

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

**Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Zemědělská technika, obchod, servis a služby  
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Petr Bartoš, Ph.D.**

**Bakalářská práce**

**Šíření akustického tlaku od statického zdroje  
zvuku**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.  
Autor bakalářské práce: Jan Kamarýt

České Budějovice, 2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KAMARÝT**  
Osobní číslo: **Z12184**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Šíření akustického tlaku od statického zdroje zvuku**  
Zadávací 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 práci proveďte literární rešerši na téma hluk, jeho vznik, šíření a škodlivé působení na lidský organizmus, jeho měření a hodnocení.

V praktické části práce proveďte měření imisních hladin akustického tlaku u zvoleného statického zdroje.

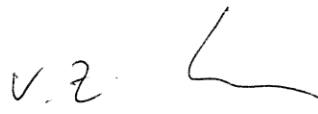
Zaměřte se na:

1. Charakteristiku měřeného stroje (technické parametry, stáří stroje, umístění apod.).
2. Měření hladin akustického tlaku  $L_A$  v pracovním místě obsluhy a mapování hlukové zátěže v určitých vzdálenostech od stroje při jeho pracovní činnosti.
3. Výpočet ekvivalentních hladin  $L_{Aeq}$  a určení hlukové zátěže obsluhy pro osmihodinovou pracovní dobu.
4. Porovnání vypočítaných ekvivalentních hladin  $L_{Aeq}$  s přípustnými hygienickými limity, případný návrh protihlukových opatření na zlepšení současného stavu.

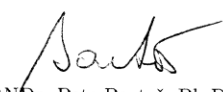
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**  
Seznam odborné literatury:

Lamancusa, J. S. Noise Control. Transmission of sound through structures. Penn State , 2000;  
Nový, R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009;  
Smetana C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Sdělovací technika, Praha, 1998;  
Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuele Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen, 2008;  
Akustika : Měření hluku. In Mereni\_hluku.pdf  
[http://www.337.vsb.cz/materialy/experimentalni\\_mechanika/mereni\\_hluku.pdf](http://www.337.vsb.cz/materialy/experimentalni_mechanika/mereni_hluku.pdf) ;  
Jandák, Z.: Hluk v pracovním prostředí. In Hluk v pracovním prostředí, 2007  
<http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi> ;  
ČSN ISO 9612 (2000) Akustika - směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví a další příslušná legislativa pro měření a hodnocení hluku.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marie Šístková, CSc.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2014**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**

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

  
JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

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

V Českých Budějovicích dne 18. března 2014

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s využitím informací z literatury, jejíž seznam je součástí této práce a je uveden v kapitole Seznam citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, 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 .....

.....

Podpis autora

**Poděkování:**

Zde bych rád vyjádřil poděkování zemědělskému družstvu Čechtice za umožnění měření. Dále děkuji Ing. Milanu Kamarýtovi za cenné rady při zpracování měření a nakonec bych chtěl poděkovat Ing. Marii Šístkové, CSc. za ochotu a připomínky k této bakalářské práci.

**Abstrakt:**

Pro měření akustického tlaku od statického zdroje zvuku jsem zvolil ovinovací stroj umístěný v bramborovém skladu Zemědělského družstva Čechtice. V bakalářské práci jsem se nejprve věnoval popisu tohoto ovinovacího stroje. Dále pak popisuji celý balící proces pro lepší představu činnosti stroje a pro představu vzniku akustických emisí kolem stroje. První část měření byla zaměřena na měření hladin akustického tlaku v okolí stroje a v místě obsluhy. Druhá část měření pak probíhala po osmihodinovou pracovní dobu v místě obsluhy a na dalších místech. Z těchto hodnot jsem vypočítal ekvivalentní hodnoty hladiny hluku a ty pak porovnal s hygienyckými limity. Z porovnání mi vyšlo, že stroj hlukovou zátěž nepřekračuje a není tak nutné podstupovat kroky ke snižování hluku a ani používání osobních ochranných pomůcek jako jsou sluchátka.

**Klíčová slova:**

hluk, zvuk, ovinovací stroj, ekvivalentní hladina hluku

**Abstract:**

I chosed a packing machine as a static source of the sound for my mesurement of sound pressure. The machine was located in a potato warehouse owned by Agricultural company of Čechtice. At the first time I described the packing machine and then I described the entire packing process for better imagination how this machine works and where were the acoustic emissins coming from. The first practical part of this thesis was measuring sound preassure levels near around the machine and at the operator position. The second part of measuring was at the operator position and in some other places. This measurement took eight hours in each spot. Then I calculated equivalent values from the numbers and I measured and compared them with hygienic limits. I found out that there was no need to take steps to reduce noise, because the machine didn't exceed the noise level.

**Key words:**

noise, sound, packing machine, equivalent noise level

# Obsah

1	ÚVOD.....	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	10
2.1	Zvuk.....	10
2.1.1	Definice zvuku.....	10
2.1.2	Šíření zvuku.....	10
2.1.3	Vlivy prostředí na šíření zvuku.....	11
2.1.4	Zdroje zvuku.....	13
2.2	Hluk.....	14
2.2.1	Definice hluku.....	14
2.2.2	Vznik hluku.....	15
2.2.3	Zdroje hluku.....	15
2.2.4	Typy hluku.....	16
2.2.5	Měření hluku.....	17
2.3	Veličiny.....	18
2.3.1	Decibel.....	18
2.3.2	Kmitočet.....	18
2.3.3	Vlnová délka.....	18
2.4	Škodlivé působení hluku na lidský organismus.....	19
2.4.1	Zdravotní aspekty hluku.....	19
2.4.2	Hluk jako faktor působící na člověka podle Lehmana.....	20
2.4.3	Vliv hluku na některé činnosti.....	21
2.4.4	Vliv hluku na spánek.....	22
2.4.5	Vliv na celkový zdravotní stav a nemocnost.....	23
2.5	Snižování hluku a protihluková opatření.....	23
2.5.1	Hodnocení rizik.....	23
2.5.2	Preventivní opatření.....	24
3	CÍL PRÁCE.....	26
4	METODIKA.....	27
4.1	Použité přístroje.....	27
4.2	Charakteristika měřeného stroje.....	27
5	MĚŘENÍ HLADIN HLUKU.....	29
5.1	Výběr normy.....	29

5.2	Postup měření .....	29
5.3	Místo měření .....	29
5.4	Časový rozvrh měření .....	31
5.5	Postup zpracování naměřených dat.....	31
5.6	Použité vzorce.....	31
5.7	Naměřené a vypočítané hodnoty.....	32
5.8	Hodnoty hladin akustického tlaku .....	32
6	URČOVÁNÍ EKVIVALENTNÍCH HLADIN HLUKU.....	35
6.1	Postup měření .....	35
6.2	Určení ekvivalentních hladin hluku .....	35
6.3	Porovnání hladin s přípustnými hygienickými limity.....	37
6.4	Návrh protihlukových opatření .....	39
7	ZÁVĚR .....	40
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	41



# 1 ÚVOD

Zvuk a hluk nás doprovází od počátku lidí. Zvuk je jeden ze smyslů a pro jeho vnímání nám slouží sluch. Pomocí něj jsme schopni komunikovat s ostatními lidmi, pomáhá nám orientovat se v prostoru a varuje nás před případným nebezpečím. Nadbytek zvuku v nevhodné intenzitě označujeme jako obtěžující až škodlivý. Tyto zvuky nazýváme hluky.

