vlnobití. Toto varování vnímají některé mořské živočichové. Infrazvuk člověk také neslyší, avšak při frekvenci, která je blízká frekvenci tlukotu srdce, je infrazvuk pro lidský organismus škodlivý. [9]

2.2 Hluk

Hluk je definován jako zvuk, který člověka poškozuje (na zdraví, majetku nebo na životním prostředí), ruší nebo obtěžuje. [1]

2.2.1 Definice hluku

Dle zákona je hluk definován: Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis. [10]

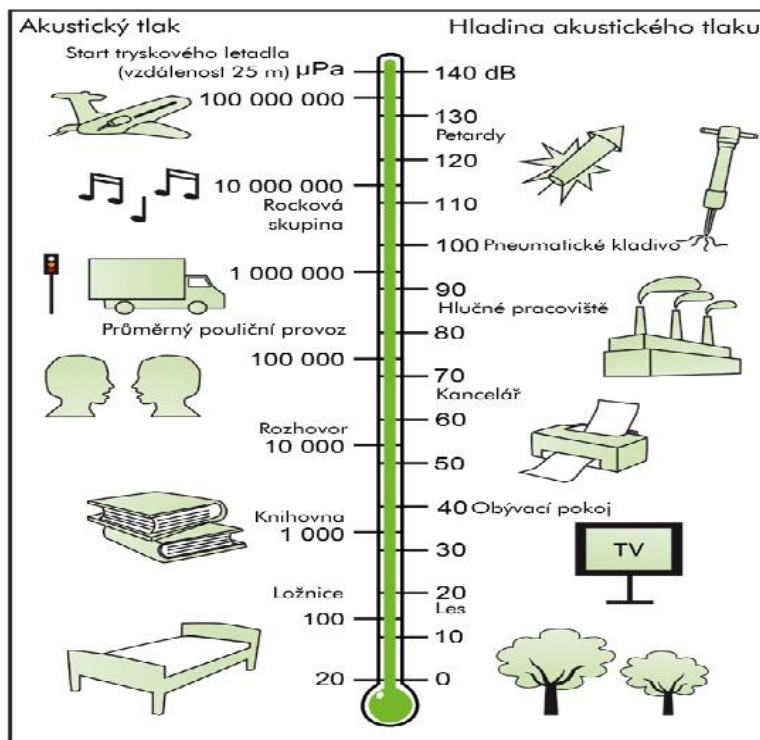
Poměrně velice přesně lze zvuk fyzikálně popsat a jeho vlastnosti, a už u zdroje (emise) nebo pokud se šíří prostředím (imise), měřit. Lékaři lze považovat hluk za zvuk, který má účinky přímo na správnou činnost sluchového orgánu (specifické účinky), nebo prostřednictvím jeho vržené intenzity jinak působí škodlivě na člověka (nespecifické účinky). I tyto vlivy zvuku příliš silného, příliš slabého, nebo působícího v nevhodné situaci, dokonce i na slabého jedince (tedy bez ohledu na jeho fyzikální vlastnosti) lze dnes již poměrně přesně pozorovat a objektivně popsat.

V praktickém boji proti hluku je dnes klíčovou otázkou, nakolik je v současné době technicky a ekonomicky realizovatelné jeho omezení. Z technického hlediska je u hluku výhodné například to, že se chová relativně přesně podle fyzikálních zákonů, což umožňuje aplikaci výpočtových metod s mnohem větší přesností než například u prognózy znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua, nekumuluje se v prostředí, jako například některé chemické škodliviny. Pokud jde o ekonomická hlediska, je samozřejmě snižování hluku spojeno s finančními náklady. Avšak opatření proti hluku mají v případě emisí mnohdy technicky příznivé účinky (například v oblasti životnosti zařízení). V případě emisí mají zejména i ekonomický přínos, což lze již dnes objektivně kvantifikovat - i když je to složitý problém, spočítat ztráty i přínosy způsobené například protihlukovými opatřeními ekonomové dovedou (například se ekonomicky ocení zvýšená udatost a nemocnost - ztráty produktivní, ztráty na účet zdravotních a sociálních výdajů). [8]

2.2.2 Zdroje hluku

Hluk vzniká v přírodě i fyzikálních procesech (proudění vody, víření), nebo jako projev života zvířat. Vzniká také činností člověka (doprava, výroba, bydlení, trávení volného času). [11]

Obecně lze říci, že se dá i omezovat hluk úpravami strojů a dalších hlučných zařízení přímo při jejich výrobě – tedy přímo u zdroje. Neplatí pak v tomto případě předtíci lety běžná úvaha, že technický pokrok dosáhl dimenzí, které nenechávají prostor a čas k likvidaci vyvolaných negativních důsledků. Již se snad nepodaří uje hluk v pracovním prostředí, který dle odhadů tvoří 40 % hluku „vypouštění“ lidmi do životního prostředí. Okolo 50 % celkové hlukové zátěže způsobuje doprava (někdy se uvádí až 70 %). Příklady hladin hluku při různých činnostech zobrazuje obrázek 6. Každopádně bylo odhadnuto, že podle platných limitů hluku bylo např. v Praze roku 2002 zasaženo hlukem z automobilové a tramvajové dopravy 7,6 % obyvatel. Uděláme-li příbližné korekce ve výše uvedeném smyslu – odečteme silné, ale i slabé jedince – dostaneme nejméně 50 tisíc obtěžovaných občanů. Zkusme si za procentuální hodnotu obtěžovaných v hlavním městě – kráceno výší urbanizace, podílem podobně zahlcených měst a měst s tramvajemi – dosadit počet občanů republiky (dle odhadů je zasaženo hlukem v České republice asi 2,5 milionů obyvatel). Evropská unie za rok 2000 udává 25 % hlukem obtěžované populace, 5 – 15 % rušené ve svém spánku hlukem. Hluk tedy není jen „pražská“ záležitost, ale evropská procenta jsou vyšší asi proto, že laika pro nežádoucí překročení byla nasazena mnohem níže (bez ohledu na tzv. staré zátěže) nebo proto, že za obtěžování se považuje třeba i zavření okna pro nerušený poslech televize. Odhadovaný počet obyvatel Evropské unie zasažených v roce 2000 hlukem o ekvivalentní hladině akustického tlaku vyšší než 65 dB byl 100 milionů obyvatel. [8]



Obrázek 6 – Hladiny hluku [12]

2.2.3 Typy hluku

Ustálený hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě nemění v závislosti na časě o více než 5 dB.

Proměnný hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě mění v závislosti na časě o více než 5 dB.

Impulsní hluk

Je hluk tvořený jedním impulsem nebo sledem impulsů, kdy doba trvání každého impulsu je kratší než 0,2 s a impulsy následují po sobě v intervalech delších než 0,01 s.

Vysoce impulsní hluk

Je tvořen impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem je střílba z ručních zbraní, kování kovů, tloučení, nastelování hřebíků, buchary, zarážení pilot, výstředníkové lisy, pneumatická kladiva a sbíječky, nárazy při posouvání vagónů nebo podobné zdroje.

Vysokoenergetický impulsní hluk

Je tvořen impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem jsou výbuchy v lomech a dolech, sonické testy, demoliční a průmyslové procesy s pomocí výbušnin, střílna z těžkých zbraní, zkoušky výbušnin a další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost TNT překračuje 25 g a podobné zdroje [13]

2.2.4 Měření hluku

Měření hluku včetně jeho výpočtu a jeho hodnocení hluku se postupuje podle metod a terminologie týkajících se oborů elektroakustiky a akustiky, obsažených v příslušných českých technických normách. Při jejich dodržení se výsledek považuje za prokázaný. Pokud nelze takto postupovat musí být u použité metody doložena její záchytnost, přesnost a reprodukovatelnost. Při měření nebo výpočtu hluku se uvádí nejistoty odpovídající metodě měření nebo výpočtu. Nejistoty musejí být uplatněny při hodnocení naměřených nebo vypočtených hodnot. [14]

Nejméně se měření v rozmezí teplot 0 - 50°C a nejnižší rychlost větru, při které se měření je maximálně 5 m·s⁻¹. Měření se také za deště a snění.

2.2.5 Vnější vlivy prostředí na měření hluku

Patří sem zejména atmosférického tlaku, teploty a vlhkosti. Měřené hodnoty jsou ovlivňovány i proudem vzduchu kolem mikrofonu (větrání), na zvukovém prostředí sobíci vibracemi a elektromagnetickým polem. [15]

Atmosférický tlak

Se zvyšujícím se atmosférickým tlakem citlivost klesá. Při obvyklých změnách atmosférického tlaku se citlivost mění o asi desetiny decibelu (asi -0,1 dB/kPa) a v tšinou to nemusíme prakticky respektovat. [15]

Teplota

Na citlivosti měřícího zařízení se výrazně neprojeví ani vliv teploty, kde korekce dosahuje až 0,01 dB/°C, ale ani tuto korekci není za běžných teplot v tšinou nutno uvažovat. I když se vliv teploty uplatňuje hlavně u nejvyšších kmitot (rezonančního kmitotu mikrofonní vložky), nepodstatně korekce hodnotu 1 dB. [15]

Vlhkost

Vliv vlhkosti může být závažný (i 1 dB/10% relativní vlhkosti), ale není-li překročen rosný bod, potom s poklesem pouze desetina dB. [15]

Vítr

Již při rychlostech v truhu kolem $3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ mohou být hodnoty nižších hladin (asi 40 dB) ovlivněny. Vhodný kryt proti vtrhu zeslabí šumy o asi 15 dB a přitom potlačení nejvyšších kmitotvlivem krytu (v oblasti kolem 10 kHz) nepřesahuje ani 1 dB. Pro běžná měření se proto doporučuje používat vždy alespoň jednoduchý kryt proti vtrhu a to i z důvodu, že kryt chrání také namikrofonní vložku i proti slabému dešti, prachu a náhodnému poškození. [15]

2.2.6 Nejistota měření hluku

Nejistota měření hluku se stanovuje v souladu se zásadami uvedenými v SN ISO 9612, dokumentem EAL – G23: Vyjádření nejistot v kvantitativním zkoušení - IEC 1996 a dokumentem EAL-R2: Vyjádření nejistoty měření při kalibraci - EAL 1997. Celková nejistota měření (Δ) zohledňuje nejistotu danou měřicími přístroji (u_i) a nejistotu danou použitým postupem měření (u_s), které se také nazývá nejistota v důsledku vzorkování.

Nejistota (u_i) daná měřicími přístroji, závisí na typu a třídě měřícího přístroje. Třídou hlukoměru (zvukoměru) jsou celkem 3. U třídy 1, která je nejpřesnější, je nejistota 0,7 dB, u třídy 2 je nejistota 1 dB a u třídy 3 se uvádí 1,5 dB. Nejistota (u_s) daná vzorkováním se určuje podle vzorce uvedeného v normě. Celková nejistota (Δ) se tedy určuje jako druhá odmocnina ze součtu čtverců u_i a u_s . Ve třídě 1 je celková nejistota 1,6 dB, třída 2 má celkovou nejistotu již 3 dB. U poslední třídy 3 je celková nejistota 8 dB.

Na základě stanovení celkové nejistoty (Δ) se určuje třída přesnosti měření. Pokud je celková nejistota $\Delta < 1,6$, tak třída přesnosti je 1 a označuje se referenčním měřením. Když je celková nejistota v rozsahu $1,6 \leq \Delta < 3$, pak je třída přesnosti 2, označena jako technické měření. V případě, že celková nejistota má rozsah $3 \leq \Delta < 8$, znamená to třídu přesnosti 3, označenu jako provozní měření.

Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku s nejvyšší přípustnou hodnotou se provádí s uvažováním celkové nejistoty. [16]

2.3 Základní veličiny

2.3.1 Decibel

Decibel je jednotka nejznámější svým použitím pro měření hladiny intenzity zvuku, ale ve skutečnosti se jedná o obecné měřítko podílu dvou hodnot, které se používá v mnoha oborech. Jedná se o fyzikálně bezrozměrnou míru, obdobně jako třeba procento, ovšem na rozdíl od něj je decibel logaritmická jednotka, jejíž definice souvisí s objevením Fechner-Weberova zákona, že totiž lidské ucho vnímá podstaty logaritmicky jejich intenzity (i velké změny velkých podstat způsobují jen malé změny podstat). Míra vytvořena v roce 1923 inženýry Bellových laboratorii sloužila k udávání útlumu telefonního vedení. Například pokles (útlum) o 3 dB u výkonu znamená polovinu výkonu, naopak zisk (zesílení) o 3 dB je dvojnásobný výkon (pozor, pro jiné veličiny jako například napětí nebo výkon toto nemusí platit). [15]

2.3.2 Kmitočet

Kmitočet (resp. frekvence kmitání) f udává počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod. Základní jednotka kmitočtu je Hz (Hertz).

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

f – kmitočet [Hz]

T – doba kmitu

Kmitočet je roven převrácené hodnotě periody kmitání. [1]

2.3.3 Vlnová délka

Vlnová délka λ je určená vzdáleností mezi dvěma nejbližšími body bodové roviny se stejným akustickým stavem v daném okamžiku. Resp. je to vzdálenost, kterou urazí akustická vlna v průběhu jednoho kmitu T . Potom pro vlnovou délku platí vztah:

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T$$

λ – vlnová délka [m]

c – rychlost šíření zvuku

[1]

2.3.4 Akustický tlak

Akustický tlak je následkem změny tlaku vzduchu, způsobené zvukovými vlnami. Charakterizuje tedy okamžitou hodnotu tlaku v daném místě prostředí a v daném směru. Akustický tlak závisí na barometrickém tlaku. Hodnota barometrického tlaku je přibližně 100 000 Pa, kdežto akustický tlak je velmi málo mnohem nižší. Zdravé lidské ucho začíná vnímat akustické tlaky od hodnot $2 \cdot 10^{-5}$ Pa, což je oproti barometrickému tlaku hodnota téměř zanedbatelná. Jednotka je pascal [Pa]. [15]

2.3.5 Akustická rychlost

Akustická rychlost v , je rychlost s jakou kmitají jednotlivé částice v prostředí, kterým se šíří akustická vlna. Je to jedna z nejdůležitějších akustických veličin. Akustická rychlost se pohybuje v rozmezí $5 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (práh slyšitelnosti) až $1,6 \cdot 10^{-1} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (práh bolestivosti). Jednotka jsou metry za sekundu [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]. [17]

2.3.6 Akustický výkon

Výkon kmitavého zdroje W , je v ustáleném stavu definován jako práce vykonaná za jednotku času, kde práce je součinitelem síly a dráhy. Je základní veličinou popisující akustické vlastnosti zdroje zvuku. Protože je akustický tlak definován silou působící na jednotkovou plochu, můžeme se vyjádřit akustický výkon vztahem:

$$P = I \cdot S [W]$$

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

S - sledovaná plocha [m^2]

[15]

2.3.7 Dopplerův jev

Dopplerův jev je jev, kdy dochází ke změně frekvence a vlnové délky přijímaného signálu oproti vysílanému signálu, způsobené nenulovou vzájemnou rychlostí vysílatele a příjemce. Tento jev byl poprvé popsán Christianem Dopplerem v roce 1842.

Předpokládáme, že se zdroj i pozorovatel pohybují po stejné přímce. Pohybují-li se zdroj a pozorovatel směrem k sobě, pozorovatel zaznamenává vyšší frekvenci a tedy kratší vlnovou délku. Vzdalují-li se zdroj a pozorovatel od sebe, pozorovatel zaznamenává nižší frekvenci a tedy vyšší vlnovou délku.

Z praxe asi všichni známe situaci, že když se k nám blíží například houkající sanitka, má zvuk houkačky vyšší frekvenci, než když se od nás vzdaluje. Dopplerova jevu využívá například měřicí přístroj a zařízení, například radary pro měření rychlosti vozidel nebo lékařské sonografy. [18] [19]

2.4 Zdroje hluku v zemědělství

V současné době jsme svidky stále intenzivnějšího využívání mechanizovaných prostředků ve všech oblastech výroby v zemědělství a lesnictví. Používání stále většího počtu strojů je provázeno řadou negativních dopadů na životní prostředí. Zvýšením technické úrovně strojů a mechanismů se sice docílilo snížení fyzické námahy, ale na druhé straně je k negativně ovlivěno mnoha aspekty souvisejícími právě s technizací výrobních procesů a technologií. Tak jako ve vesměs venkovských oblastech jsou i v zemědělství pracovníci vystavováni řadě škodlivých vlivů. Vzduch je znečištěván spalinami z energetických zdrojů (dopravní prostředky, traktory), prachem, prachem, a nezanedbatelné jsou i výkyvy teplotního působení. Dalšími faktory negativního působení zemědělské techniky na životní prostředí jsou znečišťující látky působící na čistotu vod a půdy (ropné produkty, pesticidy atd.). Vedle těchto obecně známých nebezpečných vlivů působících na organismus člověka se ve stále větší míře zvyšuje hluková expozice lidí a zvířat. Dlouhá léta bylo působení hluku v zemědělské výrobě považováno za bezvýznamné a z tohoto titulu nebylo téměř sledováno. Všudypřítomný hluk a jeho negativní působení však začaly právě se shora uvedeným rozvojem mechanizace procesů negativně ovlivňovat zdravotní stav lidí i zvířat i v zemědělství – u zvířat se pak může nadměrná hluková zátěž projevat výrazným snížením užitkovosti. Příklady různých zdrojů hluku v zemědělství znázorňuje tabulka 2. Zdravotní riziko hluku je spojeno s jeho schopností šířit se na velké vzdálenosti vzduchem, vodou i pevnými látkami. V tšínou se působení hluku na lidský organismus bezprostředně neprojevuje, ale jeho účinky se v organismu kumulují a projevují se až po delší době [20]

Tabulka 2 – Zdroje hluku v zemědělství [21]

Příklady hladin hluku v zemědělství	
Zemědělské stroje	Hluk [dB]
Sušička obilí - kaskádová	93,4
Sušička obilí - průtok	93,8
Sušička pícnin	89,8
Válčovací / drtící stroj pro přípravu krmiv	92,3
Čistička / seřezávací chmele	93,9
Hala pro přípravu / balení zeleniny	91,6
Čerpadlo	91,7
Čerpadlo	97,5
Meta / sypa	89,4
Motorová pila	103,9
Škubačka drbeže	99,8
Drbežárna	94,4
Sadový postřikovač	85-100
Používání traktorů	
Traktor s bubnovým žací strojem	91,1
Traktor s lisem na balíky	96,8
Traktor s mulčováním	89,6
Traktor s postřikovačem	97,9
Traktor s drtícím slámy	90,4
Traktor s kabinou	73-90
Traktor bez kabiny	91-99
Traktor se zcela sešlápnutým akceleračním pedálem	105
Traktor pracující v plném zatížení	120
Terénní vozidlo	100

Hluk ze zemědělské činnosti je méně významnou složkou hluku v životním prostředí. Zdroje lze rozdělit na sezónní a trvalé. Sezónní působení je spojeno se sklizením zemědělských produktů a jejich dopravou na místo skladování a zpracování. Lokálně tak dochází k nárůstu intenzity hluku vlivem zvýšení dopravy a zvýšenému provozu zpracovatelských zařízení (sklady, sušičky apod.). Oproti tomu trvalé stacionární zdroje místního významu (sila, mlýny apod.) trvale zatěžují nejbližší okolí hlukem. Největším zdrojem hluku v bioplynové stanici je kogenerační jednotka, která je však odhlučena, aby splnila přísné hlukové normy Krajské hygienické stanice i pro její provoz. Stejně kogenerační jednotky jsou často umístěny v kotelnách na sídlišťích, aniž by obyvatelé okolních domů o jejich existenci věděli. [22] [23]

Hluk vznikající při provozování nejen zemědělských strojů může být dále rozdělen do několika skupin, například:

- mechanické zdroje hluku;
- aerodynamické zdroje hluku;
- turbulentní zdroje hluku;
- elektromagnetické zdroje hluku a další.[17]

2.4.1 Mechanické zdroje

V těsně výrobků strojírenského průmyslu obsahuje elementy, které konají vratný nebo rotační pohyb, s nímž je spojeno silové působení na okolní součásti. Jestliže je kmitající povrch součásti obklopen vzduchem, nastává přenos energie chvění do okolního prostředí. [17]

U naprosté většiny zemědělských strojů je hluk způsoben právě těmito mechanickými zdroji. Radíme mezi ně především:

- Hluk valivých ložisek
- Hluk ozubených převodů a převodových skříní
- Hluk pohonné jednotky
- Hluk pneumatik

Hladina akustického tlaku, vyvolaná jednotlivými dopravními prostředky, závisí na několika faktorech:

- Na mechanickém výkonu motoru
- Na rychlosti vozidla
- Na režimu práce motoru
- Na technickém stavu vozidla
- Na kvalitě vozovky
- Na okolní zástavbě
- Na povětrnostních podmínkách, atd.[17]

2.4.2 Aerodynamické zdroje

Hluk aerodynamického původu je možno charakterizovat jako zvuk vznikající v důsledku působení proudu vzduchu na okolní obklopující prostředí.

Příčinou vzniku hluku tedy není kmitání povrchu pevných těles, jak tomu bývá v klasické akustice, ale pohyb vzduchu.

Tyto zdroje hluku jsou u zemědělských strojů zanedbatelné, protože jejich pojízdná rychlost nepřekrojuje $50 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Vzduch má tedy dostatek času přizpůsobit se obtékanému stroji a nevytváří žádný hluk. [17]

2.4.3 Turbulentní zdroje

Zdrojem hluku je ta část prostoru, kde existuje neustálený proudění, tzn. kde dochází k nejintenzivnějším změnám rychlosti anebo objemu proudění média. Analýza hluku aerodynamického proudění ukazuje, že jeho hlavním zdrojem v tomto případě je ventilátor, resp. oběžné kolo a jeho okolí. Tento hluk ve většině případů rozhodujícím způsobem převyšuje ostatní zdroje. Zdrojem hluku jsou rotorové křídélka, chladicí kanály ve stroji, vstupní a výstupní kryty apod. Hluk způsobený turbulentním prouděním plynného a kapalného prostředí je posunutý do vyšších frekvenčních pásem. [24]

2.4.4 Elektromagnetické zdroje

Tento hluk je typickou složkou hluku elektrických točivých strojů a transformátorů. Jeho příčinou je kmitání kostry, případně jiných částí stroje, způsobené proměnlivými elektromagnetickými silami. Další příčinou hluku elektromagnetického proudění je magnetostrikce magnetického obvodu. Příčiny porušení symetrie a homogenity elektromagnetického pólu jsou v nerovnoměrné vzduchové meze mezi státorem a rotorem, v závitovém zkratu ve vinutí motoru, v prasknutí rotorové osy, v magnetostrikci jádra a v drážkách statoru a rotoru elektromotoru. Frekvenční spektrum hluku elektromagnetického proudění je diskrétního charakteru.

Zároveň se v mnohých případech vyskytuje i značně výrazná smyčková charakteristika vyzařovaného hluku. Snížení složky elektromagnetického hluku je především otázkou vhodného elektrického návrhu stroje. To znamená, například optimální poměr počtu statorových a rotorových drážek, v nichž v případech natočení drážek rotoru, případně zesílení konstrukce v místech zvýšeného namáhání elektromagnetickými silami. [25] [26]

2.5 Snížení hluku a protihluková opatření

Odstranění nebo snížení nadměrného hluku při práci není pro zaměstnavatele jen právní povinností, ale je to i v obchodním zájmu jednotlivých organizací. Čím bezpečnější a zdravější je pracovní prostředí, tím nižší je pravděpodobnost ekonomicky nákladné pracovní neschopnosti z důvodu onemocnění, úrazů a nízké výkonnosti.