Zvuk nás může ovlivňovat negativně i pozitivně. V dnešní době převažuje spíše negativní účinek zvuku a hlavně hluku. To je zapříčiněno vzrůstajícím průmyslem, mezi nímž a hlukem je přímá úměrnost. Člověk je od přírody tvor líný a tak místo sebe nechává čím dál víc pracovat stroje jak v práci, tak i v domácnosti.

Většina hluku, se kterým se dnes setkáváme, není bezprostředně nebezpečná a nezapříčiňuje bolesti nebo přímé poruchy. Je třeba také říci, že pro někoho může být vystavení velmi hlasité hudbě příjemné. Jedná se o subjektivní posouzení člověka, které záleží na jeho věku, momentální náladě atd. Dlouhodobé vystavení nadměrnému hluku však může vést až ke snížení citlivosti sluchu i případně k jeho úplné ztrátě. Jednou z hlavních vlastností zvuku a tedy i hluku je, že se může šířit téměř všemi skupinami látek.

## 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### **2.1 Zvuk**

Mechanickým vlněním v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat sluchový vjem a šíří se v něm konečnou rychlostí se nazývá zvuk. Frekvence tohoto vlnění, které je člověk schopen vnímat, jsou značně individuální a leží v intervalu přibližně 16 Hz až 20 000 Hz. [1]

#### **2.1.1 Definice zvuku**

Zvuk je mechanické vlnění v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat sluchový vjem. Část zvuků se projevuje jako slyšitelný zvuk. Frekvence tohoto vlnění, které je člověk schopen vnímat, jsou značně individuální (závisí mj. na věku) a leží v intervalu přibližně

16 Hz až 20 000 Hz. Zvuky mimo toto pásmo neslyšíme, přesto jsme je schopni vnímat a mohou mít i nepříznivý vliv na zdraví či psychiku. Zvuky pod slyšitelnou hranicí (0,7-16 Hz) označujeme jako infrazvuk (je schopen rozvibrovat celý povrch těla či bránici), zvuky nad slyšitelnou hranicí (do 50 000 Hz) jako ultrazvuk. [2]

#### **2.1.2 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/průchodem překážkou 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. Přičemž podle charakteru zvukových vln rozlišujeme pole rovinné, kulové a difuzní (obecné, tvořené vlnami různých tvarů).

Při šíření zvuku v prostředí s překážkami (skutečné prostředí), dochází při dopadu zvukové vlny na některou překážku k mnoha jevům, při které 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. [3]

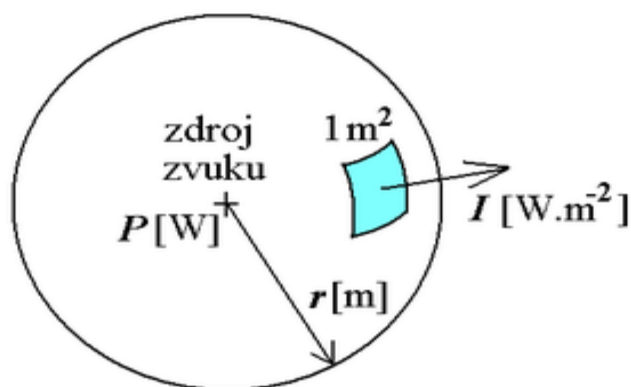
**Tabulka 1 – Šíření zvuku v různých látkách [4]**

Název látky	Vzduch	Kyslík	Vodní pára	Vodík	Benzín	Voda	Ocel	Sklo	Cihly
Rychlost šíření [m.s <sup>-1</sup> ]	343	316	404,8	1284	1170	1440	5000	5200	3600

### 2.1.3 Vlivy prostředí na šíření zvuku

#### Šíření zvuku ve volném prostředí

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



**Obrázek 1 – Šíření zvuku od bodového zdroje [2]**

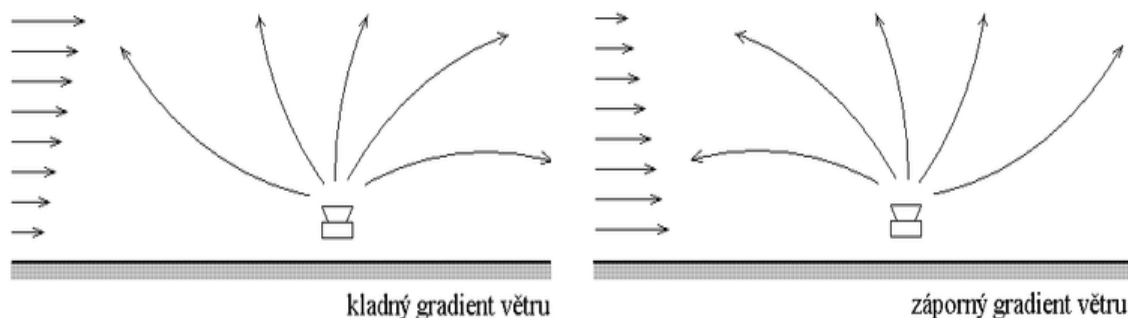
#### Šíření zvuku v uzavřeném prostoru

V uzavřeném prostoru (v místnosti) dochází k odrazu akustické energie od stěn, stropu a podlahy 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 překážku 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  $P_i$  [W], která projde stěnou a je vyzářena do vedlejšího prostoru. [2]