2.5.1 Hodnocení, monitoring a kontrola rizik

Stupeň a druh vyhodnocování rizik závisí na charakteru a rozsahu problému na daném pracovišti, je však třeba uvážit všechna s hlukem spojená rizika. Například způsob, jakým může hluk zvýšit riziko úrazů v továrně, by měl být posuzován společně s rizikem poruchy sluchu způsobené hlukem. [27]

Zaměstnavatelé jsou povinni pravidelně kontrolovat, zda jsou zavedená protihluková opatření, která mají zabránit vzniku hluku nebo omezovat úroveň hluku, stále účinná. Podle úrovně expozice hluku mají pracovníci právo na náležité sledování zdravotního stavu. Uskutěnil-li se zdravotní prohlídka, je třeba vést individuální záznamy o zdravotním stavu a předat zprávu příslušnému pracovníkovi. Údaje získané sledováním zdravotního stavu je třeba využít pro revizi hodnocení rizik a protihlukových opatření. [27]

Všechna pracoviště, kde intenzita hluku trvale přesahuje 80 dB, jsou označována jako riziková. Ovšem nejen během práce na rizikových pracovištích, ale i během pobytu v místech s vyšší intenzitou hluku je potřeba sluch účinně chránit. Jednou z možností jsou například zátky na zvukovody i mušlové chrániče (sluchátka). [28]

2.5.2 Preventivní opatření a metody snížení hluku

K zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je nutné dodržovat následující regulační opatření:

- Odstraní zdroje hluku

Nejúčinnější způsob, jak odstranit rizika, kterým jsou pracovníci vystaveni, je odstranit daný zdroj hluku. Tento způsob je třeba brát v úvahu při plánování

nového výrobního zařízení nebo pracoviště. Po izolování nového zařízení a vybavení na základě bezhlučnosti nebo minimální hlučnosti je obvykle cenově nejefektivnější způsob, jak hlučnosti předcházet nebo ji omezit. Větší státy disponují databázemi poskytujícími podnikům pomoc při výběru výrobního zařízení. [27]

- Protihluková opatření u zdroje

Snižování hluku buď přímo u zdroje, nebo během jeho šíření je třeba v novat hlavní pozornost v programech pro kontrolu hlučnosti, při němž je třeba brát v úvahu jak charakter, tak i údržbu výrobního zařízení a pracoviště.

Tohoto cíle je možné dosáhnout na základě celé škály technických kontrol v etně:

- izolování zdroje jeho umístěním, ohrazením nebo potlačením vibrací při použití kovových nebo pneumatických pružin anebo elastomerových výztuh;
- snížení hluku u zdroje nebo během jeho šíření ohrazením hlučných prostor, vytvořením protihlukových bariér, použitím akustických tlumičů na výstupech i redukováním otáček, odsávacích nebo nárazových rychlostí;
- nahrazení nebo úprava strojního zařízení v etně upraveností méně hlučných převodních namísto ozubených i nástroj elektrických namísto pneumatických;
- využívání tlumicích materiálů jako pryžové obložení u zásobníků, dopravníků a vibračních zařízení;
- aktivní snižování hluku („protihluková ochrana“) v určitých podmínkách;
- provádění preventivní údržby, protože při opotřebování součástí může docházet ke zvyšování hlučnosti. [27]

- Kolektivní protihluková opatření

Tam, kde není možné patřičně omezit hluk u zdroje, je třeba provést doplňková opatření, aby se expozice hluku na pracovišti snížila. Jedná se o provedení různých změn:

- na pracovišti – používání absorpčních materiálů v místnosti (např. zvuková izolace stropu) může mít rozhodující vliv na snížení úrovně hladiny hluku;

- v rámci organizace práce (např. použití pracovních postupů, které snižují expozici hluku);
- na výrobním zařízení – to, jak je technologické zařízení instalováno a kde je umístěno, může zásadně ovlivnit hladinu hluku na pracovišti.

Je třeba posoudit ergonomii jakéhokoli protihlukového opatření. Jestliže protihlukové opatření působí pracovníkům potíže při vykonávání jejich práce, může dojít k jeho úpravě či odstranění, čímž se stane neúčinným. [27]

- Osobní ochranné pracovní prostředky

Osobní ochranné pracovní prostředky, jako jsou zátkové nebo sluchátkové chrániče, mají být použity až jako poslední možnost poté, co byly vyzkoušeny všechny ostatní možnosti, jak odstranit nebo snížit expozici hluku. Pístitoupí-li se k jejich používání, je třeba vzít v úvahu následující opatření:

- ujistit se, zda jsou zvolené osobní ochranné pracovní prostředky vhodné pro daný typ a délku trvání hluku a zda jsou kompatibilní s ostatními pracovními prostředky;
- umožnit zaměstnancům vybrat si vhodný prostředek pro ochranu sluchu, aby si tudíž mohli zvolit ten nejpohodlnější;
- profese, jako jsou řidiči, policisté, často potěbují ke komunikaci chrániče sluchu, které jsou opatřeny systémem aktivního potlačení hluku, čímž je zajištěna nerušená komunikace a riziko nehod je minimální;
- zajistit řádné ukládání a údržbu osobních ochranných pracovních prostředků;
- je třeba poskytnout školení o používání, ukládání a údržbě osobních pracovních prostředků. [27]

- Další možnosti preventivní ochrany před hlukovou zátěží:

- omezit četnost návštěv v diskotékách a dalších hlasitých hudebních představeních;
- omezit hlasitost poslechu hudby nejen z diskmanů a MP3 přehrávačů, ale i z televize, rádia a mobilních telefonů;
- maximálně zkracovat dobu pobytu v hlučném prostředí;
- nevykonávat hlučné činnosti v malém prostoru (odrazem hluku od stěn se zvyšuje jeho hladina);

- hlučnéinnosti (vrtání, opravy v bytě, vysávání apod.) je vhodné přesunout na denní dobu;
- být ohleduplný ke svým spolubydlícím a sousedům. [29]
- Opatření proti hlukové noci ve stájích

Ochrana zvířat proti hluku ve stájích může být pouze kolektivní (u lidí například - zvukotěsné kabiny, individuální ochranné pomůcky). Je třeba:

- omezovat hlukovou zátěž stájové mechanizací volbou vhodných prostředků, antivibrační maty apod.;
- účelně rozdělit vnitřní stájový prostor (plně péřky z materiálů pohlcujících zvuk) v etn budování stájových sekcí o menší kapacitě míst;
- instalovat zvukové izolace a krytí hlukových a chvějících se strojů, především ventilátorů a vzduchovodů;
- vyloučit zdroje hluku zejména o vysokém kmitočtu ze stájí a jejich blízkosti.

Při řešení ochrany před hlukem je třeba brát v úvahu i šíření hluku ze stájí a farem do obytných sídelních zón (hluková emise). [30]

2.5.3 Pohlcování hluku a protihlukové materiály

Základní akustická vlastnost látek pro pohlcování zvuku, je přeměna akustické energie na jiný druh energie, většinou na teplo. Tato vlastnost bude dána kmitočtovou závislostí inerte zvukové pohltivosti. Z hlediska uspořádání a typické závislosti inerte pohltivosti na kmitočtu možno pohltivé látky rozdělit na látky porézní, jsou používány například ve tvaru rohoží, koberec, povlak, desek, karton, nebo různě tvarovaných předlisovaných dílů. Dále na látky a konstrukce, pracující na rezonančním principu. Kromě toho se používají i úpravy smíšené nebo úpravy vzniklé kombinací absorpčních prvků a tzv. konstantami koncentrovanými (akustická hmota, poddajnost) a konstantami rozdělenými (vlnovody). [31]

- Nátrové technologie

Nátrové technologie prováděné zejména na betonové vozovky byly převodně vyvinuty pro použití na letištích. Tyto technologie byly rozvíjeny v prvé řadě jako technická opatření zlepšující protismykové vlastnosti povrchu. Koncem osmdesátých let technologie postupně našla uplatnění též v oblasti betonových

dálnic a v r zné mí e se zde uplat ují dodnes. Technologii tvo í tenká vrstva asfaltové emulze, speciálního modifikovaného asfaltu i epoxidové prysky ice s následným podrceným kamenivem vhodné frakce. P edností této úpravy je provedení pouze tenké vrstvy ve v tšin p ípad bez pot eby p edešlého frézování povrchu. Z akustického hlediska vede použití kameniva úzké frakce k díl ímu omezení vlivu oscilace pneumatik a ke snížení airpumping efektu. [32]

- Vymývaný beton

Betonové kryty obecn p edstavují systém uzav ené obrusné vrstvy bez výrazné makrotextury. Z akustického hlediska lze zlepšení docílit vhodnou úpravou povrchové vrstvy. Tento technologický krok p íspívá k po áte nímu snížení hladiny hluku. Ovšem v d sledku omezené odolnosti proti ohladitelnosti se tento efekt po relativn krátké dob vytrácí. Následoval proto vývoj technologie vymývaného betonu. P í této technologii se na erstvý betonový kryt aplikuje post ík zpomalova e tuhnutí, který p sobí do hloubky cca 2 mm. Pro zamezení nadm rného odparu se celý povrch p ekryje vhodnou folií. Zhruba po 24–30 hodinách se ochranná fólie odstraní a speciálním kartá ováním se vytvo í struktura vymývaného betonu. Z akustického hlediska je hlavním p ínosem snížení vlivu oscilace pneumatiky. [32]

- Asfaltové koberce

Tato technologie využívá úpravu vrchní ásti asfaltových koberc , p íbližn do hloubky 3 cm. Cílem je snížit hladinu hluku a také zlepšit protismykové vlastnosti. Úpravou asfaltových koberc se v tšinou dosáhne snížení hluku až o 10 dB. Avšak širší uplatn ní v zem d lství se nep edpokládá. Jeden z hlavních d vod je zna n vysoká po izovací cena. Další d vod je nap íklad nižší využití komunikace zem d lskými stroji nebo nízká pojezdová rychlost stroj . [32]

- Protihlukové st ny

K potla ení nežádoucího hluku, který vzniká p í doprav nebo pr myslu, lze také použít protihlukové st ny. Základní podmínky pro použití t chto st n je zajišt ní vzduchové nepr zvu nosti, zvukové pohltivosti, musejí být pevné a stabilní, trvanlivé, musejí odpovídat hledisk m pasivní dopravní bezpe nosti a dob e esteticky p sobit. Protihlukové st ny se také dají doplnit vhodnou vegetací. [33] [34]

Z hlediska zvukové pohltivosti se obecně protihlukové stěny dělí na kategorie:

- odrazivé stěny, které sníží při odrazu hladinu hluku o méně než 4 dB;
- absorpční stěny, které sníží při odrazu hladinu hluku o 4 dB až 8 dB;
- vysoce absorpční stěny, které sníží při odrazu hladinu hluku o více než 8 dB.

Dle používaných materiálů se dělí na mnoho systému, například:

- železobetonové;
- dřevocementové;
- hliníkové;
- z recyklovaného plastu a plastové;
- sklovláknobetonové. [33]

- Vegetace

Vlivem vegetace na snižování hluku se zajímá celá řada odborníků a názory se velmi liší. Studie ze Spojených států amerických dokázala, že 30 metr široký pás vegetace dokáže snížit hluk o 5 dB. Také japonské studie potvrdily, že vzrostlé pásy stromů a keřů mohou hladinu akustického tlaku velmi výrazně snížit. Každé 3 metry vzdálenosti od zdroje se sníží hluk o 3 dB. Je však důležité kombinovat různé druhy rostlin, tak aby byla zaplněna všechna výšková patra. Výsadba by měla být provedena nepravidelně, aby se akustická energie co nejvíce rozptýlila a nedocházelo k její kumulaci. Je nutno dodat, že při špatně zvolené výsadbě může dojít ke zhoršení hlukových poměrů. Velmi důležité je správné výběr dřevin. Je žádoucí, aby byly tvrdé a velké listy, které budou na stromě co nejdéle v roce. V případě jehličnatých dřevin, by měla být co nejvyšší hustota jehličí. [35]

Například rychle rostoucí dřeviny jsou dřeviny, které mají oproti ostatním dřevinám obrovskou výhodu v tom, že mají několikanásobně rychlejší růst. Patří se především jako energetické plodiny. Patří mezi ně rychle rostoucí topoly, vrby, jilmy, olše, lípy a jeřáby. Tyto dřeviny plní významnou úlohu v pasivní ochraně před hlukem. Mají všestranné využití od protihlukových stěn u dálnic a silnic až po protihlukové zábrany okolo firem, škol a zástavby rodinných domů. V případě výzkumu bylo zjištěno, že dochází k průměrnému útlumu 3,5 dB uolisté

vegetace. Výjimečně je možné dosáhnout tlumení hluku až o 10dB, a to i v širších, dostatečně vysokých a hustých pásech. [36]

- Polyuretanové panely

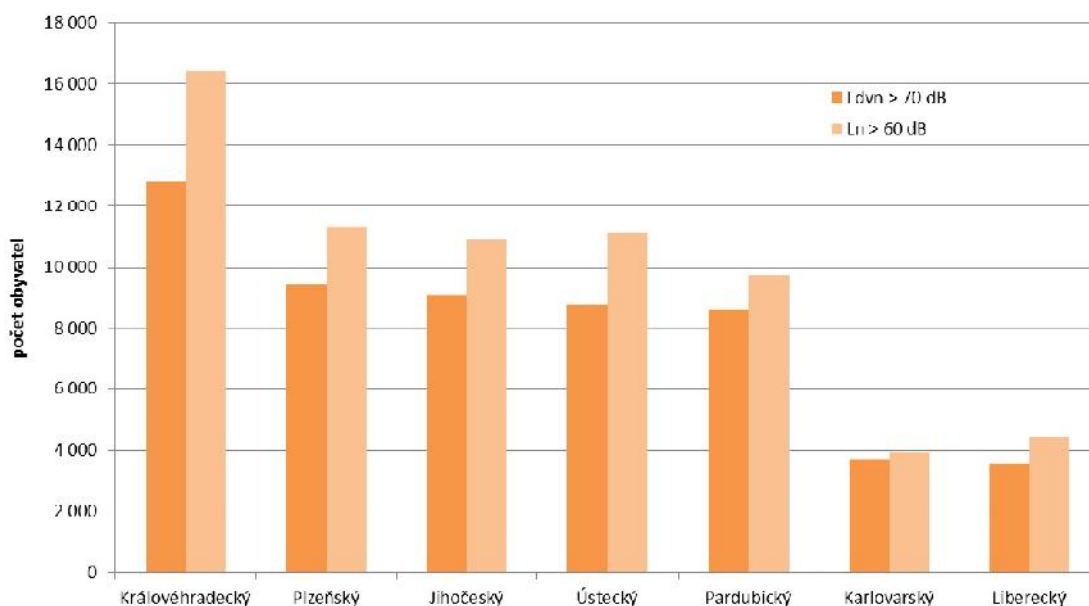
Polyuretanové panely se používá výhradně pro izolaci zdroje hluku. Desky z polyuretanové pěny jsou ideální pro odhlučnění strojních zařízení. Jsou vyráběné s rýznou povrchovou úpravou, tudíž s rýznou schopností absorpce. Povrchová úprava umožňuje použití těchto panelů jak ve vlhkém, tak i v jinak agresivním prostředí (oleje, benzín, mechanické poškození). Všechny typy zvukoizolačních panelů splňují mezinárodní podmínky hygieny pro použití ve strojních zařízeních. Panely lze instalovat na rám, který tvoří konstrukce z ocelových nebo hliníkových profilů a vznikne tím zvukově izolovaný obal zdroje hluku. Vnější obal je vyroben z plastových desek nebo z povrchově upraveného plechu. [37] [38]

2.6 Vlivy hluku

2.6.1 Vliv na zdraví

Hladinám hluku přesahujícím stanovené mezní hodnoty je v městských aglomeracích ČR vystaveno až 10 % obyvatel. Zdrojem nadměrného hluku je téměř výhradně silniční doprava. Železniční doprava a průmysl nezpůsobují v ČR plošně významnou hlukovou zátěž obyvatelstva.

Z porovnání hlukové zátěže ze silniční dopravy v krajích ČR, dle dosud dostupných výsledků vyplývá, že nejhorší situace je v Královéhradeckém kraji, kde je nadmezním hladinám hluku celodenně vystaveno 12,8 tis. obyvatel (2,3 % obyvatel kraje) a 16,4 tis. obyvatel (3 % populace kraje) v noci. Počet obyvatel, kteří jsou ohroženi nadměrným hlukem, se nachází v grafu 1. Situaci v tomto kraji ovlivňuje průchod tranzitní dopravy Hradcem Králové a dalšími obcemi na silničních tazích na Ostravu a na Olomouc. Nejnižší podíl obyvatel zasažených nadměrným hlukem má z hodnocených krajů Liberecký kraj, kde je vystaveno nadmezním hladinám hluku pouze 0,8 % obyvatel celodenně a 1 % v noci. [39]



Graf 1 – Počet obyvatel ve vybraných krajích ČR vystavených hlukové zátěži přesahující mezní hodnoty hlukové zátěže [39]

Hluk je diskutovaným problémem například i u vnitřních elektráren. Může u citlivých lidí vyvolávat stres, poruchy spánku a pozornosti, bolesti hlavy, únavu a negativní změny nálad a chování. V případě bioplynových stanic může být, spíše než s hlukem, potíže se zápachem při skladování surovin. [39]

Nejnastřejší symptomy zvýšené hladiny hluku se projevují jako mrzutost (nepříjemnost). Dále může negativně ovlivňovat i kardiovaskulární systém, imunitní systém, spánek, výkon, chování a duševní zdraví. [40]

- Ztráta sluchu

Přímý vztah, který je mezi ztrátou sluchu a hlukem je již dostatečně prokázán. Je dokázáno, že hladina zvuku menší než 75 dB přispívá nepříznivě na náš sluch. Hladina hluku vyšší než 85 dB přispívá 8 hodin denně přispívá za pár let i úplnou ztrátou sluchu. Podle údajů má 30 % mladých pracujících lidí již nějakou poruchu sluchu způsobenou hlukem. [40]

- Mrzutost

Mrzutost lze definovat jako vyjádření negativních pocitů vyplívajících z narušení klidu, pohody a radosti. Je prokázáno, že neokávaný nebo impulsní hluk je horší než kontinuálně zvýšená hladina hluku. Na pracovištích byla tato mrzutost studována a může přinést užitečné poznatky ke snížení hladiny hluku.

Sice se neprojevila spojitost mezi zvýšenou hladinou hluku na pracovišti a mrzutostí zaměstnanců, ale bylo definováno pět proměnných, které mohou snížit mrzutost. Patří mezi ně například pedivádání, vyhýbání se a kontrolovatelnost hluku. [40]

- Kardiovaskulární onemocnění

Hlukem vyvolané kardiovaskulární problémy byly rozsáhle studovány v pracovním prostředí. Došlo se k závěru, že dlouhodobé vystavení hluku může způsobit ke zvýšení krevního tlaku a hypertenze. Tyto zdravotní problémy mohou nastat u hladiny akustického tlaku vyšší než 85 dB. Mezi další hlukem vyvolané kardiovaskulární onemocnění patří: abnormality v elektrokardiogramu, nepravidelné bušení srdce, rychlejší tepová frekvence a pomalejší obnova cévního stažení.

V městském prostředí jsou tyto problémy vážnější. Mnoho studií se zaměřilo na účinky hluku z letecké a silniční dopravy na osoby v jejich vlastních domovech. Komplikujícím faktorem bylo rozlišit dopravní hluk od jiných, často i hluků jiných zdrojů. Lidé žijící v těchto oblastech jsou náchylnější na zvýšené riziko vzniku hypertenze a ischemických srdečních chorob. Některé studie zjistily, že děti z mateřských škol, které jsou v oblastech se zvýšenou hladinou hluku, mají významně vyšší systolický a diastolický krevní tlak v porovnání s dětmi z tiššího prostředí. Nicméně, tyto účinky se zdají být pouze dočasné povahy. [40]

- Poruchy spánku

Hluk způsobuje snížení kvality a délky spánku. Epidemiologické studie se zaměřily na dopad hluku na jednotlivce, třeba jako jsou pacienti v nemocnicích. Byl pozorován dopad konkrétního zdroje hluku (například letadlo) na spánek. Tyto studie prokázaly, že je vztah mezi dlouhodobým působením hluku a poruchami spánku. Mezi poruchy patří například probouzení, špatný průběh spánku a subjektivní kvalita spánku. Citlivé osoby, které jsou citlivé na hluk i během dne, mohou mít výrazné potíže i při spánku. [40]

- Narušení imunity

Narušení imunity úzce souvisí se spánkem, hlavně s jeho kvalitou. To vyplývá z další studie, která vychází z pozorování lidí, kteří byli během spánku ovlivněni zvýšenou hladinou hluku. Není hluk, jak již bylo naznačeno, je velké zdravotní riziko. Narušení fází spánku vede ke snížení obranyschopnosti, konkrétně k snížení počtu eosinofilů a bazofilů, které se obvykle během spánku množí. Dále

se u pozorovaných osob zjistila zvýšená koncentrace leukocyt v krvi. A koli žádné studie neprokázaly p ímou souvislost mezi hlukem a snížením imunity, zvýšená koncentrace leukocyt v krvi m že vést ke zvýšenému výskytu onemocn ní, nap íklad ch ipky. [40]

- Biochemické poruchy

Biochemické poruchy (zvláštní hormony a kovové ionty, nap . ho ík) byly nalezeny u osob vystavených zvýšené hladin hluku v jejich životním nebo pracovním prost edí. Hluk tedy p sobí jako stresový faktor, stresor. N kolik studií také poukazuje na to, že biochemické zm ny zvyšují riziko onemocn ní ischemickými chorobami. Nicmén , v sou asn dob nemáme dostatek údaj k p esn jší diagnóze. [40]

- Reproduk ní poruchy

Existují pouze omezené podklady o tom, že hluk nep ízniv ovliv uje reprodukci populace. Tedy, že není žádný vztah mezi zvýšenou hladinou hluku a problémy u t hotných žen. Nejsou prakticky žádné údaje, které by nazna ovaly zvýšené riziko vrozených anomálií anebo nízkou porodní hmotnost. [40]

- Výkonnostní poruchy

Velmi málo výzkum se zam uje na vliv hluku na lidskou produktivitu. V tšina testování prob hla v laborato ích. Hladina hluku zde byla zvyšována a byly pozorovány reakce subjekty. U t chto subjekt by m lo dojít k zvýšení ostražitosti a snížení pozornosti na zadaný úkol. Nicmén jejich výkon p i pln ní jednoduchých úkol , obzvlášt t ch, které jsou monotónní, m že být ve skute nosti p sobením hluku zlepšen. Pravd podobn je to tím, že subjekt zvýší bd lost. Avšak na úkolech, které vyžadují v tší výkon, hlavn pozornost a soust ed ní (nap . puzzle), se p sobení hluku projevilo negativn . Z toho vyplývá, že mnoho nehod m že být zp sobeno hlukem, protože lidé sníží ostražitost i bd lost. [40]

- Postup ob an p i nadm rné hlukové zát ži

P i obt žování nadm rným hlukem mohou ob ané podat oficiální podn t na místní Orgán ochrany ve ejného zdraví tj. Krajskou hygienickou stanici. Hygienická stanice dále postupuje podle správního ádu a v p ípad pot eby zadá kontrolní m ení hluku p íslušné laborato i, která má osv d ení o autorizaci. P i

zjištění překročení hygienických limitů daných prováděcím předpisem Zákona č. 258/2000 Sb. ve znění pozdějších zákonů, je provozovatel daného zdroje hluku povinen zajistit v termínu uvedeném v rozhodnutí příslušného úřadu nápravu stavu k hodnotám hlukosti, které nepoškozují zdraví. [29]

2.6.2 Vliv na hospodářská zvířata

Se zaváděním technizace ve velkochovech hospodářských zvířat dochází často ke zvýšení hlukosti prostředí. Hluk ve stájích způsobují zvuky, které pocházejí z technologického zařízení (stájové mechanizace prostředí, vzduchotechnická zařízení), dále zvuky vydávané zvířaty a zvuky z provozu v okolí stájí. Hluk z technologického zařízení se odhaduje na 100 - 120 dB, fyziologické projevy mají sílu 50 - 60 dB. Hlukost okolí je variabilní. Hluk může způsobit stresovou zátěž podobnou jako jiné stresory, až když intenzita stresu přesáhne určitou hranici. Dále se projevuje přímým i nepřímým ovlivněním užitkovosti. Navíc jsou různé druhy zvířat různě vnímavé k určitému kmitočtu zvuku. Znamý význam má i adaptace organismu zvířat. Rozsah slyšení je u jednotlivých druhů v různých frekvencích - člověk 16 - 20 kHz, pes 10 - 40 kHz, koně a skot 0,2 - 20 kHz, drůbež 0,9 - 9 kHz.

Hospodářská zvířata reagují nepříznivě na vyšší hlukost prostředí, zejména skot, zatímco drůbež, prasata, králíci a další jsou vůči hluku poměrně rezistentní, což vyplývá i z následující tabulky 3. [30] [41]

Tabulka 3 – Vliv hluku na hospodářská zvířata [30]

Druh a kategorie zvířat	Hladina akustického tlaku	
	Neškodící (adaptace 7 - 14 dní)	Přesahující stresov (pokles užitkovosti, poškození zdraví)
Mladý skot, telata	do 75 dB	nad 85 dB
Dojnice	do 65 dB	nad 80 dB
Chovná prasata	do 70 dB	nad 80 dB
Výkrm prasat	do 80 dB	nad 100 dB
Drůbež	do 80 dB	-

Všeobecně se dá říci, že intenzita hluku vyšší než 90 dB je škodlivá pro všechny druhy zvířat a způsobuje jim psychickou zátěž.

Další odpověď organismu zvířat na zvýšenou hlukovou zátěž může být zvýšení krevního tlaku a tepové frekvence, klesá chuť k jídlu krmiva a mění se rytmus dýchání. Nastupují poruchy vidění, snižuje se citlivost na vnímání barev, na odhad vzdáleností, snižuje se pole vidění. Evidují se také funkční poruchy žláz a vnitřní sekrecí, především hypofýzy, nadledvinek, štítné žlázy a gonád. Dráždění mozkové tkáně zkracuje nástup únavy, zeslabuje psychické reakce a vyvolává astenie a neurózy.

Úinky hluku na organismus dále na specifické, kdy odpověď organismu závisí přímo na vlastnostech anebo změnách a poruchách ve sluchovém analyzátoru, a na systémové, kde uplatní změny funkce v jiných oddílech centrální nervové soustavy. Systémové úinky ovlivní neurohumorální a neurovegetativní regulace, biochemické reakce, regulace procesu podráždění, útlum v centrální nervové soustavě, především nejvyšších nervových funkcí v etním procesu učení a paměti a také motorické funkce. [41]

- Welfare

Welfare, čili pohoda zvířat, představuje stav, ve kterém se organismus zvířete snaží vyrovnat s prostředím, ve kterém žije. Welfare se definuje jako stav naplnění všech materiálních a nemateriálních podmínek, které jsou předpokladem zdraví organismu, kdy je zvíře v souladu s jeho životním prostředím. Nejedná se přitom jen o splnění základních podmínek života a zdraví zvířat, předpokládá stejně tak i ochranu před fyzickým i psychickým strádáním a týráním. Zvíře má nárok na to, aby mu chovatel vytvářel předpoklady pro zabezpečení vyššího stupně uspokojení jeho životních potřeb. Welfare zvířat požaduje pro chovaná zvířata dosažení určité spokojenosti, pohody, komfortu. Tento požadavek je zdvojnásoběn eticky, ale vyplývá i z ekonomiky. Jen zvíře, které má na dostatečné úrovni zajištěny své materiální (fyziologické) i nemateriální (mentální, psychické) potřeby může poskytovat maximální užitek, odpovídající jeho genetickému potenciálu, může optimálně zhodnocovat krmnou dávku, uchovat si zdraví, produkovat schopnost i přirozené projevy chování a jeho chov může být proto ekonomicky úspěšný. K dosažení welfare je třeba vytvořit správné podmínky, proto je definováno podle základních zásad a kritérií (svobod). [42] [43]

2.6.3 Vliv na životní prostředí

V současné době patří hluk k významným ukazatelům kvality životního prostředí a faktorem ovlivňujícím zdraví obyvatel. Nadměrný hluk je zdrojem stresu, který je příčinou celé řady civilizačních onemocnění. Podobně jako na člověka působí hluk i na živočichy, což může vést k narušení populací a ztrátě biodiverzity. [44]

K významným problémům patří i fragmentace krajiny, která negativně ovlivňuje charakter krajiny a populace rostlin a živočichů. Negativní dopady nejsou často okamžité, avšak dlouhodobé a nevratné. Rozlevení krajiny vzniká přírodními procesy (vichřice, požáry, povodně), ale je zejména prohlubováno aktivitou člověka, a to zejména lidskou činností, urbanizací, nejvíce pak výstavbou a využíváním dopravní infrastruktury. Fragmentační bariéry v přírodě snižují potenciál krajiny pro rekreaci obyvatel a propustnost krajiny umožňující volný pohyb člověka. Rovněž také dochází ke zvýšení hlukové zátěže v dotčeném prostředí. [44]

Problematice hluku se v současnosti věnuje pozornost už několik let. Se zvukem a nakonec i samotným hlukem se setkáváme denně a už doma, ve škole, na pracovišti anebo i v přírodě. Hluk v životním prostředí se tedy neustále zvyšuje, což má za následek poškození zdraví lidí, a to nejen na sluchovém aparátu. Expozice hlukem v životním prostředí není časově omezená a k rušení dochází neustále i v době, který je určený na regeneraci, odpočinek, relaxaci a spánek. Neustále se zvyšující hladiny hluku v životním prostředí, stále větší množství aktivit spojených s produkcí hluku, a stále menší množství příležitostí odpočnout v tichu, kladou zvýšené nároky na sluchový orgán a zmenšují možnosti jeho regenerace.

V současné době probíhá v České republice stále nárůst tlum prmyslové výroby, mohutný rostoucí zdroj a intenzity hluku, prachu a znečištění ovzduší hlavně výfukovými plyny automobilové dopravy. Trend těchto zdrojů dále poroste spolu s pokračováním na silnicích, ale také s budoucí možností rozvoje prmyslu v etně specializovaných zemědělských provozech. I když podle zprávy o životním prostředí ČR 2013, dochází k částečnému klesání zátěže životního prostředí z dopravy, což je významně ovlivněno modernizací vozového parku. Obměna vozového parku v ČR je přesto stále nedostatečná. V porovnání s ostatními zeměmi EU má ČR

podpr m ný podíl nových vozidel na celkové velikosti vozového parku osobních automobil . [39] [44]

V závislosti na zvýšení hluku se úroveň sluchu každou generaci zhoršuje. Podle britských studií se práh slyšení posunul v průměru minulého století přibližně o pět decibelů .

Úplně odstranit hluk ze životního prostředí není možné. Pochopení této problematiky je první krok k ochraně našeho zdraví. Při dodržení výše uvedených opatření můžeme i my sami přispět k příjemnějšímu životu.

Opatření vedoucí ke snížení hluku v životním prostředí:

- ztišení rádia, televize, hudby,
- oznámit včas spolubydlícím hlučnou práci,
- na veřejných událostech vypínat mobil,
- dodržovat předepsanou rychlost jízdy,
- relaxovat v přírodě . [11]

V České republice se vlivem hluku na životní prostředí zabývá i zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí.

2.7 Legislativa

Legislativní opatření proti hluku je ukotveno v zákoně č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů . V tomto zákoně se nachází definice hluku, kdo je zdrojem hluku a jeho povinnost zajistit aby hluk nepřekročil dané hygienické limity. Dále vymezuje chráněné venkovní a vnitřní prostory staveb. Chráněný venkovní prostor je prostor do 2 metrů okolo bytových, rodinných domů, škol a školek, zdravotnických zařízení apod. Chráněným vnitřním prostorem se rozumí obytné a pobytové místnosti. Dle tohoto zákona měření hluku v životním prostředí provádět pouze držitel osvědčení o akreditaci anebo držitel autorizace. Prováděcí právní předpis upraví hygienické limity hluku a vibrací pro denní a noční dobu, způsob jejich měření a hodnocení. [10]

Následuje nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. Toto nařízení se v současné době upravuje a především rozšíření na kterých bodech, které jsou uvedeny v zákoně č. 258/2000 Sb. Dále zpracovává příslušné předpisy Evropské unie do právní podoby. [14]

Vyhláška, která se také vztahuje k hluku, je například vyhláška č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování. Vyhláška stanovuje mezní hodnoty hlukových ukazatelů, jejich výpočet, základní požadavky na obsah strategických hlukových map a akčních plánů a podmínky ústí ve městech na jejich úpravě. Například mezní hodnoty pro integrovaná nařízení jsou stanoveny pro celodenní obtěžování (den-večer-noc) na hodnotu 50 dB a pro noční obtěžování (rušení spánku) na hodnotu 40 dB. [45]

Na výrobky a nařízení se kladou požadavky, aby byly označeny údajem o garantované hladině akustického výkonu, který nesmí překročit nejvyšší přípustné hodnoty emisí hluku. Nejen tímto ale i dalšími požadavky se zabývá nařízení vlády č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku. Kupříkladu spotřebiče pro domácnost mohou být uvedeny na trh pouze tehdy, pokud výrobce nebo dovozce uvede v návodu k používání přiloženém ke spotřebiči nebo v záručním listu údaje s uvedenými hladinami akustického výkonu vyžadovaného tímto spotřebičem a šířeného vzduchem. To samé platí i pro nařízení. [46]

Problematiku měření hluku řeší zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů. Zákon upravuje základní měřicí jednotky a měřidla. Zabývá se schvalováním, ověřováním, používáním, kalibrací a certifikací měřidel. Dle tohoto zákona lze udělit například pokutu až do výše 1 000 000 Kč subjektu, který uvedl v obchodním měřidlo, jehož typ nebyl schválen nebo neoprávněně použil nebo pozmenil kalibrační značku měřidla. K zachování přesnosti měřidel je zde vyhláška č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů. Ve vyhlášce jsou uvedené jednotlivé doby platnosti ověřování. [47]

Do legislativy patří české státní normy ČSN, například ČSN ISO 9612 - Akustika - Směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Dále bych uvedl i metodické návody, které jsou spojené s hlukem. Tedy HEM-300-26.4.01-16344 - Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v pracovním prostředí a vibrací; HEM-300-11.12.01-34065 - Metodický návod pro měření

a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí; nebo N . j. 62545/2010-OVZ-32.3-1. 11. 2010 - Metodický návod pro hodnocení hluku v chráněném venkovním prostoru staveb. [48]

Posuzování vlivu hluku na životní prostředí můžeme nalézt i v zákoně č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. U každé posuzované stavby (zámku) se uvádí, jaké budou vstupy a výstupy. Mezi hodnocené výstupy patří i hluk. Následuje komplexní charakteristika a vyhodnocení stavby (zámku) na veřejné zdraví a životní prostředí. Jeden z bodů tohoto hodnocení je vliv stavby (zámku) na hlukovou situaci v okolí. [49]

V poslední kapitole bych zmínil něco málo z evropské legislativy. Rámcová směrnice o hluku ve venkovním prostředí (směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/49/ES) má za cíl snížit hladinu expozice hluku ve venkovním prostředí prostřednictvím harmonizace ukazatelů hluku a metod hodnocení a prostřednictvím shromažďování informací o expozici hluku v podobě hlukových map a zpřístupnění dostupných informací veřejnosti. Tato směrnice je v ČR zavedena ve vyhlášce č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování. [50]

Nejvyšší přípustná hladina akustického výkonu vydávaná stroji a zařízeními je uvedena ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2005/88/ES, týkající se emisí hluku zařízení, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí zmíněná směrnici. [51]

3. CÍL PRÁCE

Náplní této diplomové práce je vyhodnotit vliv zemědělských provozů na životní prostředí a nejbližší okolí z hlediska hlukové zátěže. Pojem zemědělské provozny v mém případě zahrnuje areál zemědělského družstva, ve kterém se nachází bioplynová stanice, sušárna zemědělských komodit a odchovna mladého dobytka. Měření bude probíhat ve dvou vegetačních obdobích, tedy v období s vegetací a bez vegetace. Na základě tohoto měření vypočítat ekvivalentní hladiny akustického tlaku a vyhodnotit hlukovou zátěž z hlediska platných norem a hygienických předpisů. Pokud dojde k překročení stanovených limitů, navrhnout případná opatření ke snížení hlukové zátěže a zlepšení stávající situace.

4. METODIKA

Měření hluku v období s vegetací bylo provedeno dne 12. 10. 2014 a v období bez vegetace dne 22. 2. 2015 na pozemku zemědělského družstva Lučina - Dolní Němice s.r.o. Měření probíhalo v katastru obce Kostelní Vydří. V objektu zemědělského družstva se nachází bioplynová stanice, dále jen „BPS“, sušička zemědělských komodit, silážní jáma, odchovna mladého dobytka, dále jen „OMD“, teletník a v neposlední řadě také dílna a garáže.

4.1 Charakteristika podniku

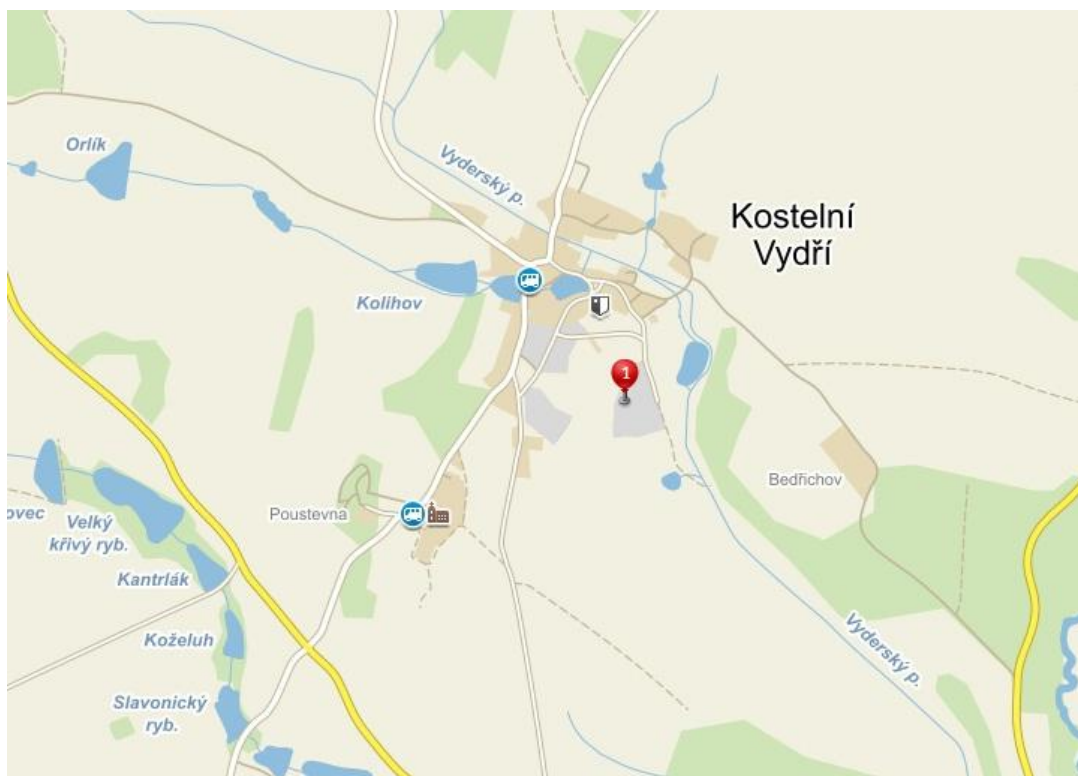
Zemědělské družstvo Lučina - Dolní Němice s.r.o. hospodářství v katastru obcí Dačice, Hostkovice, Lipolec, Markvarec, Lipnice, Dolní Němice, Volfírov, Prostejnské Vydří a Kostelní Vydří. Obhospodařuje přibližně 1317 ha orné půdy, 171 ha trvalých travních porostů, 100 ha lesa a 12 rybníků. Pěstuje veškeré druhy obilnin (pšenice, žito, ječmen, oves), epku, kukuřici, jetel a výtěšku na zelenou píce pro skot. Skupinu hospodářských zvířat zastává pouze skot a to včetně 350 ks dojnic, 400 ks mladého skotu a 200 ks telat. Zaměstnává přibližně 50 lidí z přilehlého okolí. V roce 2013 byla uvedena do provozu BPS. Výraznou dominantou BPS je komín, který je přibližně 30 m vysoký a byl součástí bývalé cihelny (obrázek 7). Komín slouží již dlouhá léta jako hnízdiště pro bílých (Ciconia ciconia).



Obrázek 7 – Komín uprostřed BPS

4.1.1 Mapa objektu

Zemědělské družstvo se nachází na jihovýchodním okraji obce a v porovnání s okolím je zasazené přibližně o 5 m až 20 m níže než okolní zástavba. Umístění je patrné z obrázku 8. Celý tento objekt nemá přímou vazbu na zástavbu obce.



Obrázek 8 – Umístění zemědělského družstva v obci

[52]

4.1.2 Technologie provozu

Ve zkratce představím jaká je technologie provozu v zemědělském družstvu a jaké jsou hlavní zdroje nežádoucího hluku. Významným zdrojem hluku v místě umístění je BPS. Hlavní vstupy jsou produkty zemědělské prvovýroby – druhotné suroviny (kukuřičná siláž, travní senáž a kejda skotu). Fermentor je v provedení kruh v kruhu, o objemu 4 604 m³. Srdce BPS je kogenerační jednotka, DEUTZ o výkonu 537 kW, která je umístěna v kontejnerové provozní budově (obrázek 9). Kontejner je velmi dobře zvukově izolován. Hluk, který z kogenerační jednotky vychází, je tedy značně omezen. Přesto je tento hluk jedním z hlavních. Dalším výrazným zdrojem hluku je šest míchadel umístěných na fermentoru (obrázek 10). Jedná se o elektromotory s převodovkou o výkonu – 3x 11 kW, 2x 18,5 kW a 1x 17 kW. Jako další zdroj hluku se dá považovat hořák zbytkového plynu, tzv. fléra

(obrázek 11). Fléra se však spouští pouze ve chvíli, kdy je BPS mimo provoz anebo je nadprodukce plynu.



Obrázek 9 – Kontejnery s kogenera ní jednotkou a velínem



Obrázek 10 – Fermentor s míchadly



Obrázek 11 – Fléra

Pro využití odpadního tepla z BPS byla postavena sušička o zastavěné ploše 241 m² (obrázek 12). Jedná se o víceúrovňový objekt, který je určen pro dosoušení například separátu z BPS, zrna po sklizni, štěrky, píče apod. Médium pro sušení je teplý vzduch, který je přiváděn podlahovými zarošťovanými kanály. Teplý vzduch je tvořen ve výměníku umístěném v hale, na její jižní straně. Na této straně jsou umístěny i ventilátory, které vhánjí vzduch do kanálů a jsou nejvyššími zdroji hluku na hale (obrázek 13).



Obrázek 12 – Sušička



Obrázek 13 – Tepelný výměník a ventilátory

Dílnu jako zdroj hluku uvažovat nebudu, protože veškeré opravy se provádějí uvnitř objektu. Proto tedy neprobíhá přílišný nebo nežádoucí hluk. Obrázek dílny se nachází v příloze, obrázek 25.

Poslední částí provozu je odchovna mladého dobytka (obrázek 14). Ustájení skotu je volné na hluboké podestýlce. Odklíz chlévské mrvy je realizován jednou za měsíc. OMD je rozdělena na 8 kotlin. Maximální kapacita dobytka je 400 kusů. V dnešní době je v OMD přibližně 200 ks mladých býků a 200 ks jalovic. Nejvyšší hluk je při zastýlání, krmení a odklíz chlévské mrvy, protože všechny tyto operace jsou prováděny pomocí traktorů nebo manipulátorů. Tento hluk však není kontinuální, proto je OMD relativně malým zdrojem hluku.



Obrázek 14 – Odchovna mladého dobytka

4.2 Použitá měřicí technika

Za zapojení měřicí techniky děkují Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Jednalo se o dva hlukoměry, Voltcraft Plus SL-300 a Voltcraft Plus SL-400, laserový dálkoměr Bosch DLE 50 a meteostanice KL4900.

Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300

Dílimění jsem prováděl prostřednictvím hlukoměru Voltcraft Plus SL-300, který je schopen měřit hluk v rozsahu od 30 dB do 130 dB. Hlukoměr splňuje normu EN 61 672–1 třídy 2. Frekvenční rozsah měření je 31,5 Hz až 8 kHz s odezvou 125 až 1000 ms. Veškeré příslušenství je dodáváno v kufríku. Získávání naměřených hodnot z hlukoměru je realizováno prostřednictvím USB rozhraní. Paměť dokáže pojmout až 32 600 měřených hodnot.

Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-400

Další dílimění jsem prováděl prostřednictvím inovovaného hlukoměru Voltcraft Plus SL-400. Rozdíl oproti modelu SL-300 je především v designu a provedení přístroje. Ostatní funkce a ovládání přístroje je shodné se starším modelem. Software přístroje SL-400 dovoluje měření a vyhodnocení dle DIN 15905-5 k zabránění poškození sluchu díky vysokým zvukovým emisím elektroakustických ozvučnic zařízení.

Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional

Dálkoměr slouží k měření vzdáleností, které bylo nutné zjistit pro vlastní měření. Obsluha přístroje je velmi snadná. Vzdálenosti lze měřit s přesností $\pm 1,5$ mm a to od 0,05 m do 50 m. Přístroj je možné využít také k měření ploch a objemů.

Meteorologická stanice KL4900

Meteostanice se skládá z hlavní řídicí jednotky a dvou bezdrátových čidel pracujících na frekvenci 433 MHz s dosahem až 35 m. Stanice nás informuje o aktuálním tlaku, datu, vnitřní a venkovní teplotě, rychlosti a směru větru, odpovídající vlhkosti a tlaku vzduchu. Rozsah měření teplot je od -20°C do 70°C, vlhkost od 20% do 95%. Udávaná přesnost měření teploty je $\pm 1^\circ\text{C}$ a vlhkosti $\pm 7\%$.

Personální počítač HP 530

Ke zpracování dat a vypracování této diplomové práce byl využit personální počítač HP 530. Personální počítač disponuje procesorem Intel Core Duo CPU T2400 @ 1,83 GHz, 4,00 GB RAM, harddisk 80 GB. Operační systém notebooku je Microsoft Windows 7 Ultimate. Hodnocení naměřených hodnot se zpracovávalo prostřednictvím programu Microsoft Excel 2010.