### Útlum zvuku vlivem gradientu větru

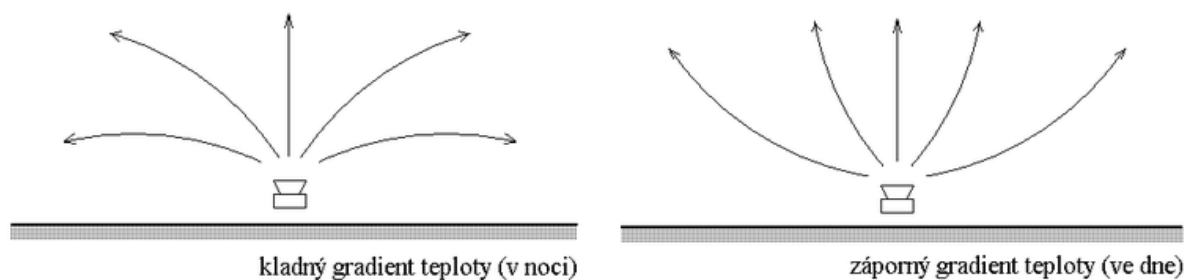
Samotný vítr, tj. skutečnost, že vzduchová hmota se pohybuje, nemá na šíření zvuku vliv, protože rychlost větru je vždy řádově nižší oproti rychlosti zvuku. Šíření zvuku však může být ovlivněno gradientem rychlosti větru tj. změnou rychlosti v závislosti na výšce nad terénem. Při kladném gradientu (viz obrázek 2), tj. je-li rychlost ve vyšších vrstvách atmosféry vyšší, se ve směru proti větru zvukové vlny ohýbají od zemského povrchu tak, že nízko nad terénem vzniká akustický stín. Ve směru po větru se zvukové vlny ohýbají naopak k zemskému povrchu, což může být příčinou zesílení přenosu zvuku. Při záporném gradientu (viz obrázek 2) rychlosti větru je tomu naopak. Kolmo na směr větru se útlum ani zesílení přenosu zvuku neprojevují. [5]



**Obrázek 2** – Útlum zvuku vlivem zvukového gradientu [5]

### Útlum zvuku vlivem gradientu teploty

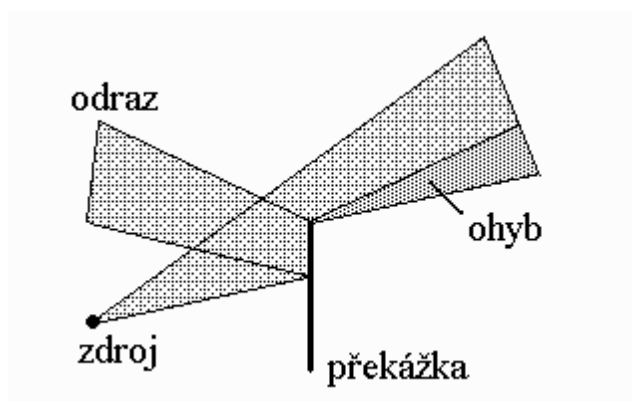
Rychlost zvuku se zvyšuje s teplotou. Účinek gradientu teploty je proto podobný účinku gradientu větru. Při kladném gradientu (viz obrázek 3) teploty obvykle v noci, tj. je-li teplota ve vyšších vrstvách atmosféry vyšší, než u zemského povrchu, se zvukové vlny ohýbají směrem k zemskému povrchu a může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



**Obrázek 3** – Útlum zvuku vlivem gradientu teploty [6]

#### Útlum zvuku ohybem přes překážku

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, tedy i pro vlnění elektromagnetické včetně světla, a právě pro světlo byly tyto zákonitosti nejdříve popsány. [7]



**Obrázek 4** – Šíření zvuku přes překážku [7]

#### **2.1.4 Zdroje zvuku**

Zdroj zvukového vlnění se stručně nazývá zdroj zvuku a hmotné prostředí, ve kterém se toto vlnění šíří, jeho vodič. Vodič zvuku, obvykle vzduch, zprostředkuje spojení mezi zdrojem zvuku a jeho příjemcem (detektorem), kterým bývá v praxi 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 zářičem zvuku. Tato jeho vlastnost závisí hlavně na jeho geometrickém tvaru. Struna napnutá mezi dvěma pevnými body není dobrým zářičem 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 s opačnou fází, 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 kmity i tělesa kmitající kmity vynucenými. K nim patří např. ozvučnice mnohých hudebních nástrojů, reproduktory, sluchátka a další zařízení pro generování nebo reprodukci zvuku. [1]

## **2.2 Hluk**

Hluk, škodlivý nebo rušivý zvuk, vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti při provozu strojních zařízení používaných v řadě průmyslových oborů. Dlouhodobá expozice nadměrnému hluku vede k trvalému poškození sluchu. Závažné však jsou i mimo sluchové účinky hluku. [8]

### **2.2.1 Definice hluku**

Za hluk označujeme jakýkoliv škodlivý, rušivý nebo pro člověka nepříjemný zvuk. Z fyzikálního hlediska představuje zvuk mechanické vlnění pružného prostředí v kmitočtovém rozsahu normálního lidského sluchu od 16 Hz do 20 kHz. Zvuk se šíří od zdroje prostřednictvím vln přenášejících akustickou energii. Zvuk v pásmu kmitočtů od 16 Hz do 40 Hz považujeme za nízkofrekvenční a od 8 do 20 kHz za vysokofrekvenční. Akustické kmitání o kmitočtu nižším než 16 Hz označujeme za infrazvuk a zvuk o kmitočtu nad 20 kHz za ultrazvuk. Při posuzování hluku se nejčastěji zabýváme hlukem, který se šíří vzduchem od zdroje. Subjektivně rozeznáváme hlasitost, výšku a barvu zvuku. Podle časového průběhu rozdělujeme zvuk na ustálený, proměnný, přerušovaný nebo impulsní. [8]

### **2.2.2 Vznik hluku**

Hluk vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti při provozu jakéhokoliv stacionárního nebo mobilního strojního zařízení používaného v řadě průmyslových oborů (např. strojírenství, hutnictví, hornictví), dopravě, zemědělství atd. Vhodným příkladem zdrojů hluku mohou být strojní zařízení a ruční nářadí s pneumatickým, hydraulickým nebo elektrickým pohonem, nebo stroje či dopravní prostředky vybavené vlastním spalovacím motorem. Přitom je nutné rozlišovat hluk daný provozem pohonné jednotky a hluk z vlastní technologie pracovní činnosti. Například při práci s bouracím kladivem, bruskou či nastřelovací pistolí můžeme rozlišit technologický hluk vyplývající z interakce nástroje a opracovávaného materiálu od samotného hluku pohonného agregátu, který bývá deklarován na štítku zařízení na základě výsledků typové zkoušky. Je také zřejmé, že při obsluze shodného strojního zařízení můžeme v závislosti na podmínkách prostředí zjistit podstatné rozdíly v expozici hluku. [8]

### **2.2.3 Zdroje hluku**

Hluková zátěž naší populace je způsobena přibližně ze 40 % z pracovního prostředí a z 60 % z mimopracovního prostředí. Hlavním zdrojem hluku v mimopracovním prostředí je doprava, dále se uplatňuje hluk související s bydlením a s trávením volného času. Ve městech je převažujícím hlukem mimopracovním hluk dopravní (75-85 %), kde na hlavních dopravních tazích dosahuje hladin 70-85 dB. Ve stavbách jsou stížnosti obyvatel obvykle směřovány na vnitřní zdroje (výtahy, kotelny, trafostanice, vytápění, chlazení, větrání) a sousedský hluk (hlasité projevy obyvatel, reprodukční zvuková zařízení, provoz koupelen, WC, kanalizace, chladniček, digestoří, etážových kotlů apod.), ale objektivně nejzávažnější je podíl hluku přicházející zvenčí. V pracovním prostředí je vývoj hlukové situace komplikovaný, některé technologie jsou značně hlučné a patří mezi ně ruční mechanizované nářadí (motorové pily, pneumatická kladiva apod.), důlní stroje, hutnictví, strojírenství (obráběcí stroje), textilní průmysl (tkalcovské stavy), vzduchotechnická zařízení, mobilní zařízení, zemědělství, lesnictví aj. [9]

## **2.2.4 Typy hluku**

### Ustálený hluk

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

### Proměnný hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě mění v závislosti na čase 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 střelba z ručních zbraní, kování kovů, tlučení, nastřelování 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 třesky, demoliční a průmyslové procesy s pomocí výbušnin, střelba z těžkých zbraní, zkoušky výbušnin a další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost TNT překračuje 25 g a podobné zdroje. [9]



**Tabulka 2 – Úrovně hluku (intenzita hluku) [10]**

<b>dB</b>	<b>Příklady a vnímání člověkem</b>
0	Práh slyšitelnosti
20	Hluboké ticho, bezvětří, akustické studio
30	Šepot, velmi tichý byt či velmi tichá ulice
40	Tlumený hovor, šum v bytě, tikot budíku
50	Klid, tichá pracovna, obracení stránek
60	Běžný hovor
70	Mírný hluk, hlučná ulice, běžný poslech televize
80	Velmi silná reprodukováná hudba, vysavač v blízkosti
90	Silný hluk, jedoucí vlak
100	Sbíječka, přádelna, maximální hluk motoru
110	Velmi silný hluk, živá rocková hudba, kovárna kotlů
120	Startující proudové letadlo ve vzdálenosti 300m
130	Práh bolestivosti
140	Akustické trauma, startující proudové letadlo ve vzdálenosti 10m
160	Výstřel z pistole
170	Zábleskový granát

### 2.2.5 Měření hluku

Při posuzování hluku na pracovištích se rozlišují měření hluku na pracovním místě, měření hluku v pracovním prostoru, měření hlukové zátěže jednotlivce. Měření na pracovním místě se provádí v případech, kdy se pracovník zdržuje převážně na jednom pracovním místě a zbývající expozice hluku je nepodstatná. Měření hluku v pracovním prostoru se uskutečňuje v případech, kdy v pracovním prostoru je rozmístěno větší množství obdobných zdrojů hluku a lidé při práci mění pracovní místa. Přímé měření hlukové zátěže jednotlivce se provádí v případech, kdy pracovník mění

často pracovní místo a hluk na jednotlivých místech je značně rozdílný. Pro přímé měření hlukové zátěže se používají osobní hlukové expozimetry. [8]

## **2.3 Veličiny**

### **2.3.1 Decibel**

Pro vyjádření veličin, které se mění ve velkém rozsahu, se s výhodou používá logaritmického měřítka. Logaritmická osa může být jak vodorovná, tak i svislá. Pro tento účel byla zavedena logaritmická jednotka decibel. Decibel je logaritmická poměrová jednotka, pojmenovaná po vynálezci telefonu (Alexandr Graham Bell), který zjistil, že lidský sluch má logaritmický charakter. Decibely byly původně definovány pro poměr výkonů ( $A_p$ ). Člověk vnímá zvuk v rozsahu sedmi řádů akustického tlaku. Nejmenším uchem rozlišitelná změna zvuku je přibližně 1 decibel. Protože za základní jednotku nebyl zvolen bel, ale decibel, musí se logaritmus vynásobit deseti. [11]

### **2.3.2 Kmitočet**

Kmitočet zvuku je počet periodických změn akustického tlaku za sekundu. Subjektivně je vnímán jako výška tónu. Tónový zvuk obsahuje jen jeden kmitočet, kde průběh hodnot akustického tlaku v čase je harmonický tj. má tvar funkce sinus nebo kosinus. [11]

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

$f$  – kmitočet [Hz]

$T$  – doba kmitu

### **2.3.3 Vlnová délka**

Vlna se šíří prostředím konečnou rychlostí. Vlnová délka je vlastně vzdálenost dvou maxim. S rychlostí vlny  $a$  s frekvencí je spojena vztahem:

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

$\lambda$  – vlnová délka [m]

$c$  – rychlost šíření světla

Někdy se používá převrácená hodnota vlnové délky, *vlnočet* (vyjadřující, kolik vln se vejde do délky 1 m), ale v akustice to není obvyklé. [2]

## **2.4 Škodlivé působení hluku na lidský organismus**

Jeho velmi vysoké hladiny poškozují sluch, nižší hladiny ovlivňují řídicí systémy v našem těle jak na nervové, tak na hormonální, biochemické a buněčné úrovni a například zcela určitě spolupůsobí na vzniku a zhoršování vysokého krevního tlaku. Hluk interferuje s některými činnostmi, zhoršuje pozornost, narušuje zdravý spánek a ovlivňuje pohodu lidí.

Obvyklé hladiny dopravního hluku nemohou ovšem u městských obyvatel způsobit poruchu sluchu. V tomto směru jsou ohroženi pouze řidiči některých druhů těžkých a speciálních vozidel. Z nemocí je městským dopravním hlukem způsobována především hypertenze a další nemoci srdečně-cévní soustavy. V rámci systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí jsou soustavně sledovány zdravotní účinky hluku.

Nadměrný hluk je méně vnímaným, avšak intenzivně působícím faktorem ovlivňujícím zdravotní stav obyvatel. Dlouhodobé působení hlukové zátěže na lidský organismus může vedle poruch sluchu vyvolat i celou řadu onemocnění. Negativní účinky dlouhodobé expozice se projevují s časovým zpožděním i několika let. Ve velkých městských aglomeracích je problém hlučnosti spojen zejména s narůstající intenzitou dopravy a vysokou koncentrací obyvatel na malé ploše. Podíl obyvatelstva zasaženého nadměrným hlukem se pohybuje těsně pod 50 %. [12]

### **2.4.1 Zdravotní aspekty hluku**

Zatímco zvuk jako čistě fyzikální jev je definován jako mechanické vlnění pružného prostředí, je pojem hluk komplexnější, neboť obsahuje zdravotní hodnocení zvuku.

Za hluk je pak pokládán zvuk, který obtěžuje, ruší nebo poškozuje zdraví člověka. Ukazuje se, že celá záležitost posuzování a hodnocení fenoménu rušení hlukem je velmi složitá a v současné době není ani dostatečně teoreticky propracovaná.

Proto je třeba mít na paměti, že naměřené hodnoty různých veličin popisujících fyzikální podstatu působícího akustického signálu jsou sice signálem pro hodnocení,

nicméně nevystihují zcela objektivně zvláštní charakter rušení tímto signálem. Při řešení konkrétní situace je pak vždy nutno přihlížet právě k obecným zákonitostem reakce lidského organismu ve sféře fyzické, psychické i společenské.