Digitální fotoaparát Canon A560

K provedení fotodokumentace měření posloužil digitální fotoaparát Canon A560. Dokumentován byl celý průběh měření (areál objektu, stanoviště měření, hlavní zdroje hluku, klimatické podmínky)

4.3 Postup měření

Před vlastním měřením je nutné provést měření klimatických podmínek, které musí vyhovovat podmínkám měření. Nesmí foukat vítr o více než $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, teplota okolí nesmí být méně než 0°C , nesmí pršet ani být mlha. Tyto hodnoty byly zaznamenány do příslušných tabulek. Poté následovala kalibrace hlukoměru.

4.3.1 Vlastní měření

Měření probíhalo na dvou hlukoměrech. Hlukoměr Voltcraft Plus SL-400 byl umístěn ve výšce 150 cm od země a hlukoměr Voltcraft Plus SL-300 byl ve výšce 100 cm. Mikrofony hlukoměru byly nasmerovány kolmo na zdroj hluku a byly chráněny návleky proti větru, které zmírují zkreslení nepříznivými vlivy. Obsluhování hlukoměru bylo zajištěno dvěma osobami. Hlukoměry byly obsluhovány dle návodu výrobce. Interval záznamu byl nastaven na 1 údaj za sekundu. Hlukoměry byly nastaveny na měření rozsahu od 30 dB do 80 dB.

Měření se opalovalo 24x pro dané stanoviště. Prvních 12 měření probíhalo s vegetací (říjen), dalších 12 probíhalo bez vegetace (únor). Měřil jsem 8 stanovišť dvakrát hlukoměrem, celkem tedy 384 měření. Po skončení měření se hlukoměry připojily pomocí USB kabelu k PC a přenesla se data k dalšímu zpracování. Data byla uložena v textovém formátu a zpracována v programu MS Excel.

4.3.2 časový rozsah měření

Délka měření byla stanovena, podle předchozích testovacích měření, na 60 sekund. Tento interval byl dostačující pro zachycení hlukové hladiny na jednotlivých stanovištích. Pro větší přesnost bylo vždy stanoviště měřeno dvakrát hlukoměrem a měření se opalovalo 12x.

4.3.3 Stanoviště měření

Stanoviště pro měření jsem zvolil dle vzdálenosti od zdroje hluku. Vybral jsem ty i stanoviště, která jsou blíže ke zdroji hluku než k zástavbě. Vzdálenost od zdroje je od 20 m do 70 m a vzdálenost k zástavbě v průměru 280 m. Další ty i měřená stanoviště jsou blíže k zástavbě než ke zdroji. Vzdálenost od zástavby se pohybuje od 30 m do 50 m a vzdálenost od zdroje průměrně 250 m. Jednotlivá stanoviště jsou podrobně popsána a zdokumentována v kapitole 5.1.

4.3.4 Kalibrace hlukoměru

Před začátkem každého měření na daném stanovišti byla provedena kalibrace hlukoměru, tzv. justace. Justace je přizpůsobení hlukoměru nadmořské výšce a aktuálnímu atmosférickému tlaku. Provádí se kalibrátorem s kalibrační frekvencí 1 kHz při hladině akustického tlaku 94 dB.

4.4 Postup vyhodnocení naměřených hodnot

Ke zpracování a vyhodnocování naměřených hodnot bylo použito přenosného počítače HP a programu Microsoft Excel 2010, která je součástí Microsoft Office 2010.

4.4.1 Použité vzorce

Protože se nejedná, o ustálený hluk, byla ekvivalentní hladina hluku pořítnána dle vzorce:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n 10^{L_{Ai}/10}$$

n – celkový počet naměřených hladin

L_{Ai} – i -tá naměřená hladina akustického tlaku A

L_{Aeq} – ekvivalentní hladina hluku A

Následoval postup na ekvivalentní hladinu akustického tlaku, dle vzorce:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m T_i \cdot 10^{L_{Aeq,T_i}/10} \right)$$

[15]

T – celkový počet vzorků

m – celkový počet dílčích časových intervalů

L_{Aeq,T_i} – ekvivalentní hladina akustického tlaku, která se vyskytuje v časovém intervalu T_i

Pro další zpracování dat jsem využil funkce v programu Microsoft Office 2010

- Výpočet minimální hodnoty funkcí: „=MIN (hodnoty)“
- Výpočet maximální hodnoty funkcí: „=MAX (hodnoty)“
- Výpočet průměrné hodnoty funkcí: „=PRŮMĚR (hodnoty)“
- Výpočet součtu hodnot funkcí: „=SUMA (hodnoty)“
- Výpočet mocniny hodnoty funkcí: „=POWER (hodnoty)“
- Výpočet logaritmu hodnoty funkcí: „=LOG (hodnoty)“

5. NAMĚNĚNÉ A VYPOČTENÉ HODNOTY

Naměřené hodnoty byly přeneseny z hlukoměru do PC přes USB kabel. Následovalo zpracování těchto dat. Využil jsem tedy MS Excel 2010. Bylo naměřeno 384 dělících měření. Z těchto měření jsem vypočítal průměrné, maximální a minimální hodnoty hladiny hluku a ekvivalentní hladiny akustického tlaku A, které budu pro zjednodušení dále v práci uvádět jako ekvivalentní hladinu hluku. Všechny hladiny byly vypočítány jak pro měření s vegetací tak i pro měření bez vegetace. Tyto hodnoty jsem zanesl do příslušných grafů s křivkami a sloupci daných hladin. Pro lepší orientaci a přehlednost jsem měření, která na sebe bezprostředně navazovala, sloučil a udělal jsem z 24 měření pro jedno stanoviště pouze 12.

5.1 Jednotlivá stanoviště měření

U každého stanoviště byly před zahájením vlastního měření zaznamenány klimatické podmínky – směr a rychlost větru, teplota, vlhkost a tlak. Klimatické podmínky jsou vždy uvedeny v tabulce. V průběhu měření byly zaznamenávány také extrémní hlukové projevy – průjezd stroje, zvukový projev hospodářských zvířat, nežádoucí zvuky v pozadí, atd. Každé stanoviště bylo tedy měřeno 24x jedním hlukoměrem, 12x s vegetací a 12x bez vegetace. Bylo měřeno celkem 8 stanovišť. Z toho 4 stanoviště (u sušičky, za dílnou, u fermentoru, u silážní jámy) byly blíže ke zdroji hluku než k zástavbě. Zbýlá 4 stanoviště (u odchovny, za smrky, u garáží, u teletníku) byla blíže k zástavbě než ke zdroji hluku.

5.1.1 Stanoviště 1 – U sušičky

Prvním měřené stanoviště bylo u sušičky. Sušička byla v provozu p i obou měření. Vzdálenost měření byla 15 metrů. Zdrojem hluku byly dva ventilátory. V tabulce 4 jsou uvedeny klimatické podmínky před měřením. Na obrázku 15 je ortofoto mapa s naznačenou sušičkou bodem A a místem měření bodem B.

Tabulka 4 – Klimatické podmínky

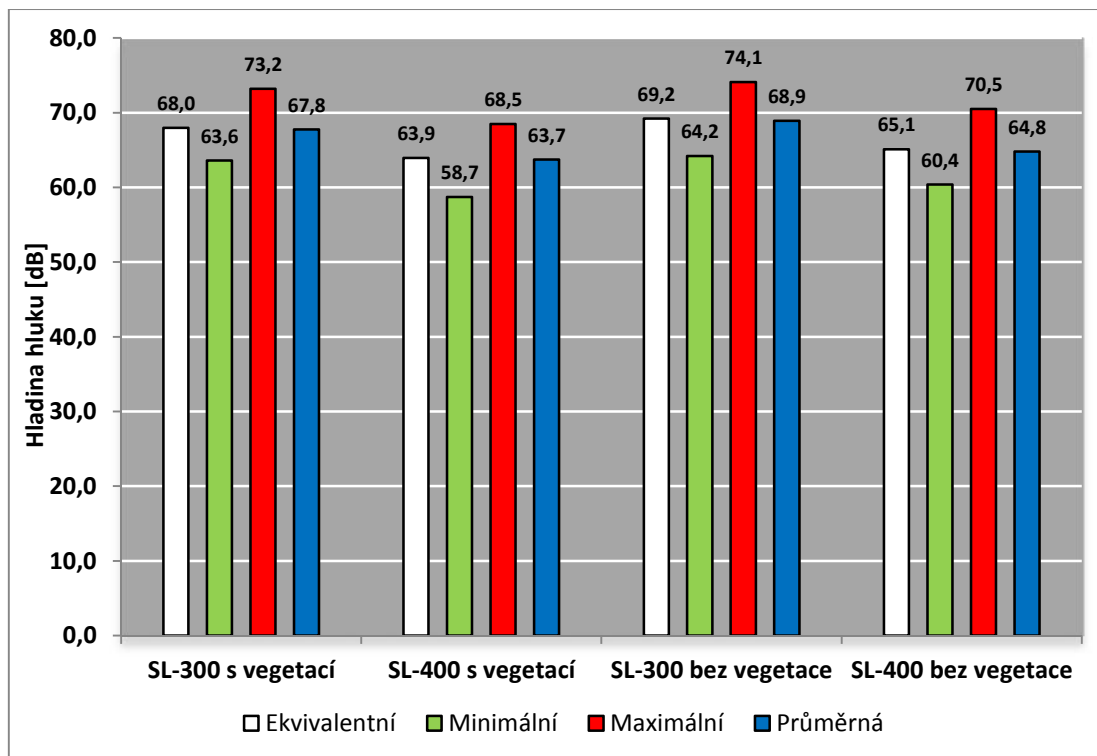
	U sušičky	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	14,3	4,1
Relativní vlhkost vzduchu [%]	32	70
Atmosférický tlak [Pa]	971	1002
Rychlost v trů [m/s ⁻¹]	4	2
Směr v trů	východní	severozápadní



Obrázek 15 – Sušička a místo měření [53]

Porovnání hodnot měření v období s vegetací a bez vegetace je zaneseno v grafu 2. Maximum v období s vegetací bylo 73,2 dB, minimum 58,7 dB, průměrná hladina hluku 65,7 dB a ekvivalentní hladina hluku 65,9 dB. Bez vegetace byly hodnoty o něco vyšší, maximum 74,1 dB, minimum 60,4 dB, průměrná hladina hluku 66,8 dB a ekvivalentní hladina hluku 67,2 dB. V období s vegetací byla hladina hluku průměrně nižší o 1,1 dB. Rozdíl ekvivalentních hladin hluku činí

1,3 dB. Dále byl znatelný rozdíl hladiny hluku ve výšce umístění hlukoměru. Na hlukoměru SL-400 bylo průměrně naměřeno o 4,1 dB méně, jak v období s vegetací tak i bez ní. Role vegetace zde není až tak zásadní, protože mezi hlukoměrem a zdrojem hluku byl pouze trávník o výšce přibližně 5 cm.



Graf 2 – U sušíky – porovnání hodnot

Graf 2 je souhrn hodnot naměřených a vypočtených za oba období. Další dílčí grafy z měření se nacházejí v příloze (graf 11 a 12). Detailnější foto stanoviště se nachází na obrázku 26 v příloze.

5.1.2 Stanoviště 2 – Za dílnou

Další měřené stanoviště je umístěné za dílnou. Nejbližším zdrojem hluku byla míchadla fermentoru. Vzdálenost hlukoměru od nich byla 50 metrů. Hodnoty klimatických podmínek měření jsou uvedeny v tabulce 5. Obrázek 16 je ortofoto mapa, kde je bodem B označeno umístění hlukoměru. Bod A je fermentor s míchadly a bod C je dílna.

Tabulka 5 – Klimatické podmínky

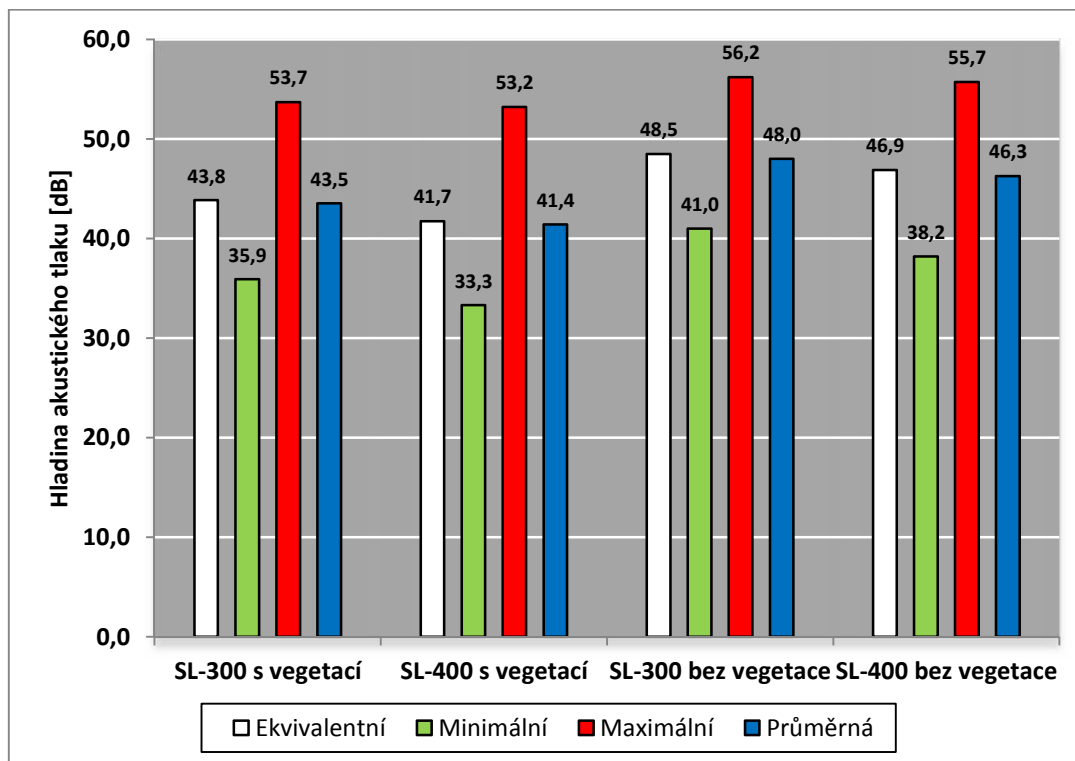
	Za dílnou	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	14,8	4,4
Relativní vlhkost vzduchu [%]	30	71
Atmosférický tlak [Pa]	982	1000
Rychlost v trů [m/s ⁻¹]	3	5
Směr v trů	východní	severozápadní



Obrázek 16 – Fermentor, dílna a místo měření [53]

Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v grafu 3. V období s vegetací byly opět naměřeny nižší hodnoty. Naměřené maximum bylo 53,7 dB, minimum 33,3 dB, průměrná hladina hluku 42,5 dB a vypočtená ekvivalentní hladina hluku byla 42,8 dB. Bez vegetace byly hodnoty o něco málo vyšší, maximum 56,2 dB, minimum 38,2 dB, průměrná hladina hluku 47,1 dB a ekvivalentních hladin hluku 47,7 dB. Průměrný rozdíl hladin hluku měření s vegetací a bez vegetace byl 4,7 dB. Je to způsobeno tím, že je kolem velmi hojná vegetace. Především listnaté stromy (břízy, duby a olše), v roce 2012 zde bylo vysazeno přibližně 100 smrků. Rozdíl ekvivalentních hladin hluku je také 4,7 dB. Rozdílná výška hlukoměrů od země měla také vliv, ale ne takový jako na předchozím stanovišti. Měření s vegetací bylo na hlukoměru SL-400 naměřeno o 2 dB méně. Bez vegetace byla hladina hluku vyšší u SL-300 průměrně o 1,7 dB. Nutno ještě dodat, že stanoviště

mění se nacházelo přibližně 5 metrů nad úrovní zdroje hluku, protože se zde nachází výrazný svah se sklonitostí přibližně 30°.



Graf 3 – Za dílnou – porovnání hodnot

Podrobnější grafy z měření tohoto stanoviště se nacházejí v příloze (graf 13 a 14). Detailnější foto stanoviště se také nachází v příloze (obrázek 27).

5.1.3 Stanoviště 3 – U fermentoru

Toto stanoviště, které je také umístěno blíže ke zdroji než k zástavbě, je u fermentoru. I zde byly nejvýšními zdroji hluku míchadla, která byla vzdálena 20 metrů. V tabulce 6 jsou zaznamenány hodnoty klimatických podmínek při měření. Na obrázku 17 je bodem A označen fermentor a bodem B místo měření.

Tabulka 6 – Klimatické podmínky

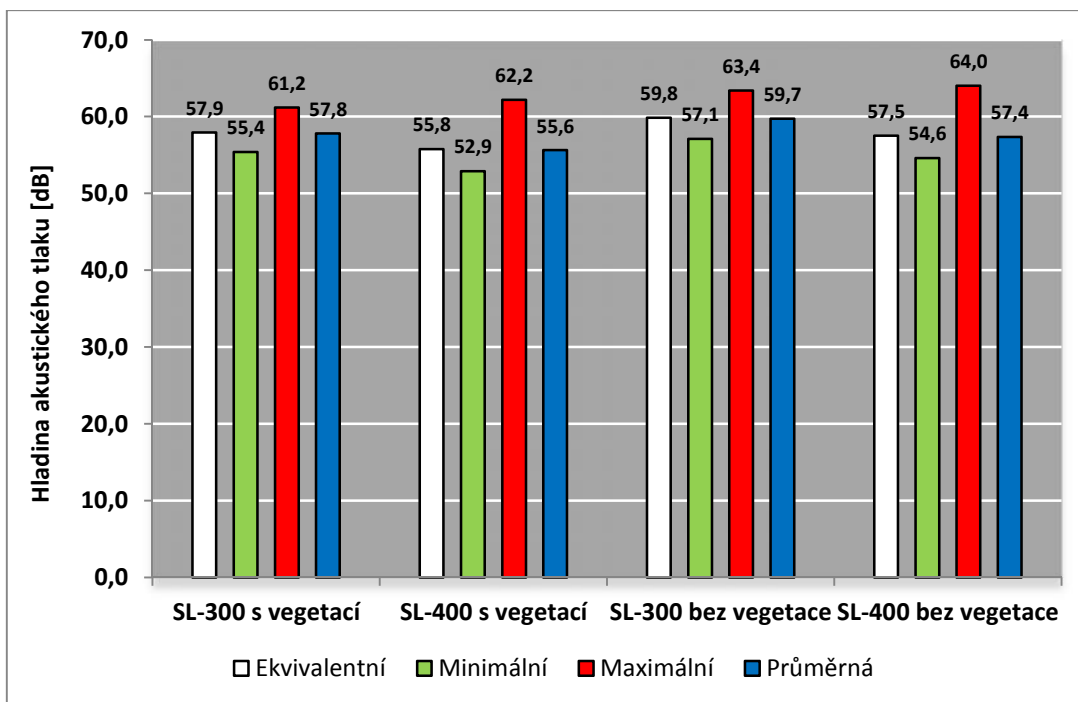
	U fermentoru	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	14,1	4,8
Relativní vlhkost vzduchu [%]	33	72
Atmosférický tlak [Pa]	973	998
Rychlost v trů [m/s ⁻¹]	3	4
Směr v trů	východní	severozápadní



Obrázek 17 – Fermentor a umístění hlukoměru [53]

V grafu 4 jsou uvedeny naměřené a vypočtené hodnoty z tohoto stanoviště. Obdobně jako na ostatních stanovištích byly v období s vegetací naměřeny nižší hodnoty. Maximum v období s vegetací bylo 62,2 dB, minimum 52,9 dB, průměrná hladina hluku 56,7 dB a vypočtená ekvivalentní hladina hluku byla 56,8 dB. V období bez vegetace bylo maximum 64 dB, minimum 54,6 dB, průměrná hladina hluku 58,6 dB a ekvivalentních hladin hluku 58,7 dB. Rozdíl hodnot mezi měřenými obdobími byl průměrně o 1,8 dB. Na hlukoměru SL-400 bylo v obou měřeních průměrně naměřeno o 2,2 dB méně. Podobně jako v předchozím stanovišti zde hraje roli vegetace. Ale kvůli blízké vzdálenosti zdroje, již netlumí tolik, jako v předchozím případě. Rozdíl vzdáleností od zdroje je 30 metrů a rozdíl hladiny hluku je přibližně 10 dB. I zde měření probíhalo na svahu. V průběhu 3 let se zde stále vysazují smrky ale kvůli špatnému půdnímu druhu (jílovitohlinitý až jílovitý) a velké sklonitosti svahu se jim nedaří zakořenit a vytvořit tak protihlukovou bariéru.

Grafy naměřených hodnot se nacházejí v příloze (graf 15 – 16). Taktéž jsou tam i podrobnější obrázky stanoviště (obrázek 28 a 29).



Graf 4 – U fermentoru – porovnání hodnot

5.1.4 Stanoviště 4 – U silážní jamy

Stanoviště u silážní jamy je poslední ze stanovišť, které se nacházejí blíž ke zdroji hluku. Toto stanoviště se nachází mezi silážní jámou a dávkovacím platem (obrázek 18). Bod A je fermentor, bod B silážní jáma a bod C je stanoviště měření. Nejbližším zdrojem hluku jsou opotřelá míchadla, vzdálená přibližně 40 metrů. Klimatické podmínky jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 – Klimatické podmínky

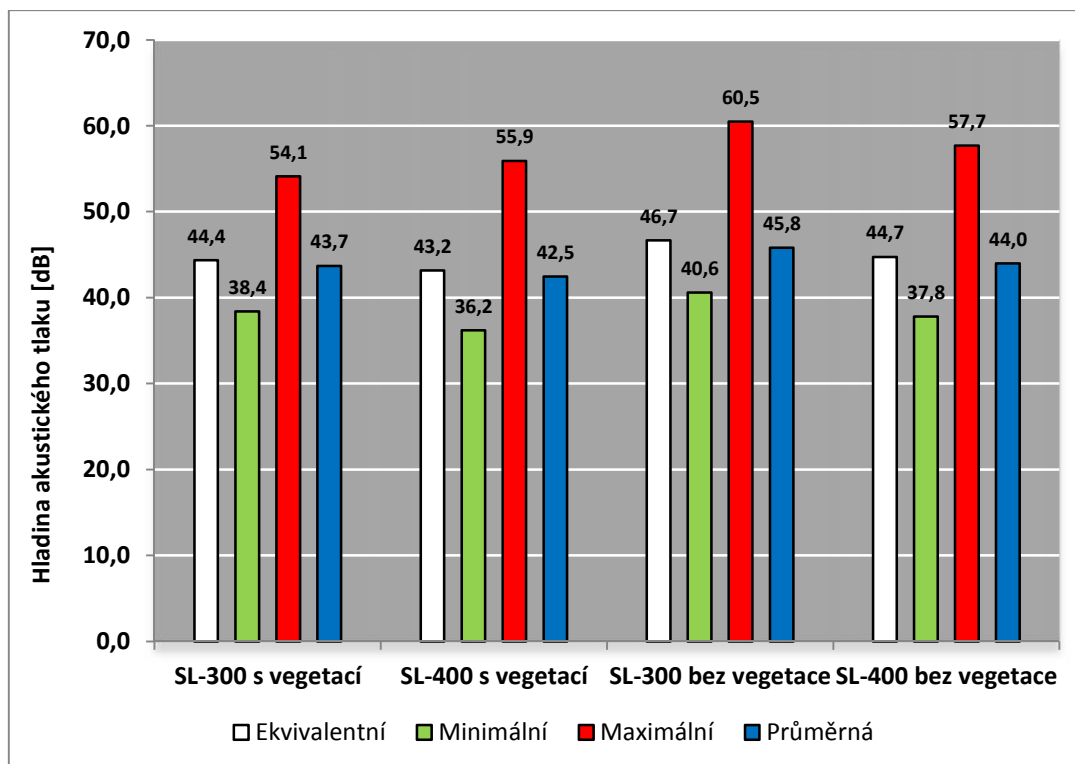
	U silážní jamy	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	15,1	5,2
Relativní vlhkost vzduchu [%]	31	78
Atmosférický tlak [Pa]	979	1004
Rychlost vtru [m/s^{-1}]	2	4
Směr vtru	východní	severozápadní



Obrázek 18 – Silážní jáma a místo měření [53]

Hodnoty z tohoto stanoviště jsou zaneseny do grafu 5. V období s vegetací bylo naměřeno maximum 55,9 dB, minimum 36,2 dB, průměrná hladina hluku 43,1 dB a ekvivalentní hladina hluku 43,8 dB. Bez vegetace byly všechny hodnoty vyšší. Maximum 60,5 dB, minimum 37,8 dB, průměrná hladina hluku 44,9 dB a ekvivalentní hladina akustického hluku 45,7 dB. Průměr byl v období s vegetací naměřena nižší hladina hluku o 1,8 dB, což dokazuje určitý vliv vegetace. Na hlukoměru SL-400 bylo v období s vegetací naměřeno o 1,2 dB méně. V období bez vegetace to bylo o 1,9 dB méně. Při tomto měření byly hlukoměry asi o 2 metry níže než zdroje hluku. Vegetace v okolí stanoviště nebyla moc hojná. Jednalo se především o trávník posečený na výšku přibližně 10 cm. V pozadí byl svah osázený malými smrčky, které však nevytvářejí dostatečnou protihlukovou ochranu.