Z psychických účinků jsou to tak zvaná nespecifická onemocnění, tj. např. stresy, neurózy a v důsledku pak i další onemocnění. Nebezpečí zde spočívá ve faktu, že totiž hluk mnohdy ani nevnímáme jako škodlivinu, a přesto s velkým časovým odstupem - po několika letech - onemocníme chorobou, jejíž příčinou je právě hluk. Samozřejmě nadměrný hluk při vysokých expozicích může vést k okamžitým poruchám sluchu, což však není případ typický pro komunální, ale spíše pro pracovní prostředí.

Kromě psychických účinků hluku existují fyzické účinky hluku, které si často ani člověk neuvědomuje nebo si na ně zvykne. Jsou to tyto účinky:

- zúžení nejmenších arteriálních cév, což způsobuje zmenšení krevního oběhu při nezměněném krevním tlaku a stejné frekvenci pulsu
- zvýšení výměny látek při snížení zažívací činnosti
- přechodné zmenšení schopnosti slyšení, které při silném a vytrvalém zatížení hlukem může vést k nenapravitelnému poškození sluchu. [13]

#### **2.4.2 Hluk jako faktor působící na člověka podle Lehmana**

Bylo dokázáno, že každý hluk je škodlivina, protože po určité době vyvolává nejrozmanitější poruchy vyšší nervové činnosti. Toto vede k duševním potížím a často končí poškozením orgánů, navíc snižují odolnost organismu proti škodlivinám, a podceňují tím vývoj dalších nemocí. Za nejpříznivější zvukové prostředí pro člověka pokládá G. Lehmann takové prostředí, kde hladina všech zvuků nepřesahuje 30 dB, což je prostředí odpovídající přírodě – šumu lesa, větru a zvukům tichých zahrad. Zvuky od 30 – 65 dB označuje Lehmann za pásmo hluku relativního. Mohou totiž člověku škodit podle okolností závislých hlavně na jedinci. V pásmu od 65 – 95 dB jsou zahrnuty tzv. absolutní hluky, které škodí člověku v každém případě. Tyto škodlivé vlivy se projevují únavou nervových buněk, klesáním schopnosti vytvářet nové podmíněné reflexy a pocitem celkové únavy. Dalším působením tohoto hluku dále stoupá dráždivost a neklid, a to končí často až otupělostí. Při hladině hluku nad 85 dB navíc vznikají škody na sluchovém aparátu. Hluk 130 dB člověk spíše vnímá jako bolest a již po krátkém působení se sluchové orgány trvale poškozuje.

V praxi rozeznáváme dva základní typy účinků, specifický účinek a nespecifický (systémový) účinek.

Specifický účinek

- Akutní
- Chronický

Projevuje se poškozením sluchu, klasifikovaným trvalým posunem sluchového prahu. Dochází k němu při hladinách převyšujících cca 80 dB, tj. převážně v pracovním prostředí.

Nespecifický (systémový) účinek

Představuje působení na organismus jako celek a to v oblasti:

- fyziologické
- psychologické (emoční).

Tento účinek je dominantní v oblasti hladin hluku pod 80 dB (A). Znamená to, že se s ním setkáváme především v komunálním prostředí.

Problematika rizika specifického poškození sluchu exponovaných osob je sledována již cca 150 let. Je proto dobře zvládnuta zdravotně, legislativně i z hlediska státního zdravotního dozoru. V posledních letech v souvislosti s prudce se rozvíjejícími podnikatelskými aktivitami se těžiště hlukové problematiky přesunuje z oblasti pracovní hygieny do oblasti komunální. Od přímého poškození k projevům, které jsou popisovány jako rušení či obtěžování hlukem. [14]

#### **2.4.3 Vliv hluku na některé činnosti**

Velmi významná jsou zjištění o nepochybně zhoršujícím vlivu hluku na složitou duševní práci, na činnost, při níž je třeba rozhodovat o způsobu řešení, na ukládání a vybavování poznatků z paměti. Osoby s neurotickými rysy nebo osoby senzitivní k hluku se v hlučných podmínkách hůře vypořádávají s pracovním úkolem. Zdá se, že nezanedbatelný je vliv hluku na mezilidské vztahy. Lidé se v hluku chovají agresivněji, jsou méně snášenliví, méně ochotní spolupracovat, hůře hodnotí situaci i lidi v ní apod. [14]

#### 2.4.4 Vliv hluku na spánek

Je známo, že nepřerušovaný spánek je nezbytným předpokladem pro dobré fyziologické a mentální funkce zdravých lidí.. Rušivost spánku se považuje za hlavní negativní vliv hluku v životním prostředí. Odhaduje se však, že 80 – 90 % uváděných případů rušení spánku v hlučném prostředí je z důvodů jiných než pro nadměrný hluk – např. hygienických potřeb v noci, starostí, úzkostí, strachu, nemoci, vnitřní hlučnosti způsobené jinými uživateli bytu a domu, situací v místnosti, kde se spí.

Základní primární účinky rušení spánku hlukem jsou: obtížné usínání (prodloužená doba latentního spánku), probouzení, změna fází nebo hloubky spánku, zejména snížení podílu REM fáze. Hlukem během spánku mohou být vyvolány fyziologické vlivy – zvýšený krevní tlak, zvýšený srdeční tep, změny v dýchání, srdeční arytmie, zužování cév, četnější pohyby těla.

Noční hluková expozice vyvolává i sekundární účinky, tzv. pozdní efekty. Jsou to vlivy, které se projeví následující den po noční expozici v době, kdy exponovaná osoba je vzhůru. Jsou to pocit nedostatečného vyspání, zvýšená únava, bolesti hlavy, depresivní nálady, nedobré rozpoložení, snížená výkonnost.

Vliv hluku na spánek, který je aktivním zotavovacím procesem probíhajícím v nervové soustavě, je považován za nejzávažnější a zároveň nejnázornější systémový účinek. Představuje spojení fyziologických i psychologických aspektů působení hluku. Spánková nedostatečnost má dlouhodobě nepříznivý účinek na stav organismu.

Porušený spánek je charakterizován jevy jako:

- ztížené usínání
- měkkost
- neklidný spánek
- předčasné probuzení. [14]

### **2.4.5 Vliv na celkový zdravotní stav a nemocnost**

V souladu se současnou úrovní poznání vztahu mezi hlukem a zdravím lze soudit, že pravděpodobně neexistuje tzv. nemoc z hluku ani v pracovním prostředí (vyjma poškození sluchu, které však může být chápáno spíše jako úraz než nemoc).