Grafy jednotlivých průměrů měření za určitá období se nacházejí v příloze (graf 17 a 18). Stanoviště měření je zachyceno na obrázku 30 v příloze.



Graf 5 – U silážní jámy – porovnání hodnot

5.1.5 Stanoviště 5 – U odchovny

Páté měřené stanoviště je u odchovny. Je to první ze stanovišť, které se nachází blíže k zástavbě než ke zdroji hluku. Vzdálenost od odchovny je 20 metrů, od ostatních zdrojů hluku z BPS přibližně 150 metrů a od zástavby přibližně 100 metrů. Stanoviště je vyznačeno bodem C v mapě na obrázku 19. Bod A je odchovna a bod B je silážní jáma. Zdrojem hluku jsou jednak obsluhující stroje v odchovně, zdroje z BPS a v neposlední řadě též zvukové projevy dobytka. Klimatické podmínky, které byly naměřeny vždy před vlastním měřením, jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8 – Klimatické podmínky

	U OMD	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	14,8	3,8
Relativní vlhkost vzduchu [%]	38	68
Atmosférický tlak [Pa]	982	1001
Rychlost v trů [m/s ⁻¹]	2	4
Směr v trů	východní	severozápadní

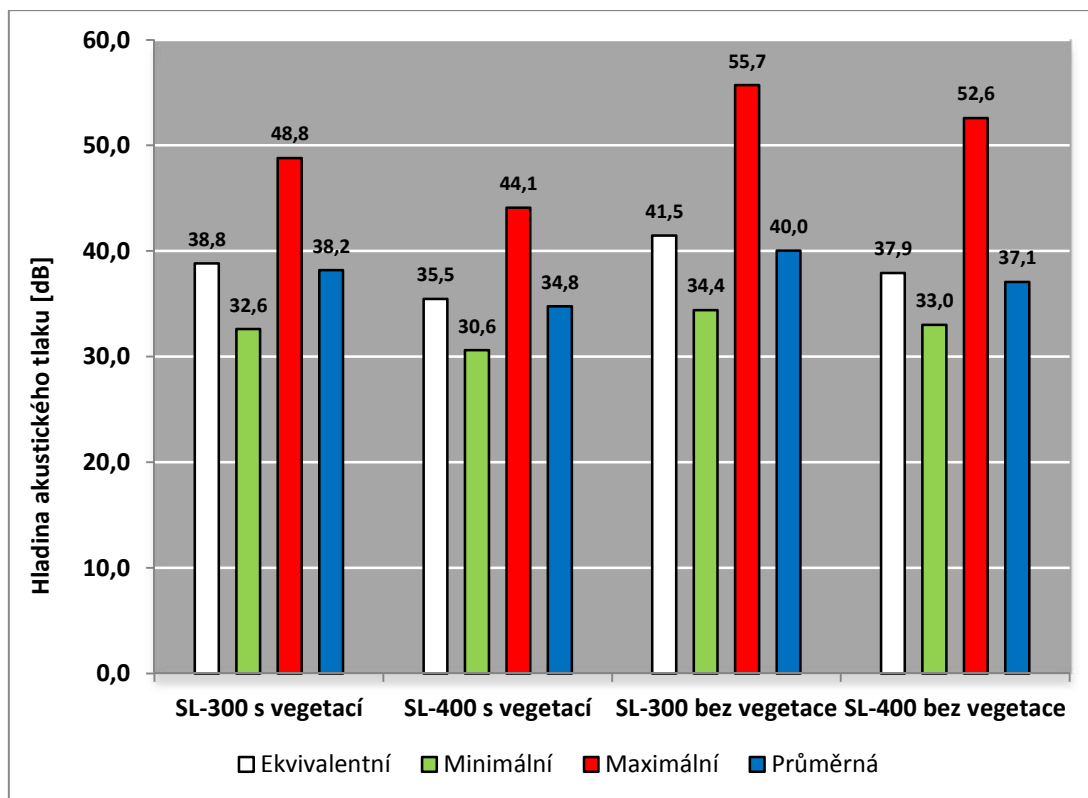


Obrázek 19 – Odchovna a místo měření

[53]

Kolem měřicího stanoviště nebyly téměř žádné překážky a žádná vegetace. Tomu také odpovídají hodnoty, které jsou uvedeny v grafu 6. V období s vegetací bylo naměřené maximum 48,8 dB, minimum 30,6 dB, průměrná hladina hluku 36,5 dB a vypočtená ekvivalentní hladina hluku 37,2 dB. V období vegetačního klidu byly hodnoty vyšší, průměrně o 2 dB. Naměřené maximum bylo 55,7 dB, minimum bylo 33 dB, průměrná hladina hluku 38,6 dB a ekvivalentní hladina hluku byla 39,7 dB. Hladiny hluku byly celkem konstantní, avšak rozdíl mezi výškami umístění hlukoměru byl v letním období 3,4 dB a v zimním období téměř 3 dB. V odchovně bylo přibližně stejně dobytka, tedy kolem 400 kusů. Hlavním zdrojem hluku je traktor s krmným vozem, který v odchovně zakládá krmivo 2x denně. Odklíz chlévské mrvy je realizován 1x za měsíc a probíhá vždy na vzdálenější konci OMD od zástavby.

Dílejší grafy z měření a grafy z následného zpracování hodnot se nacházejí na grafu 19 a 20 v příloze. Detail místa měření a odchovny je zachycen na obrázku 31 v příloze.



Graf 6 – U odchovny – porovnání hodnot

5.1.6 Stanoviště . 6 – Za smrky

V poloze šesté měřené stanoviště se nacházelo za vzrostlými smrkami. Stanoviště bylo vzdálené 50 metrů od zástavby. OMD je vzdálená přibližně 100 metrů a areál BPS 200 metrů. Na obrázku 20 je bodem A vyjádřena OMD, bodem B silážní jáma, bodem C místo měření a bodem D nejbližší zástavba. Tabulka 9 uvádí, jaké byly klimatické podmínky při měření.

Tabulka 9 – Klimatické podmínky

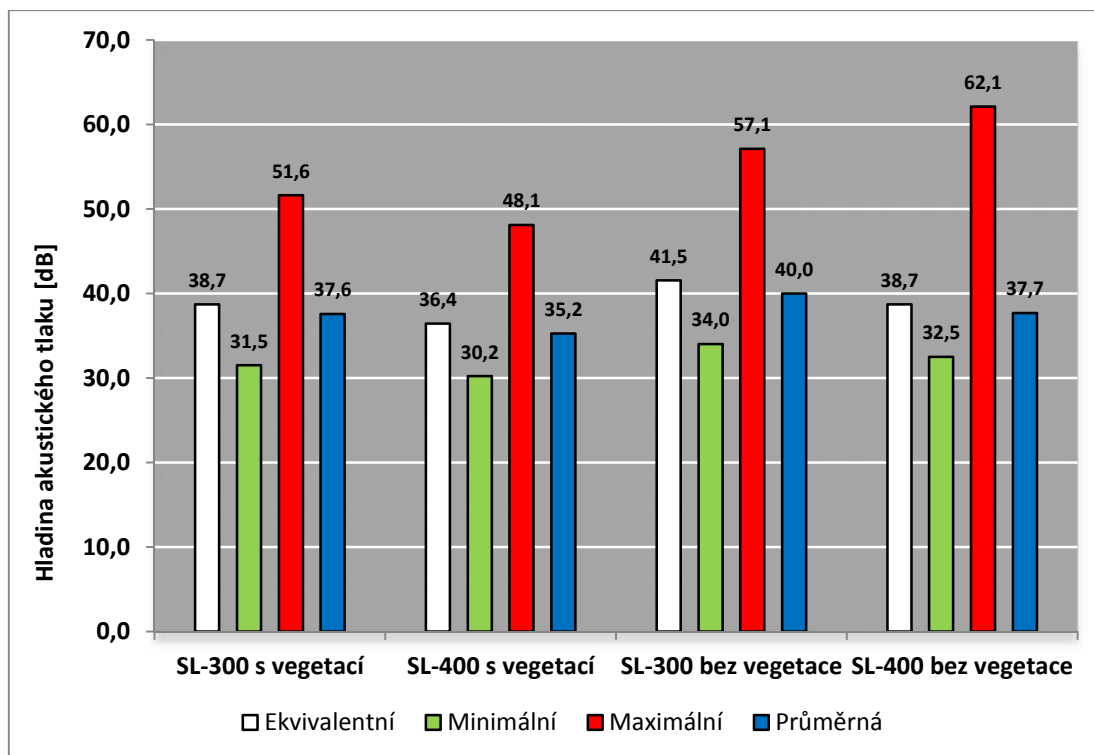
	Za smrky	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	13,9	4,2
Relativní vlhkost vzduchu [%]	32	74
Atmosférický tlak [Pa]	970	996
Rychlost větru [m/s ⁻¹]	4	4
Směr větru	východní	severozápadní



Obrázek 20 – Stanovišť za smrky a umístění hlukoměru [53]

Na tomto stanovišti jsem oproti předchozímu předpokládal značný vliv vegetace na hladinu hluku. Šlo o pás smrků o velikosti 65 x 10 metrů. Mě předpoklady se potvrdily jen zčásti, protože kvůli vzdálenosti od zdroje hluku již byl hluk značně utlumen. Přičemž foukal silnější vítr o rychlosti $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v grafu 7. V období s vegetací bylo maximum 51,6 dB, minimum 30,2 dB, průměrná hladina hluku 36,4 dB a ekvivalentní hladina hluku 37,6 dB. Přičemž bez vegetace bylo naměřeno maximum 62,1 dB, minimum 32,5 dB, průměrná hladina hluku 38,9 dB a ekvivalentní hladina hluku 40,1 dB. Rozdíl hladiny hluku byl mezi letním a zimním obdobím v průměru 2,4 dB. Což je v porovnání s ostatními stanovišti celkem malá hodnota. Je to způsobené tím, že pás smrků dobře tlumil hluk, jak v období s vegetací, tak i v období bez vegetace. Vliv rozdílných výšek hlukoměru byl průměrně 2,3 dB. Na hlukoměru SL-400 byly hodnoty jako vždy nižší.

Zbylé grafy z měření a následné grafy po zpracování hodnot jsou uvedeny v příloze (graf 21 a 22). Podrobnější obrázek pásu smrků je v příloze (obrázek 32).



Graf 7 – Za smrky – porovnání hodnot

5.1.7 Stanoviště .7 – U garáží

P edposlední m ené stanoviště bylo u garáží. Garáže jsou p ibližn 200 metr od OMD a 250 metr od BPS. Nejbližší zástavba se nachází ve vzdálenosti 50 metr . Vegetace kolem stanoviště p íliš není, p evážn tráva. Do budoucna se po ítá s výsadbou d evin, kv íli utlumení nežádoucího hluku. Nejsou tu ani žádné p ekážky. Na obrázku 21 je místo m ení vyzna eno bodem C, OMD bodem A, silážní jáma bodem B. V minulosti zde býval i prase ák bod D, ale v sou asné dob je již zbouraný. Klimatické podmínky m ení jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10 – Klimatické podmínky

	U garáží	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	15,1	4,7
Relativní vlhkost vzduchu [%]	29	72
Atmosférický tlak [Pa]	988	1000
Rychlost v tru [m/s ⁻¹]	2	5
Sm r v tru	východní	severozápadní

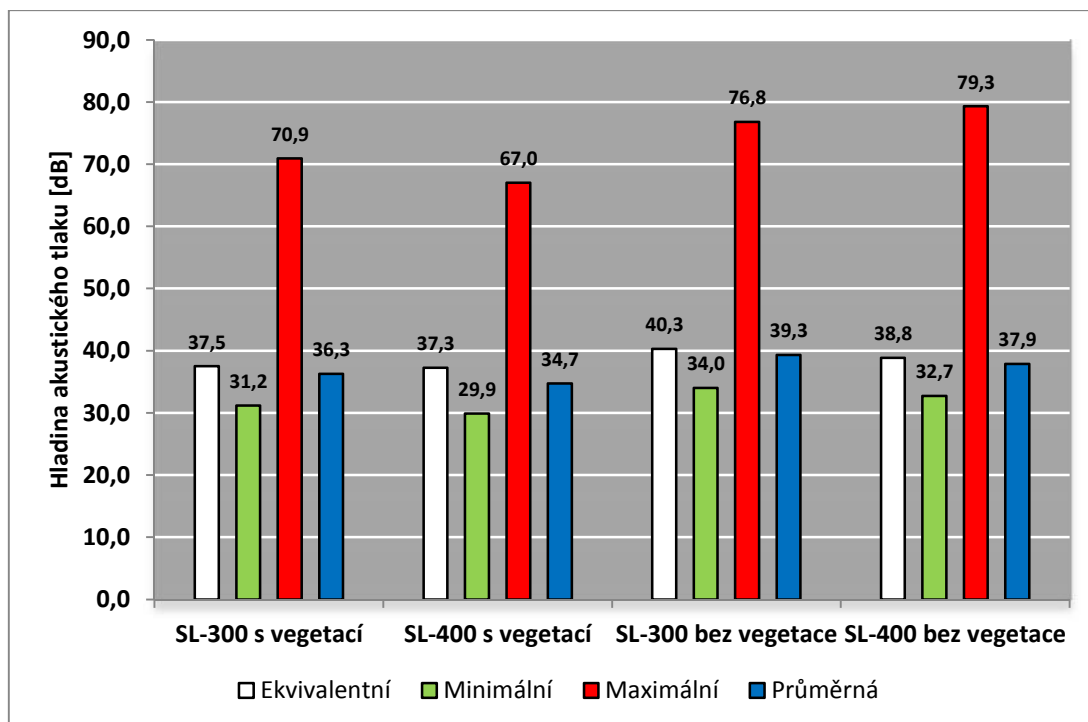


Obrázek 21 – Garáže a místo měření

[53]

V grafu 8 jsou zachyceny hodnoty, které náleží tomuto stanovišti. V říjnu bylo naměřeno maximum 70,9 dB, minimum 29,9 dB, průměrná hladina hluku 35,5 dB a ekvivalentní hladina hluku 37,4 dB. V únoru bylo naměřeno maximum 79,3 dB, minimum 32,7 dB, průměrná hladina hluku 38,6 dB a ekvivalentní hladina hluku 39,6 dB. Rozdíl průměrných hladin hluku mezi obdobími byl 2,9 dB a rozdíl vypočtených ekvivalentních hladin hluku byl 2,3 dB. Na tomto stanovišti byl rozdíl na hlukoměrech pouze 1,4 dB ve prospěch SL-400. Hluk na tomto stanovišti byl značně kolísavý, bylo to způsobeno častými průjezdy zemědělské techniky kolem hlukoměru.

Dílní grafy naměřených hodnot jsou uvedeny v grafu 23 a 24 v příloze. Obrázek stanoviště je v příloze (obrázek 33).



Graf 8 – U garáží – porovnání hodnot

5.1.8 Stanoviště . 8 – U teletníku

Poslední měřené stanoviště se nachází u teletníku. Vzdálenost od zástavby je 65 metrů. Areál zemědělského družstva je vzdálen přibližně 180 metrů. Klimatické podmínky jsou zaneseny v tabulce 11. Na obrázku 22 je bodem A označen fermentor, bodem B dílna, bodem C teletník, bodem D seník, bodem E pozemek nejbližší zástavby a bodem F stanoviště měření. Zdrojem hluku jsou především vzdálené míchadla fermentoru. Jako další zdroj hluku považujeme přilehlý teletník. 2x denně je zde zakládáno krmivo traktorem s krmným vozem. Chlévská mrva je odklizená 1x měsíčně. Avšak hluk z teletníku není konstantní a působí jen po relativně krátkou dobu denně, proto je teletník jen malým zdrojem hluku. Vegetace mezi místem měření a zdrojem hluku bylo pouze strniště.

Tabulka 11 – Klimatické podmínky

	U teletníku	
	S vegetací	Bez vegetace
Teplota vzduchu [°C]	14,8	3,6
Relativní vlhkost vzduchu [%]	30	68
Atmosférický tlak [Pa]	973	1004
Rychlost v trů [m/s ⁻¹]	2	4
Směr v trů	východní	severozápadní

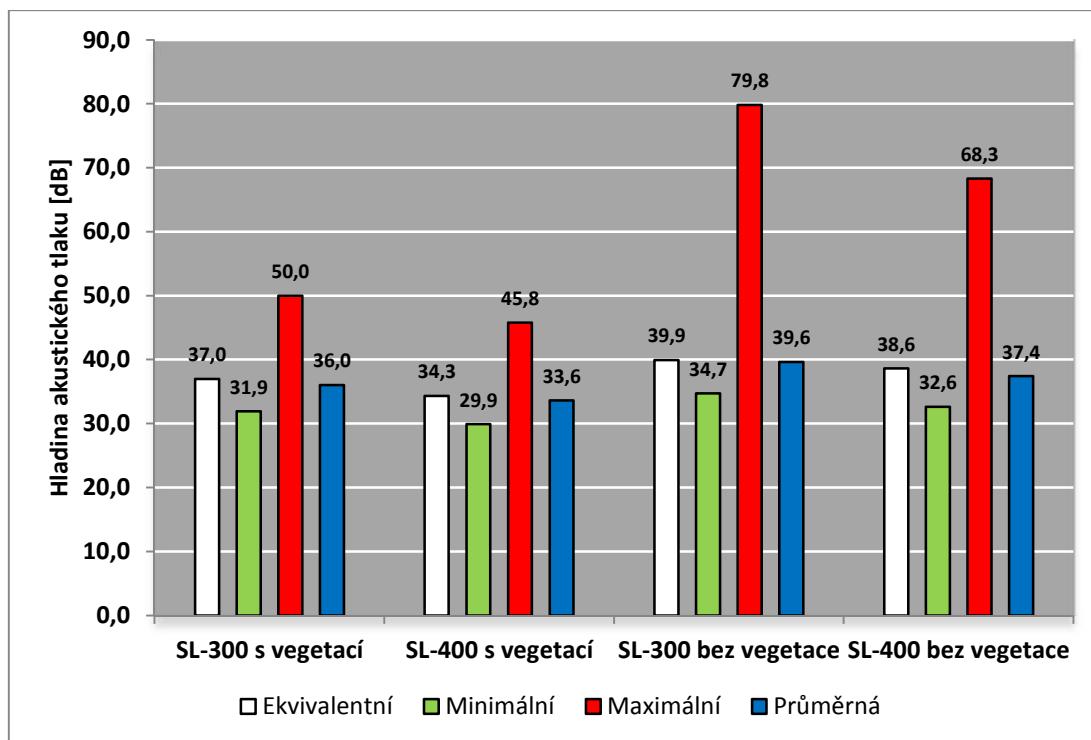


Obrázek 22 – Teletník a místo měření

[53]

Hodnoty ze stanovišť u teletníku jsou uvedené v grafu 9. Maximum v období s vegetací bylo 50 dB, minimum 29,9 dB, průměrná hladina hluku 34,8 dB a ekvivalentní hladina hluku 35,7 dB. V období bez vegetace byly hodnoty o něco málo vyšší. Maximum 79,8 dB, minimum 32,6 dB, průměrná hladina hluku 38,5 dB a ekvivalentní hladina hluku 39,3 dB. Rozdíl mezi vegetačními obdobími byl 3,7 dB a v případě ekvivalentní hladiny hluku 3,6 dB. Na hlukoměru SL-400 bylo v období s vegetací naměřeno průměrně o 4,2 dB méně. V zimním období bez vegetace to bylo 3,9 dB. Vysoké maximální hodnoty v období bez vegetace byly způsobeny zvukovými projevy telat. Měření probíhalo v období před zakládáním krmiva a tak se telata značně zvukově projevovala. Následně ještě probíhala zakládání šrotu ručně, zametáním s lopatou. Tyto hodnoty však neměly na přesnost měření téměř žádný vliv, protože probíhaly pouze krátkodobě a to v průměru dvě měření. Uvedl jsem je do grafu pouze pro zajímavost, jak mohou být hladová telata hlučná.

Grafy jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze (graf 25 a 26). Obrázek stanovišť je uveden v příloze (obrázek 34).



Graf 9 – U teletníku – porovnání hodnot

5.2 Shrnutí

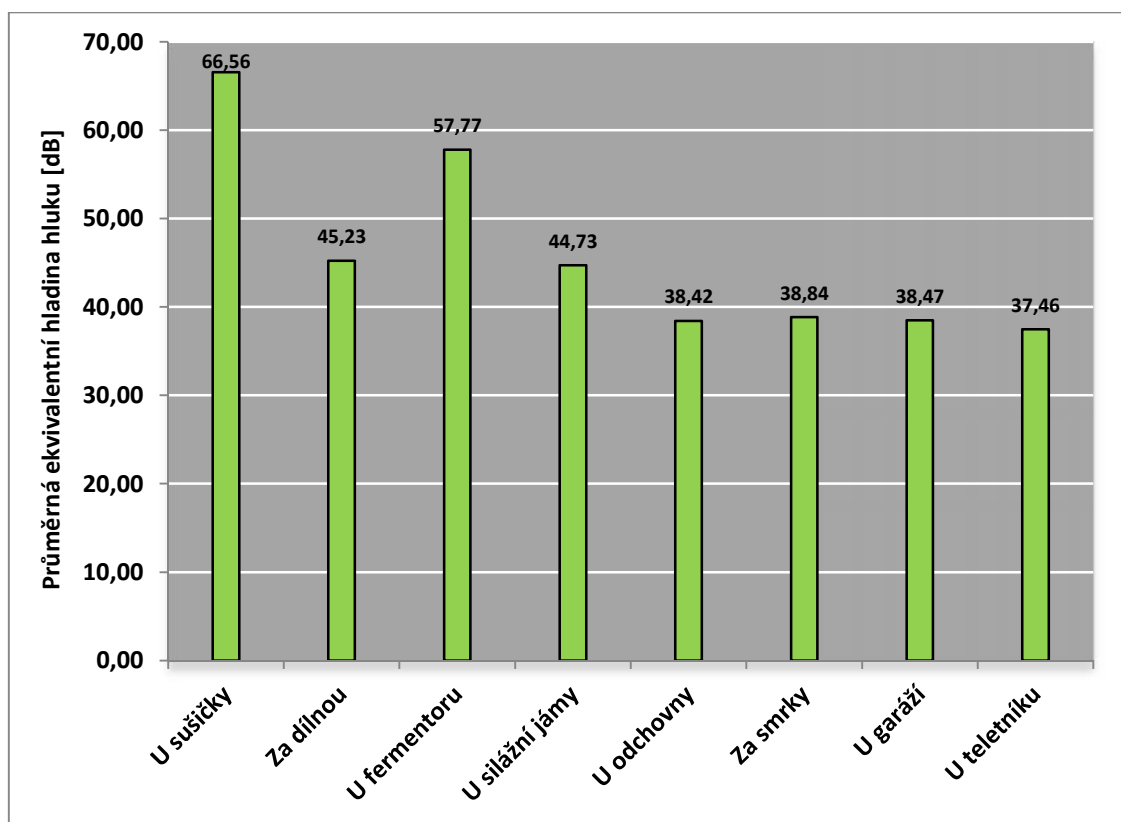
5.2.1 Celkové porovnání hodnot

Z celkového porovnání všech stanovišť jsem vyvodil několik závěrů. Při měření v letním období, tedy období s vegetací, byly hodnoty vždy nižší. Největší rozdíl byl u stanoviště 2 za dílnou a to 4,7 dB. Na tomto stanovišti se totiž nacházelo mnoho vegetace, která tlumila nežádoucí hluk. Oproti tomu na stanovišti 1 u sušičky byl rozdíl pouze 1,1 dB. Bylo to kvůli absenci jakékoliv vegetace a také díky malé vzdálenosti od zdroje. Na ostatních stanovištích se hodnoty pohybovaly od 1,8 dB do 3,8 dB.

Největší hluk byl naměřen na stanovišti 1 u sušičky v zimním období, ekvivalentní hladina hluku dosahovala 69,2 dB. Podotýkám, že sušička byla v provozu. Oproti tomu bylo způsobeno malou vzdáleností od zdroje hluku (15 metrů) a absencí překážek a vegetace. Nejnižší ekvivalentní hladiny hluku bylo dosaženo na stanovišti 8 u teletníku v období s vegetací a to 34,3 dB. V tomto případě nehrála vliv ani tolik vegetace, jako spíše velká vzdálenost od zdroje hluku (200 metrů). Na stanovištích, která byla blíže ke zdroji hluku, byla ekvivalentní hladina hlukové

zát že od 41,7 dB až do 59,8 dB. U stanoviš , která byla blíže k zástavb , byla tém vždy nam ena a následn vypo ítaná hladina ekvivalentní hlukové hladiny do hodnoty 40 dB. Pouze ve t ech p ípadech byla hladina p ekro ena a to maximáln o 1,5 dB. Ekvivalentní hladiny hluku se pohybovaly od 35,5 dB do 41,5 dB.

V grafu 10 jsou uvedeny vypo ítané pr m rné hodnoty akustické ekvivalentní hladiny hluku pro jednotlivá stanoviš za ob m ená období. Z grafu je patrné, na kterém stanovišti byly p ekro eny hygienické limity. Limity byly p ekro eny pouze na stanovištích, která se nacházela blíže ke zdroji hluku.



Graf 10 – Pr m rné ekvivalentní hladiny hluku jednotlivých stanoviš

5.2.2 Srovnání s legislativou

Jednotlivá stanoviště jsem porovnal s platnou legislativou, tedy zákonem č. 258/2000 Sb. a především s nařízením vlády č. 148/2006 Sb., kde jsou dané hygienické limity ekvivalentní hladiny hluku. Základní limit je dán hodnotou 50 dB v denní době a 40 dB v noci. Limit pro silniční provoz je 55 dB ve dne a 45 dB v noční době. Tyto limity jsou určeny pro hladinu hluku v chráněných prostorech, tj. 2 metry od zástavby.

Hladina hluku stanoviště, která byla blíže k zástavbě, tedy nepřekračuje limity dané platnou legislativou. Velký vliv působí množství vegetace, která se nacházela v okolí. Tato vegetace snižovala hladinu hluku i v období kdy jí bylo nejméně, tedy v zimě. Zdroje hluku jsou v tšinou vzdáleny přibližně 300 metrů od zástavby, a proto nepřesobí tak intenzivně, jak by se mohlo zdát. Měření v tšinou probíhalo 30 – 50 metrů od zástavby a i to byla dostatečná vzdálenost ke zjištění, že hluk nepřekračuje limity.

Stanoviště měření, která se nacházela v blízkosti zdrojů hluku, vykazovala v tší hladinu hluku. Dle grafu 10 byl překročen hygienický limit pro denní dobu, tj. 50 dB, ve dvou případech. U stanoviště č. 1 to bylo o 16,6 dB a u stanoviště č. 3 o 7,8 dB. Hladina hluku samozřejmě nepřekračovala dané limity, protože bylo měřeno v tšinou 15 - 30 metrů od zdroje hluku. Nicméně tato hladina neovlivuje okolní zástavbu ani životní prostředí, protože se zvyšující se vzdáleností od zdroje se hladina hluku rychle snižuje. Při následném měření hluku u zástavby byly naměřeny hodnoty v rámci hygienického limitu pro noční dobu, tj. 40 dB, a mnohdy i pod hodnotou tohoto limitu. Nicméně bych určitě našel místa, kde a jak by se dala hladina hluku snížit.

6. NAVRŽENÁ PROTIHLUKOVÁ OPATĚNÍ

Jako úinná protihluková opatění připadají v úvahu dvě možnosti. Buď má izolace zdroje hluku, nebo dodatečná výsadba vegetace, která by utlumila nežádoucí hluk. Hladina hluku sice nepřekračuje dané limity, ale její snížení bude pozitivně působit jak na životní prostředí, tak i na vztahy s místními obyvateli.

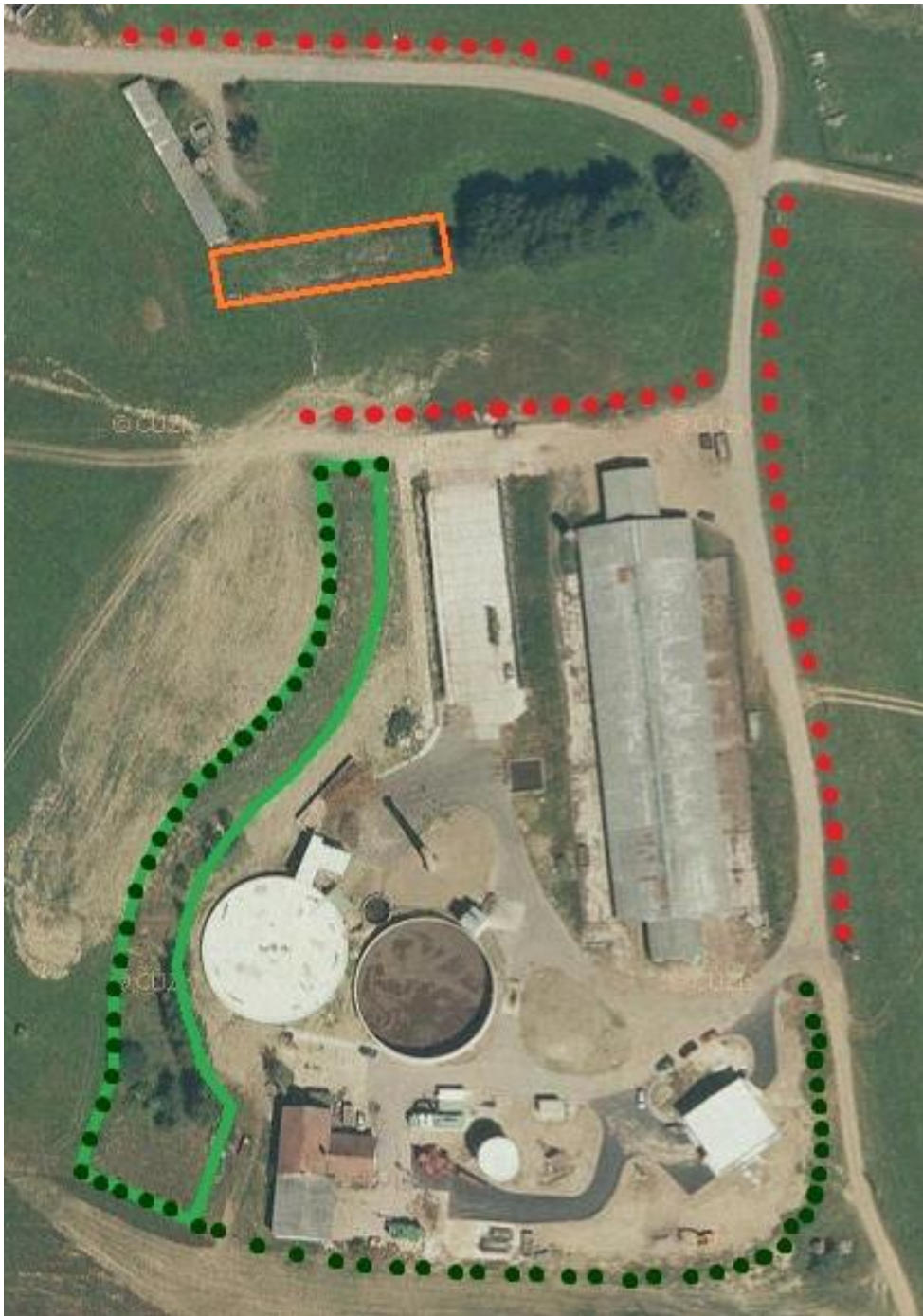
První řešení je tedy izolace zdrojů hluku pomocí absorpčních materiálů. V areálu bioplynové stanice jsou téměř všechny zdroje hluku již částečně izolovány. Například kogenerační jednotka je umístěná v kontejnerové provozní budově, která je velmi dobře zvukově izolována. Další zdroj hluku je hořákový plynový motor. Bohužel v tomto případě nemůžeme o případných protihlukových opatěních uvažovat, vzhledem k velmi vysoké provozní teplotě. Jedním z neizolovaných zdrojů jsou míchadla fermentoru. Zde by protihluková opatění byla celkem vhodná a úinná. Jako izolaci bych použil sendvičové izolační materiály. Například kombinace polyuretanové pěny a antivibračního materiálu. Tyto materiály se vyrábí v mnoha provedeních. Zde by bylo vhodné použít nehorelavý materiál, odolný vůči povětrnostním podmínkám. Materiál by se přilepil (přilepil) na konstrukci, která by obklopila celý elektromotor. Příklad takovéto konstrukce je na obrázku 23. Konstrukce by musela být kvůli bezpečnosti provozu BPS například z plastu nebo hliníku, který je odolný vůči korozi. Musela by být dostatečně pevná a zajištěná proti pohybu. V případě poruchy míchadla nebo při servisních úkonech by musela jít konstrukce během pár sekund odklopit nebo odnést na stranu. Ještě zde otázka tepelné izolace. Domnívám se, že by to elektromotoru nijak výrazně neškodilo, protože by konstrukce byla dostatečně prostorná a nebyla by v přímém kontaktu s elektromotorem. Elektromotor by byl naopak více chráněn před škodlivými vlivy prostředí. Poslední a asi nejdůležitější faktor by byla cena. Zjistil jsem, že cena jedné takovéto konstrukce u autorizované firmy by vyšla přibližně na 20 000 Kč. Celková cena zvukové izolace šesti míchadel, by tedy přišla přibližně na 120 000 Kč. Mělo by dojít k částečnému snížení hluku, přibližně o 2 – 6 dB přímo u zdroje. Podobný systém zvukové izolace by se dal použít i u ventilátorů sušičky. V případě zvolení tohoto typu protihlukové ochrany by musela být provedena další dodatečná studie.



Obrázek 23 – Příklad protihlukové konstrukce

[38]

Druhé opatření je dodatečná výsadba vegetace. Při vhodné výsadbě se dá nežádoucí hluk snížit až o 10 dB. Navrhnul bych výsadbu smrků v kombinaci s listnatými dřeviny. V průběhu psaní této práce již probíhala kolem části areálu výsadba javorů, na které jsem se aktivně podílel. Dále probíhala výsadba pásu smrků kolem dílny, fermentoru a silážní jámy. Jde o pás dlouhý přibližně 170 metrů a široký 10 metrů. Každoročně jsem se podílel na dosadbě smrků, které se neujaly. Na obrázku 24 je světle zelenou barvou ohraničen souasný pás smrků. Tmavě zelené tečky značí vysázené javory. Jako protihlukové opatření bych tedy navrhnul dodatečné vysazení javorů v kombinaci se smrků a rychle rostoucími topoly. Navrhované dřeviny jsou na obrázku 24 vyznačeny červenými tečkami. Dále založit pás smrků také v kombinaci s rychle rostoucími topoly. Navržený pás, o rozměrech 10 x 50 metrů, je na obrázku 24 ohraničen oranžově. Dodatečná výsadba by určitě prospěla i snížení prašnosti, která se zde vyskytuje především v letních měsících. Také by omezila případné šíření nežádoucího zápachu z odchovny mladého skotu. Výsadba je mnohonásobně méně finančně náročná než předchozí protihlukové opatření zdroje. Cena výsadby by šla přibližně na přijatelných 5000 Kč (400x javor – 4,90 Kč/ks, 400x smrk – 5,80 Kč/ks, 100x topol – 5,50 Kč/ks). Samozřejmě nejvhodnější by bylo zkombinovat obnavrhovaná řešení. Stromy a pásy stromů určitě poslouží i jako úkryt a hnízdiště mnoha živočichů. V neposlední řadě bude kladně působit i na estetickou stránku zemědělského areálu.



Obrázek 24 – Vegetace kolem areálu zemědělského družstva

[53]

7. ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zaměřil na měření hlukové zátěže zemědělských provozů. Byl jsem totiž zvědavý, na kolik tyto provozování ovlivňují životní prostředí a přilehlé okolí. Dále jsem chtěl zjistit, zda okolní vegetace zajišťuje dostatečnou hlukovou bariéru. Dospěl jsem k mnoha závěrům, které zde budu prezentovat.

Mezi nejvýššími zdroji hluku v areálu patří bioplynová stanice, sušička a odchovna. Měřil jsem hladinu hluku na 8 stanovištích, které se nacházely různě po areálu zemědělského družstva a v blízkosti zástavby. Porovnával jsem také dvě odlišná vegetační období (červen x únor). Stanoviště měření jsem volil tak, aby měly co nejvýšší vypovídající charakter. Pro výšší přesnost měření probíhalo pomocí dvou hlukoměrů.

Po uskutečnění měření jsem hodnoty vyhodnotil podle platné legislativy. Porovnával jsem je tedy s hygienickými limity, které jsou dány hodnotou 50 dB ve dne a 40 dB v noci. Zjistil jsem, že ani na jednom měřeném stanovišti, které bylo blíže k zástavbě, nebyl překročen daný hygienický limit. Bylo to způsobeno jednak výšší vzdáleností od zdroje hluku, přibližně 300 metrů, a také vegetací vyskytující se kolem areálu. Ekvivalentní hladina hluku se pohybovala od 37,5 dB (stanoviště 8 u teletníku) do 38,8 dB (stanoviště 6 za smrky). Areál zemědělského družstva nevydává totiž takový hluk, jak se zdá.

Příměření v období s vegetací byla hladina hluku vždy nižší. Nejvýšší rozdíl mezi vegetačními obdobími byl na stanovišti 2 za dílnou a to 4,7 dB, nejmenší 1,1 dB na stanovišti 1 u sušičky. Na ostatních stanovištích se rozdíl průměrně pohyboval v hodnotách od 1,8 dB do 3,7 dB. Vegetace tedy působí velmi pozitivně na snížení hlukové zátěže a značně omezuje šíření hluku.

V areálu zemědělského družstva se vyskytuje mnoho druhů divoce žijících živočichů, což nasvědčuje tomu, že areál nepůsobí ve výšší míře negativně. Například se zde dá narazit na zajíce polní (*Lepus europaeus*) i kachny divoké (*Anas platyrhynchos*). Areál také často navštěvuje srnčí zvěz (*Capreolus capreolus*), která bohužel působí značné škody na vysazených javorech a smrcích. V návaznosti na to se musel aplikovat pachový ohradník, aby se snížily škody na stromcích. Jak jsem již zmínil, dominantou areálu je komín bývalé cihelny. Na komíně je již několik let hnízdo šápů bílých (*Ciconia ciconia*). Šápi zde každoročně vyvádějí 2 -

3 mladé. Nevadila jim ani přítomnost jeřábu, který byl pouze o 2 metry vyšší a pracoval v jejich blízkosti při stavbě bioplynové stanice. Čápe se často ozývají výrazným a velice hlasitým klapáním. V příloze na posledním obrázku 35 je zachycen komín s apím hnízdem v porovnání s komínem výfuku bioplynové stanice.

V rámci práce byla navržena možná protihluková ochrana, i když z hlediska zákonných hygienických limit není potřeba. Uvedl jsem případné konstrukční řešení izolace zdroje hluku, které je ovšem velmi finančně náročné. Dále jsem navrhnul dodatečnou výsadbu vegetace kolem areálu, která by přispěla ke snížení hladiny hluku. Další pozitivní efekt výsadby by bylo snížení prašnosti a do jisté míry i zvýšení biodiverzity v okolí. Vegetace by byla úkrytem, hnízdištěm i potravou pro mnoho živočichů. Myslím si, že toto opatření by se dalo bez problému realizovat po dohodě s vedením zemědělského družstva. Jako doplnkové opatření bych ještě uvedl, že bych v blízkosti areálu již nepovolil žádnou výstavbu nových objektů pro bydlení. Nejvhodnější by samozřejmě byla kombinace všech možných opatření, která by vedla ke snížení hlukové zátěže. V optimálním případě by se hladina hluku snížila až o 10 dB v chráněném prostoru zástavby.

Bioplynová stanice je opatřena speciálním nátěrem. Nátěr byl aplikován kvůli tomu, aby stavby co nejvíce splynuly s životním prostředím a nepůsobily rušivě na okolí. Je to specifický odstín zelené barvy. Do budoucna se také počítá s modernizací odchovny, což by mělo pozitivní vliv na stávající hlukovou situaci. Moderní technologie a nová mechanizace produkuje, v porovnání se stávajícím zařízením, méně hluku a je tak šetrnější jak k chovanému dobytku, tak k okolí.

Zhodnocení na závěr. Areál zemědělského družstva určitě přispívá ke stávající hlukové situaci. Nedochozí však k výraznějšímu negativnímu ovlivnění okolí, životního prostředí i blízké zástavby. Vegetace, která je kolem areálu, má pozitivní vliv na hlukovou zátěž a značně omezuje šíření hluku.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice [online]. 17.3.2011. [cit. 2015-12-26]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf
- [2] Co je to zvuk. In: Multimédia [online]. [2008] [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://195.178.89.121/mm/k_2_1.htm
- [3] Zdroje zvuku. In: Zvuk [online]. 2012- [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.zvukostroj.estranky.cz/clanky/zdroje-zvuku/>
- [4] **MEDVECOVÁ**, Ivana. GREIF-AKUSTIKA, s.r.o. Základy akustiky: Průručka pro začínající. www.greif.cz, 1.11.2011. Dostupné z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>
- [5] Šíření zvuku. In: Techmania: Edutorium [online]. 2008- [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=416b757374696b61h&key=662
- [6] **KA KA**, Jan. *Stavební fyzika 1: akustika budov*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství VUT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-01-03664-8
- [7] Vliv atmosféry a vegetace. In: **REICHL**, Jaroslav a **VŠETI KA**. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2009 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1193-vliv-atmosfery-a-vegetace>
- [8] EKOLOGICKÝ PRÁVNÍ SERVIS. Hluk ve vnějším prostředí: Právní rádce občanů žijících v blízkosti hlukem. <http://hluk.eps.cz>, 31.8. 2007. Dostupné z: http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf
- [9] Ultrazvuk a Infrazvuk. In: CSICSO, František. Akustika pro střední školy [online]. 2009 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://akustika.ic.cz/htmls/hlad.html>
- [10] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: 258/2000 Sb. 2000, ro. 2000, 74. Dostupné z: http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/258000/Sb_258000_-----_.php

- [11] **KIMÁKOVÁ**, Tatiana, Lucia **KUZMOVÁ** a Petr **KACHLÍK**. *Hluk nie je zvuk*. In: EHULKA, E. (Ed.). Anotace referát z 6. Mezinárodní v decké konference Škola a zdraví pro 21. století. 2010. ISBN 978-80-210-5262-8.
- [12] Obecné informace o zvuku: Zvuk jako vlnění. *Paroc* [online]. 2015 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z:
<http://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/~~/media/Images/Knowhow/Sound/Illustrations%20CZ/Sound-pressure-3244078cz.ashx>
- [13] Na ízení vlády . 88/2004 Sb. o ochran zdraví p ed nep íznivými ú inky hluku a vibrací. In: 88/2004 Sb. 2004, ro . 2004, 27. Dostupné z:
<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4331>
- [14] Na ízení vlády . 272/2011 Sb. o ochran zdraví p ed nep íznivými ú inky hluku a vibrací. In: 272/2011 Sb. 2011, ro . 2011, 97. Dostupné z:
<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=6014>
- [15] **SMETANA**, Ctirad. *Hluk a vibrace. M ení a hodnocení*. 1. vyd. Praha: Sd lovací technika, 1998, 188 s. ISBN 80-901-9362-5
- [16] **METODICKÝ NÁVOD**: pro m ení a hodnocení hluku v pracovním prost edí a vibrací. In: *METODICKÁ OPAT ENÍ*. Praha, 2001, HEM-300-26.4.01-16344. Dostupné z:
http://apps.szu.cz/cekz/dokumenty/autorizace/hluk_v_prac_prostredi_a_vibrace.pdf
- [17] **NOVÝ**, Richard. *Hluk a chv ní*. Vyd. 3. V Praze: eské vysoké u ení technické, 2009, 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [18] **MARTIN**, David J., Irving T.P. **WELLS** a Christopher R. **GOODWIN**. Physics of ultrasound. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2015, ro . 16, . 3, s. 132-135.
- [19] **WILLIAMS**, David. The physics of ultrasound. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*. 2012, ro . 13, . 6, s. 264-268.
- [20] Hluk jako vn ější projev provozu zem d lské techniky. In: **ŠÍSTKOVÁ**, Marie a **PETERKA**, Alois. *AGROTECH NITRA 2002: Sborník z mezinárodní v decké konference*. Nitra: SPU, 2002, s. 321-322. ISBN 80-8069-097-9

- [21] Hluk v zemědělství a lesnictví. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. 1998-2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/sector/agriculture/noise>
- [22] ADAMEC, Vladimír. *Životní podmínky a jejich vliv na zdraví obyvatel Jihomoravského kraje*. 1. vyd. Brno: Zdravotní ústav se sídlem v Brně, 2006, 207 s. ISBN 80-239-8219-2.
- [23] Provoz. ENVITON S.R.O. *Bioplynové stanice* [online]. 2008 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.bioplynovestanice.cz/provoz/>
- [24] ŽIARAN, Stanislav. *Znižovanie kmitania a hluku v priemysle: kmitanie a akustika*. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2006, 330 s. Edícia monografií. ISBN 80-227-2366-5.
- [25] ŽIARAN, Stanislav. *Vibrodiagnostika elektrických točivých strojov*. Zborník z 2. medz. sympózia Kvalita a spoľahlivosť strojov, Nitra 1997
- [26] ŽIARAN, Stanislav. Zdroje hluku v plynárenskom priemysle a ich vplyv na zdravie, výkonnosť a pohodu človeka. *Emisie a hluk v plynárenstve*. 2005, 5, s. 22-25.
- [27] Snižování hluku a protihluková opatření. In: Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. 2005 [cit. 2015-03-26]. ISSN 1725-7018. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/publications/factsheets/5>
- [28] MORAVEC, Tomáš. Poškození sluchu: Jak hluk poškozuje sluch?. *Ochranasluchu.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.ochranasluchu.cz/informace/poskozeni-sluchu.html>
- [29] Prevence a ochrana před hlukem. *Státní zdravotní ústav* [online]. 2009 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/prevence-a-ochrana-pred-hlukem>
- [30] KURSA, Jaroslav. *Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 1998, 200 s. ISBN 80-213-0419-7.
- [31] NOVÝ, Richard a Miroslav KUBERA. *Snižování hluku a vibrací* [online]. Evropský sociální fond. Praha, 2009 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z:

http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/Novy_Kucera_Snizovani_hluku_a_vibraci.pdf

[32] Snižování hluku možnými úpravami ohrubné vrstvy vozovky. *Silnice - Železnice* [online]. 2010 [cit. 2015-03-23]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/snizovani-hluku-moznymi-upravami-obrusne-vrstvy-vozovky>

[33] HELA, Rudolf. Přehled vlastností pohltivých protihlukových stěn na českém trhu. *Casopis stavebnictví* [online]. Brno: EXPO DATA spol. s.r.o, 2010 [cit. 2015-03-23]. ISSN 1802-2030. Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/prehled-vlastnosti-pohltych-protihlukovych-sten-na-ceskem-trhu_N3475

[34] FARNHAM, Julie a Edward BEIMBORN. NOISE BARRIER DESIGN GUIDELINES. *Center for Urban Transportation Studies* [online]. Milwaukee: University of Wisconsin, 1990 [cit. 22.3.2015]. Dostupné z: <https://www4.uwm.edu/cuts/noise/noiseb.htm>

[35] Role vegetace při snižování hluku ze silniční dopravy. *Silnice - Železnice* [online]. 2010 [cit. 2015-03-23]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/role-vegetace-pri-snizovani-hluku-ze-silnicni-dopravy>

[36] CELJAK, Ivo, Jaroslav BOHÁČ a Pavel KOHOUT. *Význam cílené pěstování rychle rostoucích topolových porostů v krajině: v deská monografie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2008, 44 s. ISBN 978-80-7394-140-6.