Hluk však je provokujícím resp. zhoršujícím činitelem. Hluk se tak projevuje jako potenciální patogenní činitel. Platí to alespoň u části neuróz, kdy hluk lze považovat za příčinu jejich vzniku. Je přijímán názor, že neuróza následně může přispět k aktivizaci somatického onemocnění.

Celkově je třeba účinky hluku na zdraví chápat ne v prostém protikladu zdraví - nemoc, ale v kontextu působení faktorů životního prostředí na fyzickou, psychickou a sociální pohodu člověka.

Ze zdravotního hlediska je tedy i hluk, který ještě nepoškozuje sluch, významným rizikem. Zvyšuje nemocnost a zhoršuje odolnost vůči jiným stresorům, neexistuje na něj skutečná adaptace. [14]

## **2.5 Snížování hluku a protihluková opatření**

### **2.5.1 Hodnocení rizik**

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

- úrovni, typu a době trvání expozice včetně expozic impulsnímu hluku,
- přípustným expozičním limitům a hygienickým limitům hluku,
- účinkům hluku na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, zejména mladistvých zaměstnanců, těhotných žen, kojících žen a matek do konce devátého měsíce po porodu,
- účinkům na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, jež jsou důsledkem současné expozice faktorům, které jsou součástí technologie a mohou tak zvyšovat nebezpečí poškození zdraví, zejména sluchu,
- nepřímým účinkům vyplývajícím z interakcí hluku a výstražných signálů nebo jiných zvuků, které je nutno sledovat v zájmu snížení rizika úrazů,
- informacím o hlukových emisích, které uvádí výrobce stroje, náradí nebo jiného zařízení,

- existenci alternativních pracovních zařízení navržených ke snížení hlukové emise stanovených zvláštními právními předpisy,
- rozšíření expozice hluku nad osmihodinovou pracovní dobu,
- příslušným informacím, které vyplývají ze zdravotního dohledu a dostupným publikovaným informacím,
- dostupnosti chráničů sluchu s náležitými útlumovými vlastnostmi.

Z těchto důvodů je důležité, aby podniky všech druhů a velikostí prováděly pravidelné hodnocení. Řádné hodnocení rizik mimo jiné vyžaduje vzít v úvahu všechna příslušná rizika (nejen ta okamžitá nebo zřejmá), zkontrolovat účinnost přijatých bezpečnostních opatření, zdokumentovat výsledky hodnocení a hodnocení pravidelně přezkoumávat, aby bylo aktuální. [15]

### **2.5.2 Preventivní opatření**

Ochrana před nepříznivým působením hluku a vibrací je obecně upravena zákonem č. 258/2000 Sb. a zákoníkem práce, oba v platném znění. Nejvyšší přípustné hodnoty hluku a vibrací jsou stanoveny v navazujícím nařízení vlády č. 148/2006 Sb. Vlastní metody měření a hodnocení hluku a vibrací jsou ve smyslu par. 21 nařízení vlády č. 148/2006 Sb. obsaženy v českých technických normách ČSN ISO 1999, ČSN ISO 9612 a ČSN ISO 7196. Požadavky na zvukoměry, které podle zákona č. 505/1990 Sb. v platném znění spadají do skupiny tzv. stanovených měřidel podléhajících typové zkoušce a pravidelnému ověření jednou za dva roky, jsou upraveny českými technickými normami ČSN EN 61672-1, -2 a -3.

1. Základem prevence je vyloučení nebo podstatné omezení emise hluku přímo na zdroji. Nákup strojního zařízení či ručního náradí s nižší deklarovanou hodnotou hluku je hlavním předpokladem nízké expozice obsluhy. Originální protihlukové kryty zařízení a další cílená opatření na zdrojích hluku jsou zpravidla neúčinnější. V souhrnu všech dopadů na pracovní prostředí jsou vynaložené prostředky nejefektivněji využity, neboť taková opatření nesnižují produktivitu práce.
2. Důležitou součástí prevence je také izolace zvuku nebo další cílené omezení cest šíření hluku. Tato opatření vycházejí z podrobné akustické studie daného prostředí. V souhrnu zahrnují pružné ukládání strojů, krytování agregátů, zřízení



protihlukových zástěn aj. Tato opatření omezí vyzařování hluku, šíření zvuku konstrukcí a následné vyzáření hluku do chráněného pracovního prostoru.

3. Součástí cíleného snižování hluku v pracovním prostředí je rovněž zlepšení akustických vlastností výrobních hal a pracovních prostorů v budovách pomocí akustických obkladů stěn a stropu. Takovými nákladnými opatření lze obecně zlepšit akustické prostředí v hale, ale v místech obsluhy nejhlučnějších strojů je jejich dopad nevýrazný. V kombinaci s opatřeními uvedenými v bodu 2) lze však zajistit zlepšení akustického prostředí na místech obsluhy méně hlučných strojů.
4. Součástí prevence proti hluku jsou rovněž organizační a technologická opatření na snížení expozice hluku. Tato opatření jsou nejčastěji založena na střídání pracovníků obsluhy hlučných strojů, stanovení povinných přestávek spojených s prací nebo pobytem v klidových prostorech, stanovením přípustného počtu pracovních směn nebo ve změně technologie výroby aj.
5. Posledním, nikoliv však nejméně důležitým prvkem, cílené prevence je použití osobních ochranných pracovních prostředků proti hluku. Chrániče sluchu je nutné používat, pokud hladina akustického tlaku  $A$  překračuje 85 dB. Jejich vložný útlum by měl být takový, aby za chrániči sluchu ve zvukovodu byla hladina hluku nižší než 85 dB. Při překročení expozice hluku do 10 dB se doporučují zátkové chrániče vkládané do zvukovodu. Při expozici nad 95 dB se doporučují sluchátkové chrániče a nad 100 dB se zpravidla nasazují protihlukové přilby, které omezují rovněž kostní vedení zvuku. Použití chráničů sluchu může vést ke snížení bezpečnosti práce a může omezit její produktivitu. Je-li použití chráničů sluchu nezbytné, je třeba umožnit pracovníkům výběr z více typů tak, aby se neomezovalo pohodlí při práci například nadměrným tlakem náhlavní spony, pocením ucha atp. [8]

### 3 CÍL PRÁCE

V prvním úkolu této bakalářské práce jsem měřil hladiny akustického tlaku  $L_A$  v okolí stroje a v místě obsluhy. U tohoto měření jsem používal českou státní normu ke stanovení co nejpřesnějšího způsobu stanovení akustického tlaku v daném prostředí. Následující úkol je určení hlukové zátěže pro obsluhu během osmihodinové pracovní směny a následné spočítání ekvivalentních hladin  $L_{Aeq}$ . Pro zvýšení přesnosti měření jsem se rozhodl naměřit 3 vzorky hlukové zátěže v různých dnech. Výpočty pak porovnat s hygienickými limity a na základě výsledků v případě potřeby navrhnout protihluková opatření na zlepšení současného stavu.