[37] Snižování hluku strojních zařízení: Absorpční akustické panely. *Eurofoam: Technické panely* [online]. Brno, 2010 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: http://www.eurofoam-tp.cz/snizeni-hluku-strojnich-zarizeni.php?utm_source=topkontakt-partner&utm_medium=topkontakt

[38] Zvuková izolace strojů. *JVM metal s.r.o.: Kovovýroba* [online]. 2012 [cit. 2015-03-23]. Dostupné z: <http://www.jvmmetal.cz/?kovovyroba=11&podsekce=2&langue=cz>

[39] CENIA. *ZPRÁVA O ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY 2013* [online]. Praha, 2014 [cit. 2015-03-22]. ISBN 978-80-85087-19-2. Dostupné z:

http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Zprava_o_zivotnim_prostredii_Ceske_republiky_2013.pdf

[40] **BASRUR**, Sheela V. *Health Effects of Noise*. City of Toronto Community and Neighbourhood Services Toronto Public Health Promotion and Environment Protection Office, 2000. [cit. 2015-03-26]. Dostupné z:

<http://greylit.pbworks.com/f/Health+Effects+of+Noise+2000.pdf>

[41] **ŠOCH**, Miloslav. *Vliv prost edí na vybrané ukazatele pohody skotu: [v deká monografii]*. 1. vyd. eské Bud jovice: Jiho eská univerzita v eských Bud jovicích, Zem d lská fakulta, 2005, 287 s. ISBN 80-704-0742-5.

[42] **BROOM**, Donald M. Indicators of poor welfare. *British veterinary journal*, 1986, 142.6: 524-526.

[43] **DOLEŽAL**, Old ich, Miloslav **BÍLEK** a Jan **DOLEJŠ**. *Zásady welfare a nové standardy EU v chovu skotu*. Praha: Výzkumný ústav živo išné výroby, 2004, 70 s., 16 s. barev. obr. p íl. Metodická p íru ka pro poradce. ISBN 80-864-5451-7.

[44] **HULEŠ**, Ludvík: *Vrby a topoly v ochran životního prost edí proti hluku*. *Biom.cz* [online]. 2006-12-18 [cit. 2015-03-22]. ISSN: 1801-2655. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vrby-a-topoly-v-ochrane-zivotniho-prostredii-proti-hluku>

[45] Vyhláška . 523/2006 Sb.: o hlukovém mapování. In: *Ministerstvo zdravotnictví*. 2006. Dostupné z:

<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=63182&nr=523~2F2006~20Sb.&ft=pdf>

[46] Na ízení vlády . 9/2002 Sb.: kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku. In: *Ministerstvo životního prost edí*. 2001.

Dostupné z:

<http://portal.gov.cz/app/zakony/download?idBiblio=52530&nr=9~2F2002~20Sb.&ft=pdf>

[47] Zákon . 505/1990 Sb.: o metrologii. In: *Ministerstvo pr myslu a obchodu*.

1990. Dostupné z: <http://download.mpo.cz/get/47593/53703/594938/priloha001.doc>

[48] SN EN ISO 9612. *Akustika – Ur ení expozice hluku na pracovišti*. Praha: eská akustická společnost, 2009.

[49] Zákon . 100/2001 Sb.: o posuzování vlivů na životní prostředí. In: *Ministerstvo životního prostředí*. 2001. Dostupné z:

[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8A12B8F25817A234C125729D0039D956/\\$file/Z%20100_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8A12B8F25817A234C125729D0039D956/$file/Z%20100_2001.pdf)

[50] OHLIGER, Tina. Znečištění ovzduší a hluk. In: *O Parlamentu: Fakta a čísla o Evropské unii* [online]. 2014 [cit. 2015-03-22]. Dostupné z:

http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/cs/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.4.6.html

[51] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/88/ES ze dne 14. prosince 2005, o sblížení právních předpisů členských států týkajících se emisí hluku zařízením, která jsou určena k použití ve venkovním prostoru, do okolního prostředí. In: EUR-Lex [právní informační systém]. Úřad pro publikace Evropské unie [cit. 22. 3. 2015]. Dostupné z: [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0044:0046:CS:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0044:0046:CS:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:344:0044:0046:CS:PDF)

[52] SEZNAM.CZ, a.s. *Mapy.cz* [online]. 1996– [cit. 2015-04-19]. Dostupné z:

<http://www.mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8>

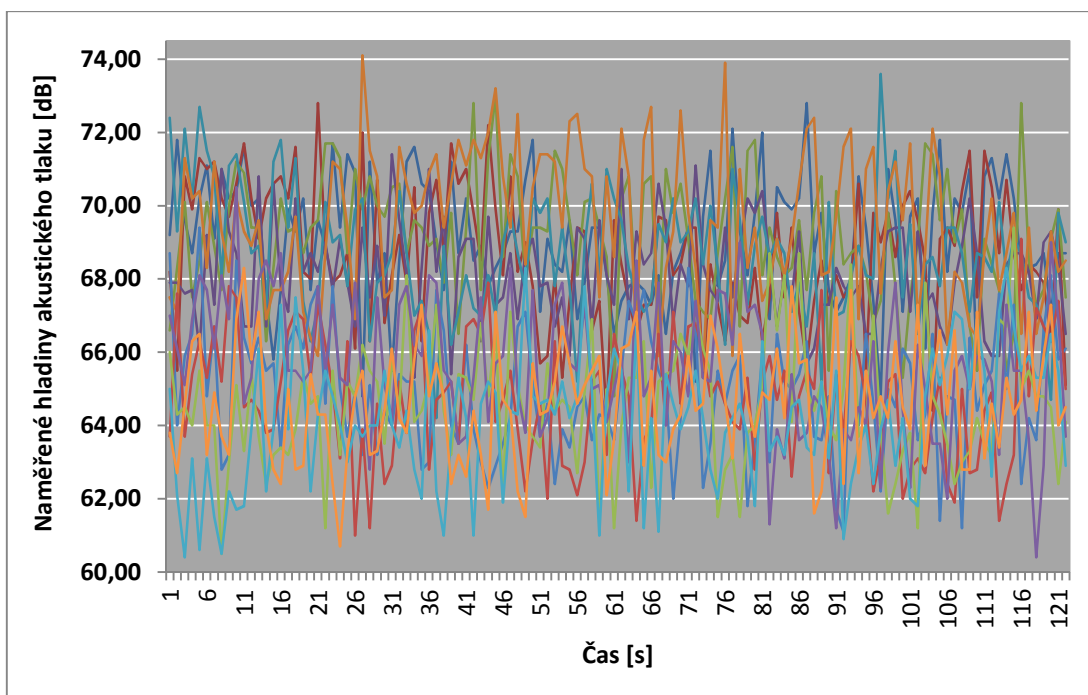
[53] ESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ. *Základní mapy ČR*

[online]. 2014 [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>

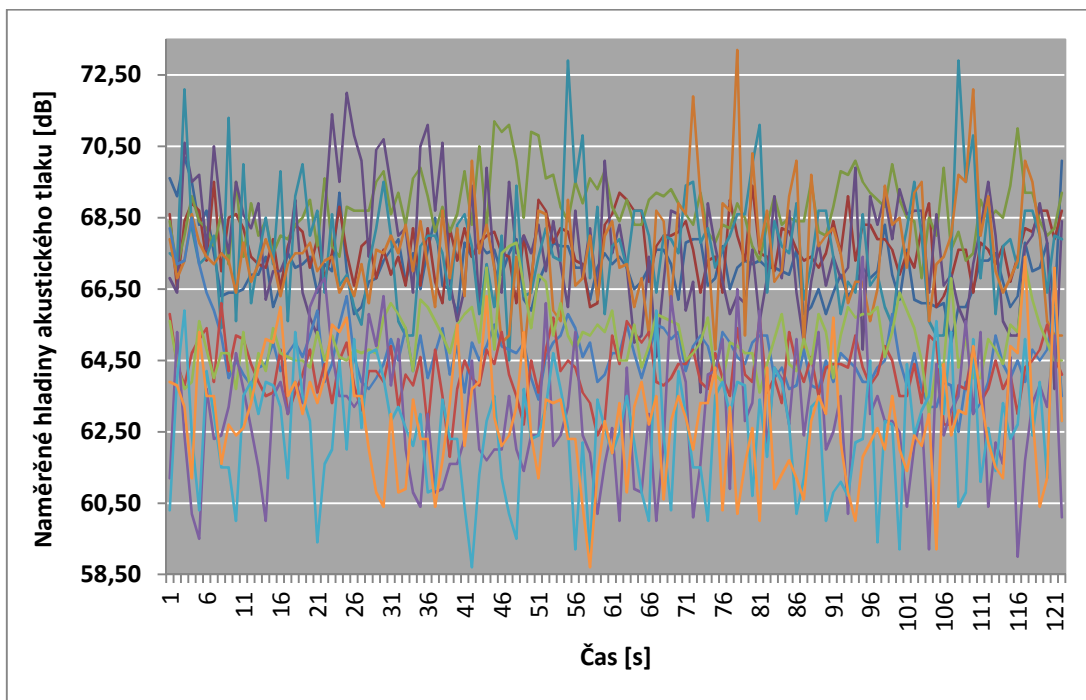
9. P ÍLOHY



Obrázek 25 – Dílna



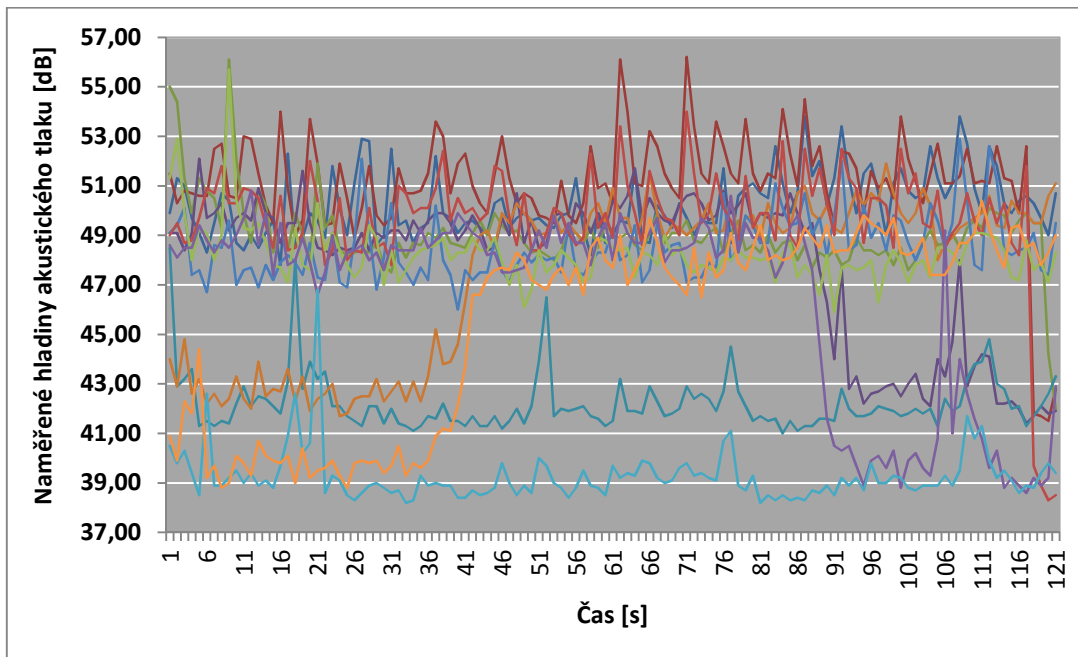
Graf 11 – U sušičky v období bez vegetace – jednotlivá měření



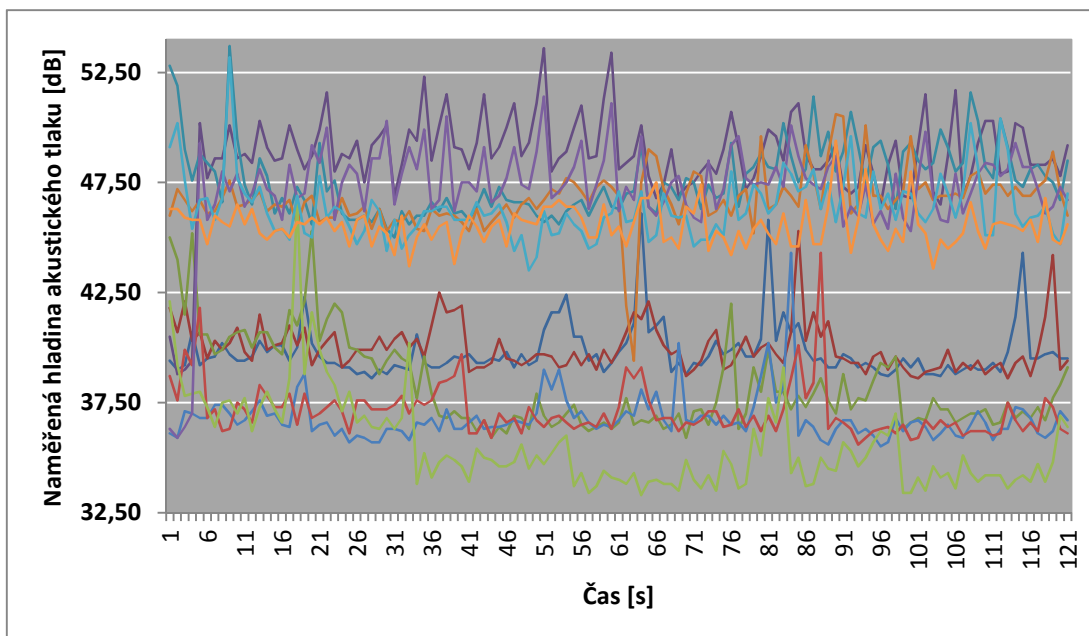
Graf 12 – U sušičky v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 26 – Pohled z měřicího stanoviště na sušičku



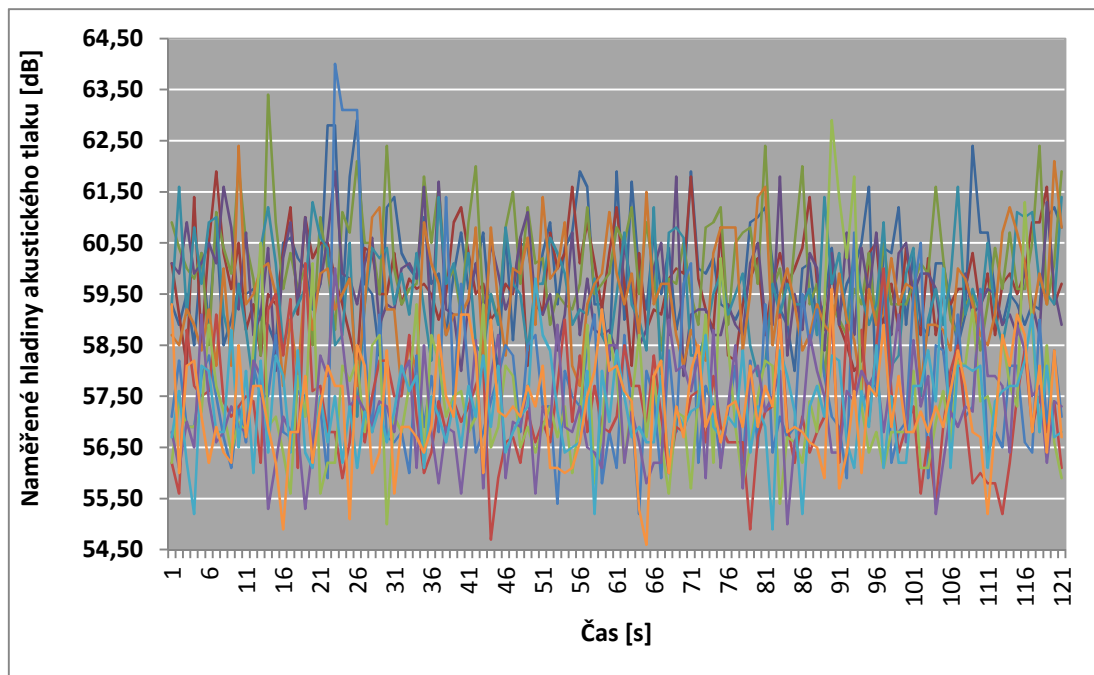
Graf 13 – Za dílnou v období bez vegetace – jednotlivá měření



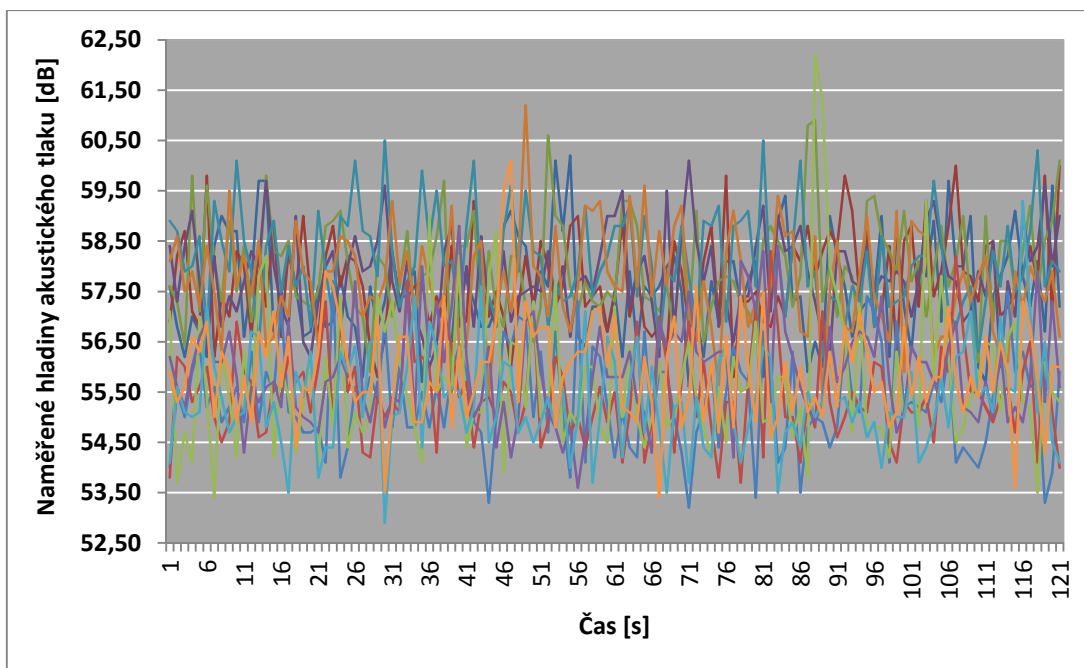
Graf 14 – Za dílnou v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 27 – Vegetace na stanovišti za dílnou



Graf 15 – U fermentoru v období bez vegetace – jednotlivá měření



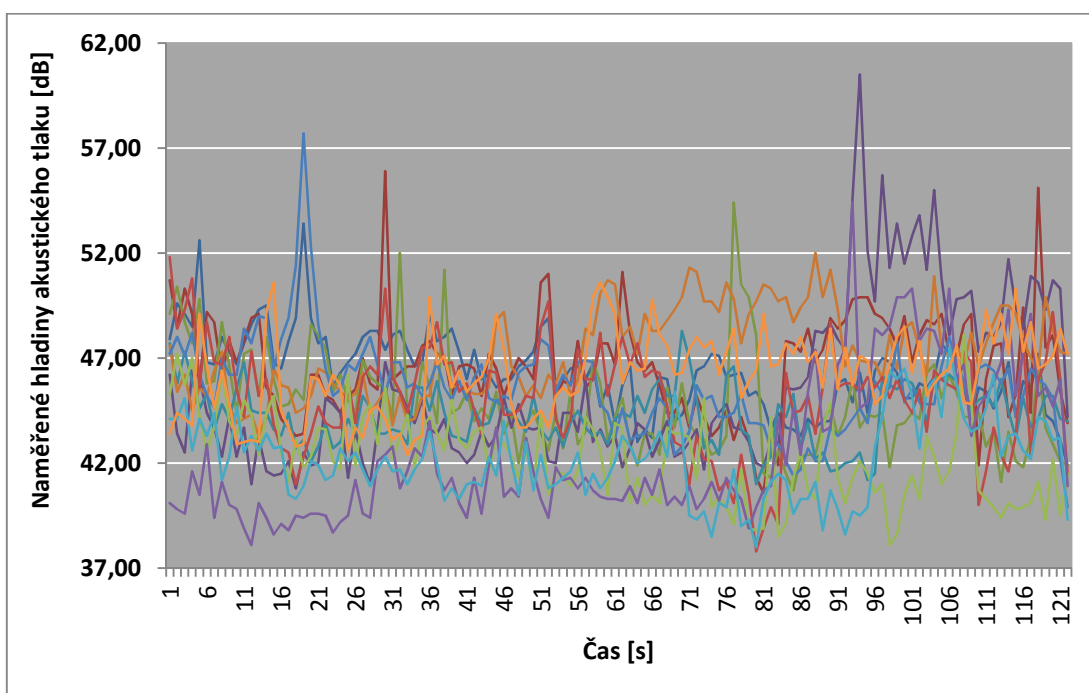
Graf 16 – U fermentoru v období s vegetací – jednotlivá měření



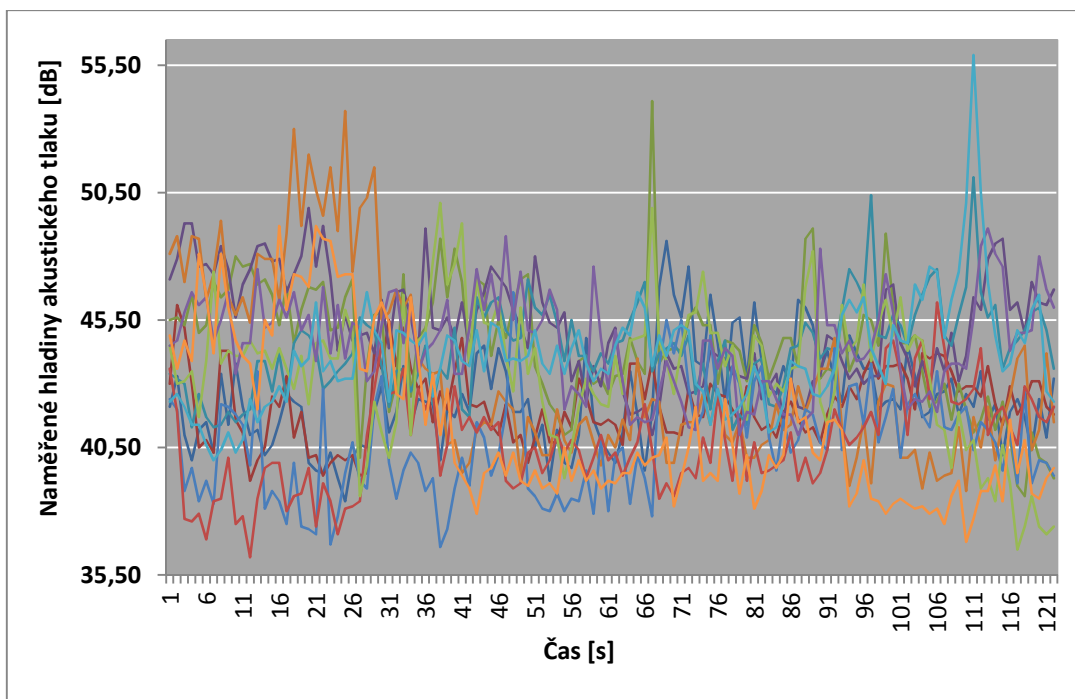
Obrázek 28 – Vegetace na stanovišti u fermentoru



Obrázek 29 – Pohled z měřicího stanoviště na fermentor



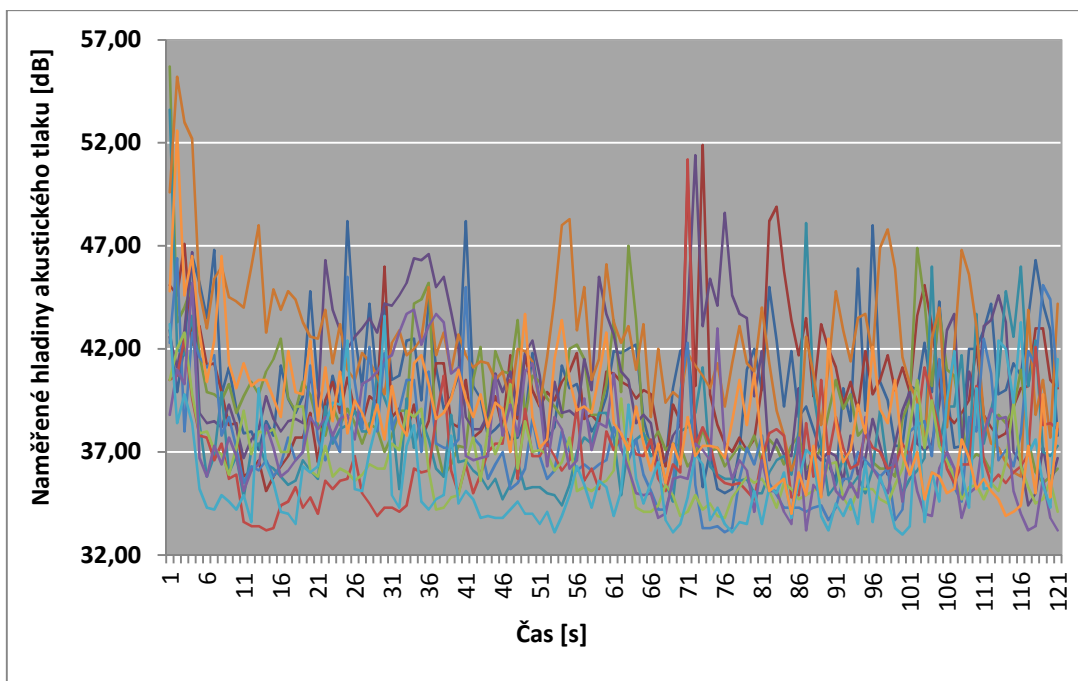
Graf 17 – U silážní jámy v období bez vegetace – jednotlivá měření



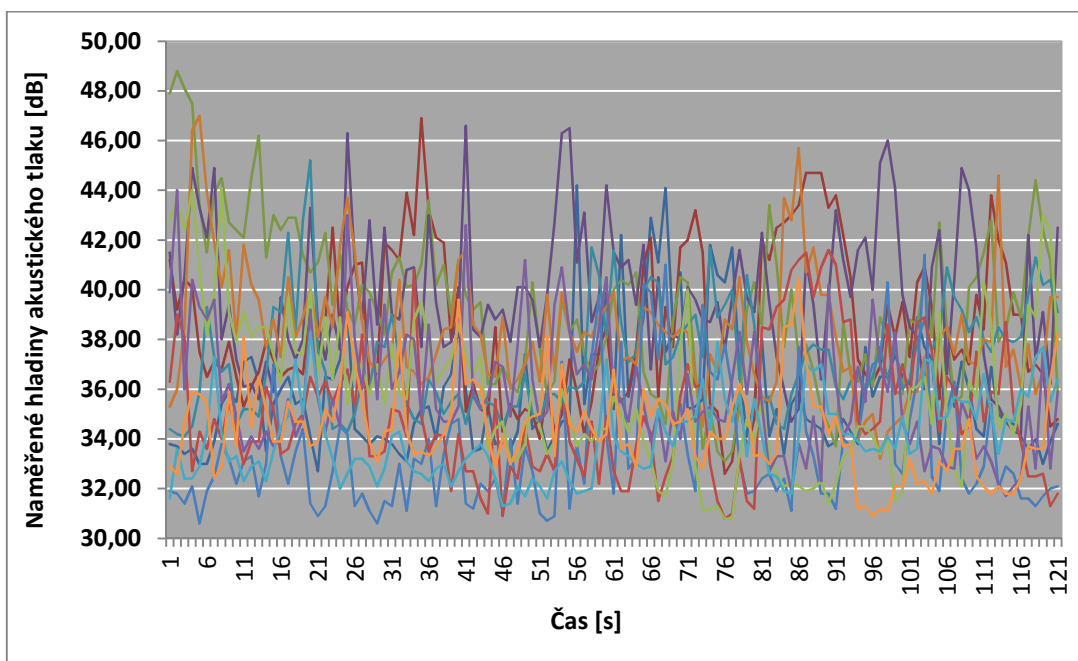
Graf 18 – U silážní jámy v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 30 – Pohled z měřeného stanoviště u silážní jámy



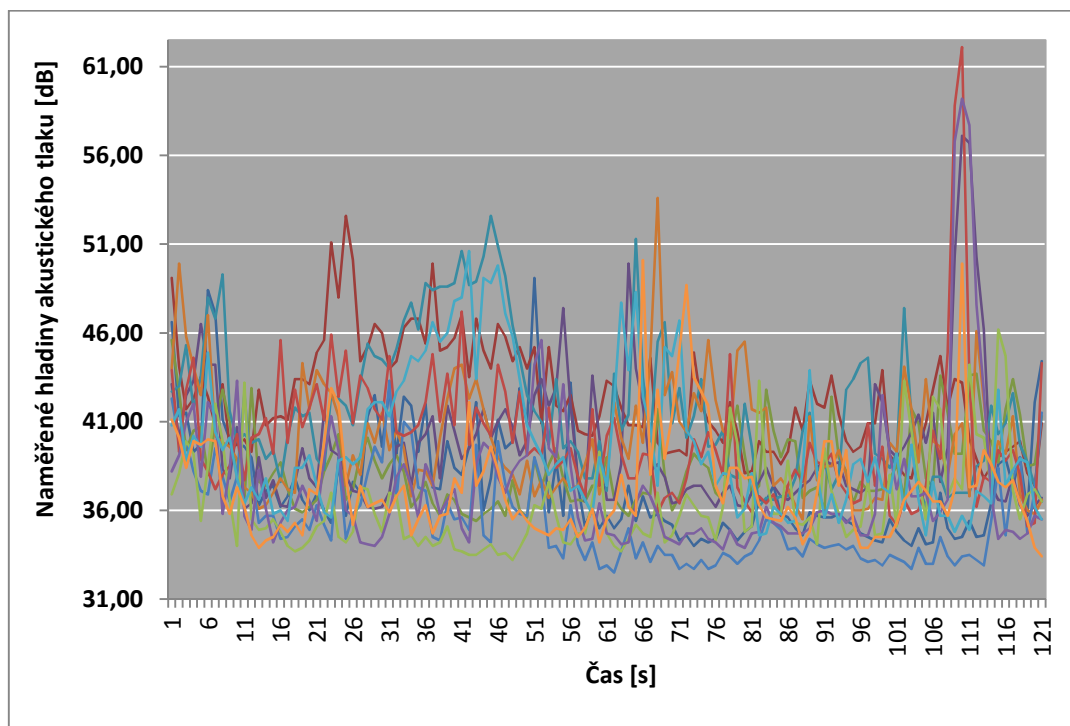
Graf 19 – U odchovy v období bez vegetace – jednotlivá měření



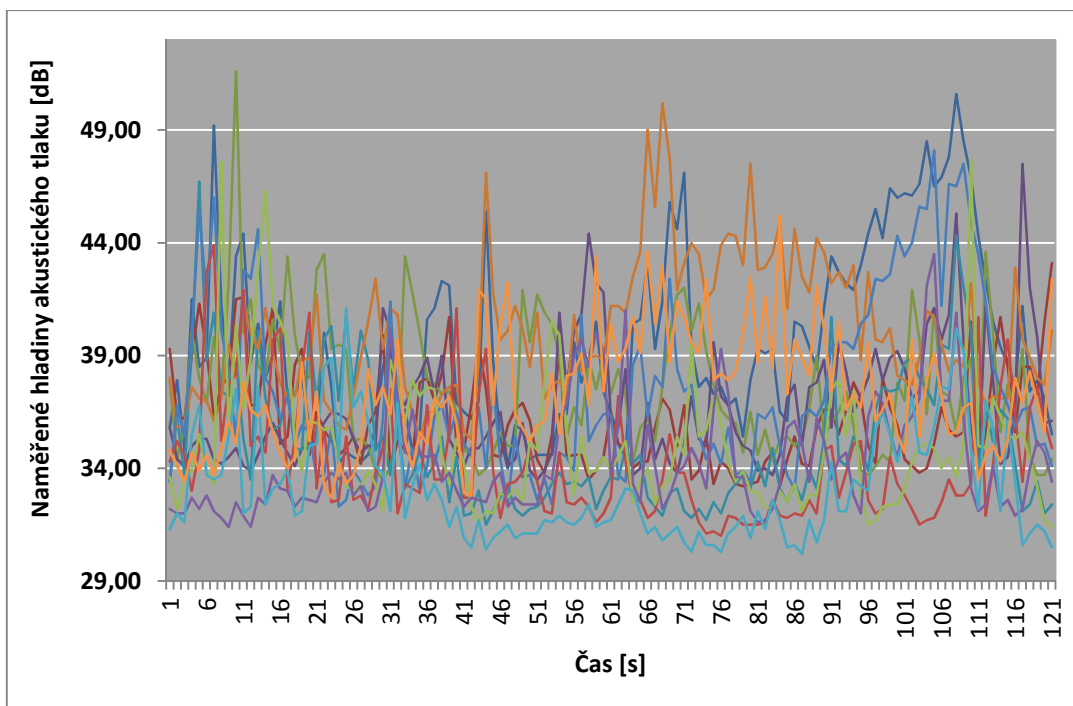
Graf 20 – U odchovy v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 31 – Pohled z měřicího stanoviště na odchovnu



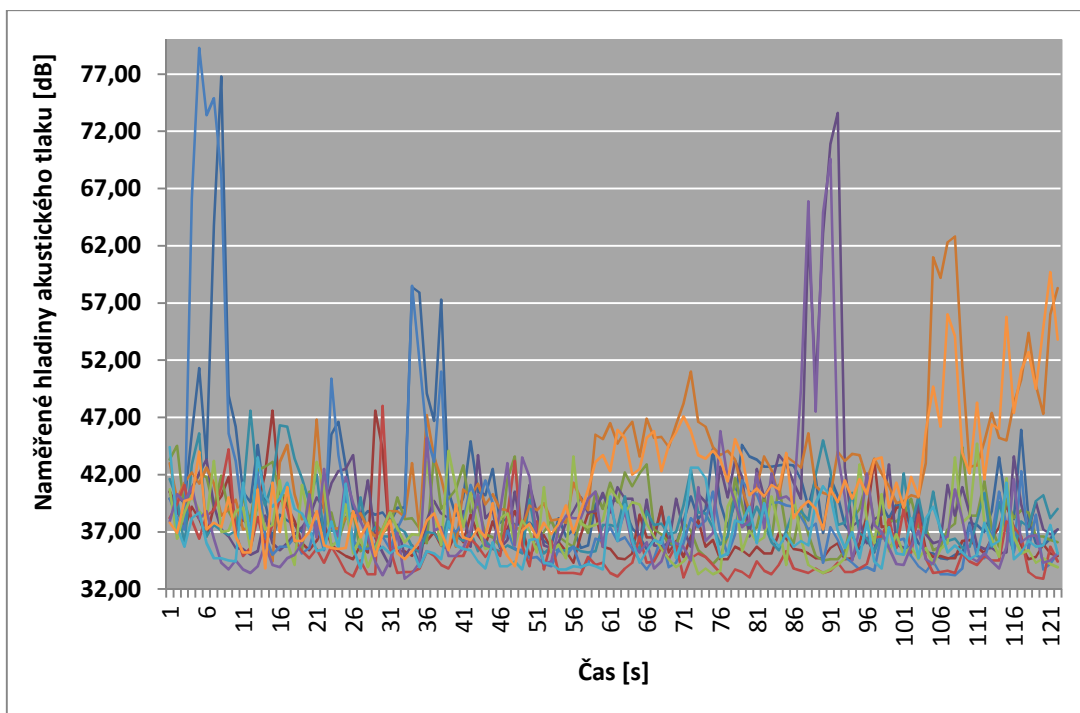
Graf 21 – Za smrky v období bez vegetace – jednotlivá měření



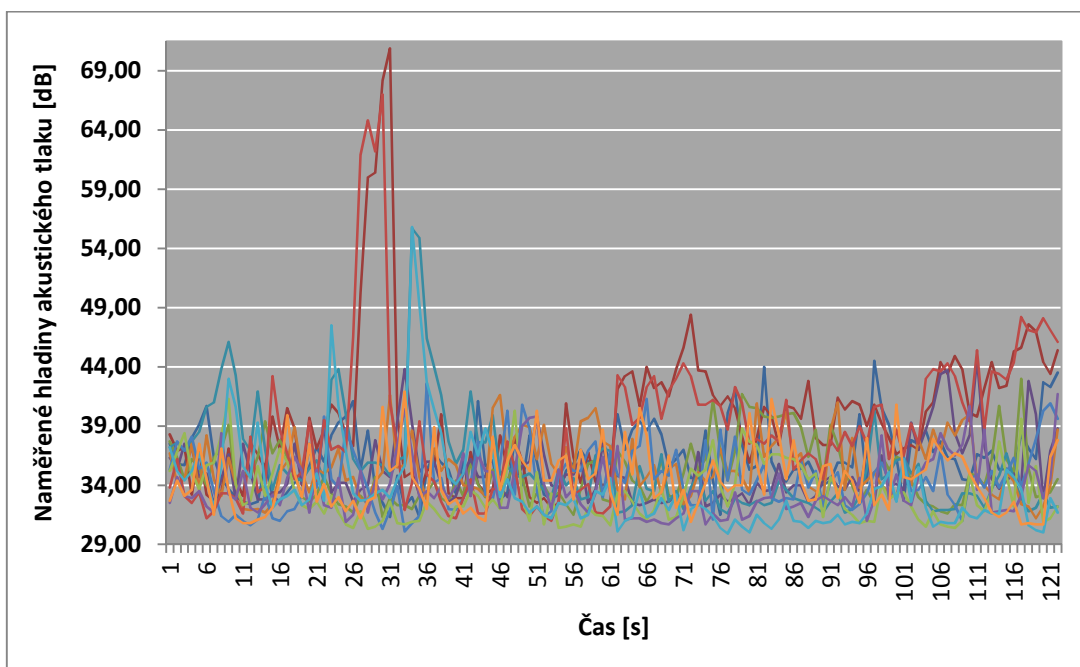
Graf 22 – Za smrky v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 32 – Pás smrků u stanoviště za smrky



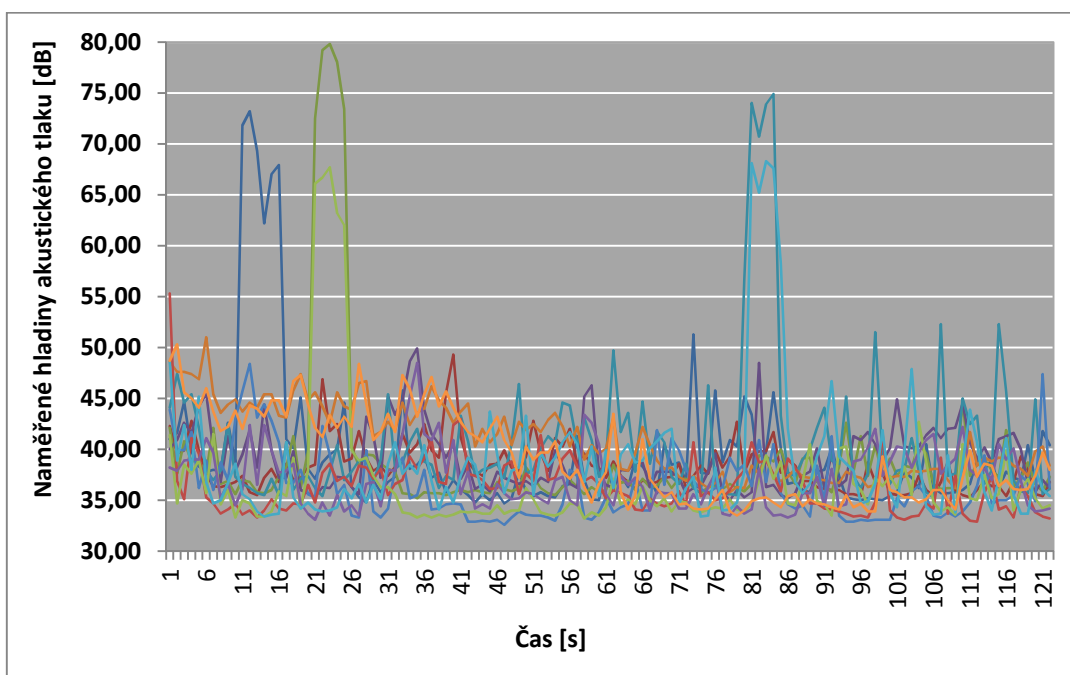
Graf 23 – U garáží v období bez vegetace – jednotlivá měření



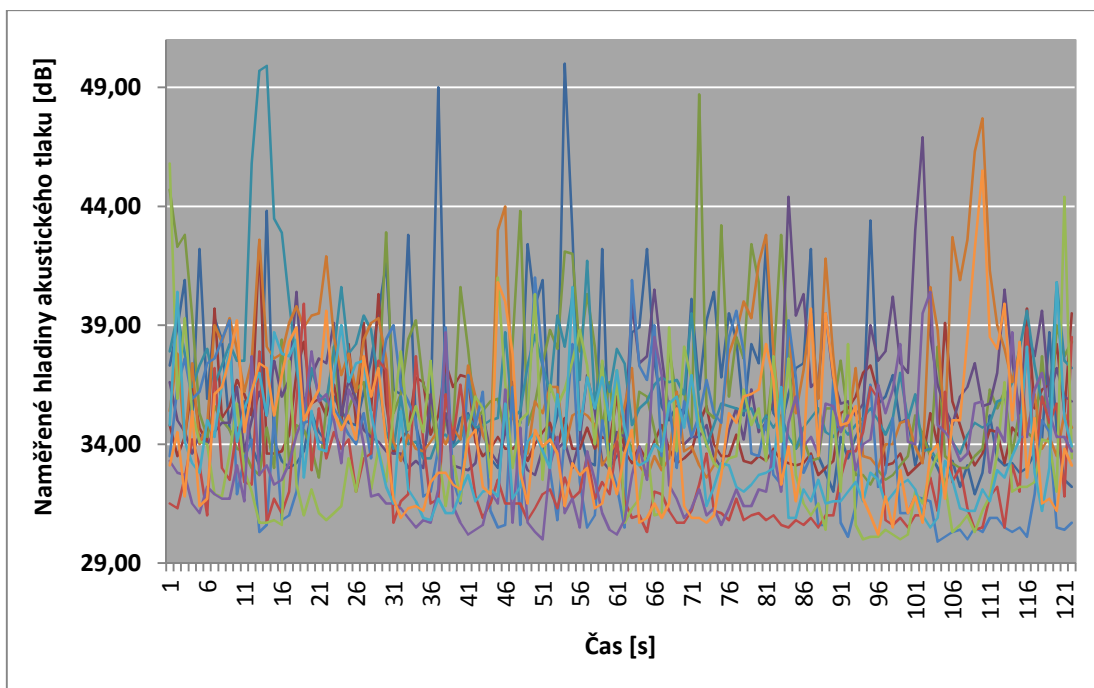
Graf 24 – U garáží v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 33 – Pohled na měřené stanoviště u garáží



Graf 25 – U teletníku v období bez vegetace – jednotlivá měření



Graf 26 – U teletníku v období s vegetací – jednotlivá měření



Obrázek 34 – Pohled z měřného stanoviště u teletníku



Obrázek 35 – „Komíny“ zem d lského družstva