## 4 METODIKA

Měření se uskutečnilo ve dnech 20 - 23. 10. 2014 na pozemku zemědělského družstva Čechtice. Měření probíhalo v expediční části skladu brambor.

### **4.1 Použité přístroje**

#### Digitální hlukoměr Voltcraft SL-200

Měření bylo provedeno hlukoměrem Voltcraft SL-200, který splňuje normy EN 60651 třídy 2 a EN 61672. Hlukoměr je schopen měřit v rozsahu hluku 30 dB až 130 dB a frekvenčním rozsahu od 31,5 Hz do 8 kHz s odezvou 125 až 1000 ms.

#### Svinovací metr Berner EG II NC

Pro měření vzdáleností byl použit svinovací metr od značky Berner. Měřit s ním lze až do vzdálenosti 5 m a jeho maximální přípustná odchylka činí 1,3 mm.

#### Přenosný počítač Lenovo G550

K veškerým výpočtům a pro sepsání této práce byl použit přenosný počítač Lenovo G550, který disponuje procesorem Intel Core 2 Duo T6500 s frekvencí 2,1 GHz, RAM 4GB, pevný disk 320GB. Na počítači je nainstalován operační systém Windows 7. Naměřené hodnoty se zpracovávali v programu Microsoft Excel 2007.

#### Digitální fotoaparát Canon SX600 HS

Pro dokumentaci byl použit digitální fotoaparát Canon SX600 HS.

### **4.2 Charakteristika měřeného stroje**

Pro měření jsem si vybral svinovací stroj CBS 15 od firmy Pragometal (viz obrázek 5), který je určen pro terciální neboli finální balení zboží, srovnaném na paletě. Stroj se skládá ze tří hlavních částí a to ze spodního rámu s točnou, sloupem a vozíkem s folií s mechanickým napínáním folie. Rozměr točny, na kterou se pokládá paleta se zbožím je 1,5 m pro standardní EU paletu a sloup má výšku 2,3m. K balení byla použita stretchová folie pro dobré zafixování zboží k paletě. U těchto strojů jsou největšími zdroji hluku točna, která se otáčí po plastových kladkách, které svým odvalováním po spodku točny vytváří hluk. Dále je to vozík s folií, který jezdí nahoru a dolů a díky odvalování kladek v drážce vedení vzniká hluk. Největším zdrojem hluku je pak samotná folie, která svým odvíjením působí největší hluk. Stroj je umístěn svou jednou stranou u zdi a ze zadní strany jsou u něj naskládány přepravní bedny



**Obrázek 5 – balicí stroj CBS 15**

## 5 MĚŘENÍ HLADIN HLUKU

### **5.1 Výběr normy**

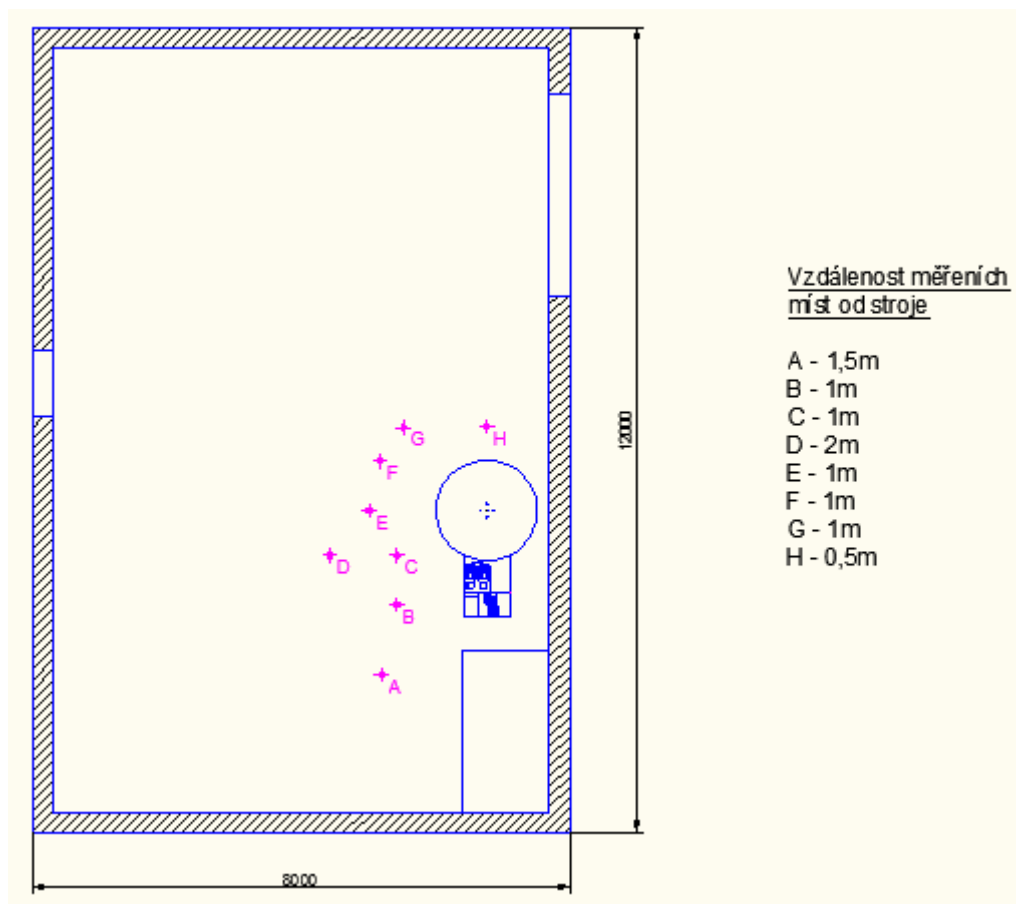
Norma EN ISO 3740 obsahuje pokyny pro výběr vhodné normy pro měření hladiny emisního akustického tlaku stroje. Na základě této normy jsem se rozhodl použít pro výpočet normu ČSN ISO 9614-2:1997. Podle této normy jsem spočítal korekci na hluk pozadí  $K_1$  a na základě jejího výsledku jsem se rozhodoval, zda spočítám korekci na hluk prostředí místa  $K_3$  podle normy EN ISO 11202, nebo podle normy EN ISO 11204, která vyžaduje znalost korekce na prostředí  $K_2$ .

### **5.2 Postup měření**

Měření probíhalo na hlukoměru umístěném 1,6 m od podlahy v místech s různými vzdálenostmi od stroje, která jsou vyznačena na schématu 1. Hlukoměr byl obsluhován dle manuálu a mikrofonem byl vždy nasměrován ke stroji. Měření se provádí v každém bodě po dobu jednoho celého balicího cyklu. Dále bylo třeba určit pohltivost stěn místnosti  $\alpha$ , která se určí podle tabulky 3, následně se spočítají korekce na prostředí místa  $K_1$  a podle nich korekce na hluk prostředí místa  $K_3$ .

### **5.3 Místo měření**

Měření probíhalo ve skladu brambor na třech vybraných místech s ohledem na pohyb a nejčastější výskyt pracovníka okolo stroje. Místnost je obdélníková s tvrdými stěnami a částečně je zarovnaná přepravními bednami a zabalenými paletami připravenými k přepravě. Je proto zřejmé, že pro tuto místnost je pohltivost stěn  $\alpha = 0,1$  (viz tabulka 3).



**Schéma 1** – Popis místa měření

**Tabulka 3** – Určení pohltivosti stěn

$\alpha$	Druh místnosti
0,05	Téměř prázdná místnost s tvrdými stěnami z betonu, cihel nebo dlaždic
0,1	Částečně prázdná místnost s tvrdými stěnami
0,15	Místnost zařízená nábytkem; pravoúhlá dílna; pravoúhlá průmyslová provozovna
0,2	Místnost nepravidelného tvaru zařízená nábytkem; dílna nebo provozovna nepravidelného tvaru
0,25	Místnost zařízená čalouněným nábytkem; průmyslový provoz nebo dílna s dílčími akustickými úpravami na stropě nebo zdech (například částečně pohlcující strop)
0,35	Místnost s materiálem pohlcujícím zvuk na stěnách a stropu
0,5	Místnost s velkým množstvím materiálu pohlcujícím zvuk na stropu a stěnách

#### **5.4 Časový rozvrh měření**

Doba, po kterou se měřilo, byl nejprve jeden balicí cyklus v každém bodě (viz schéma 1). Následné měření k určení  $L_{Aeq}$  probíhalo osm hodin, tedy jednu celou pracovní dobu. Měřilo se tedy ve třech pracovních dnech. Hlukoměr byl nastaven tak, aby změřil hodnotu každé tři minuty po dobu osmi hodin.

#### **5.5 Postup zpracování naměřených dat**

Pro veškeré výpočty a zpracování naměřených hodnot, byl použit počítač Lenovo G550. V tomto přenosném počítači pak díky programu Microsoft Excel 2007 byly provedeny veškeré operace s naměřenými hodnotami.

#### **5.6 Použité vzorce**

Pro výpočty, byly použity tyto vzorce.

Korekce hluku pozadí:

$$K_1 = -10 \log[1 - 10^{-0,1\Delta L}] \quad (1)$$

Korekce na prostředí místa:

$$K_3 = 10 \log \left[ 1 + 4 \frac{S}{A} \right] \quad (2)$$

Celková pohltivost stěn podle Sabina:

$$A = \alpha \cdot S_v \quad (3)$$

$S_v$  – celkový povrch všech stěn stropu a podlahy

$\alpha$  – koeficient pohltivosti stěn (viz tabulka 3)

Plošný obsah měřící plochy:

$$S = 2\pi a^2 \quad (4)$$

$a$  – vzdálenost měřeného místa od nejbližší části stroje

Ekvivalentní hladina hluku:

$$L_{Zeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{\sum_{i=1}^n t_i} \sum_{i=1}^n (t_i \cdot 10^{0,1L_{Ai}}) \right] \quad (5)$$

$n$  – počet dílčích intervalů

$t_i$  – doba trvání intervalu

$L_{Ai}$  – hladina hluku v  $i$ -tém intervalu

Hodnota emise hluku:

$$L = L' - K_1 - K_3 \quad (6)$$

$L'$  - naměřená nejvyšší hladina hluku

### **5.7 Naměřené a vypočítané hodnoty**

Po naměření byly hodnoty přeneseny do přenosného počítače, kde se pomocí programu Microsoft Excel 2007 zpracovaly a z nich se dále spočítaly již zmíněné korekce a ekvivalentní hladiny hluku. Výsledky jsou pak zpracovány pomocí tabulek a grafů.

### **5.8 Hodnoty hladin akustického tlaku**

Po naměření hodnot byla pro každý bod spočítána korekce na hluk pozadí  $K_1$ . Pokud je hodnota  $K_1$  ve všech měřících bodech  $\leq 1,3$  dB použijeme normu EN ISO 11202 a uvažujeme korekci na prostředí  $K_3$ , což platilo v mém případě. Pokud by v některém z měřících bodů tuto hodnotu překročilo, musela by se použít pro výpočet  $K_3$  norma EN ISO 11204, kde se uvažuje i s normou  $K_2$ .



**Tabulka 4** – naměřené hodnoty akustického tlaku

Měřící bod x (viz schéma 1)	$L_x'$ v provozu [dB]	$L_x''$ mimo provoz [dB]
A	78	63
B	80	63
C	80	63
D	79	63
E	79	63
F	78	63
G	77	63
H	78	63

Nejprve z naměřených hodnot spočítáme korekci  $K_{1x}$  podle vzorce (1), kde nejprve musíme dopočítat  $\Delta L$ .  $\Delta L$  je rozdíl mezi naměřenou hodnotou hluku stroje v provozu a mimo provoz v bodě x. Po vypočtení hodnot korekcí na hluk pozadí  $K_{1x}$  (viz tabulka 5) jsem je porovnal s hodnotou 1,3 dB. Hodnoty korekcí bez výjimky byly nižší než tato hodnota.

**Tabulka 5** – Korekce na hluk pozadí  $K_1$ 

$K_{1A}$	$K_{1B}$	$K_{1C}$	$K_{1D}$	$K_{1E}$	$K_{1F}$	$K_{1G}$	$K_{1H}$
0,14	0,09	0,09	0,11	0,11	0,14	0,18	0,14

Zvolil jsem tedy pokračování výpočtů podle normy EN ISO 11202 a mohl jsem použít vzorec pro výpočet korekce na prostředí místa  $K_3$  (2) a směrodatnou odchylku  $\sigma_R < 2,5$  dB. Nejprve je nutné dopočítat plošný obsah měřící plochy S (4) a celkovou pohltivost stěn podle Sabina A (3). Výsledky korekce  $K_3$  se liší podle vzdálenosti měřeného bodu od stroje (viz tabulka 6).

**Tabulka 6** – korekce na prostředí místa  $K_3$ 

Vzdálenost místa měření od stroje $a$ [m]	Korekce na prostředí místa $K_3$ [dB]
0,5	0,71
1	2,34
1,5	4,16

Výslednou hodnotu hladiny hluku  $L_x$  jsem získal odečtením příslušných korekcí  $K_{1x}$  a  $K_{3y}$  (6). Výsledky jsem zobrazil do tabulky (viz tabulka 7), hodnoty  $L$  jsou zaokrouhlovány nahoru na celé dB.

**Tabulka 7** – Hodnoty emisí

Místo měření x	Hladina hluku $L_x$ [dB]	Směrodatná odchylka $\sigma_R$ [dB]
A	74	< 2,5
B	78	< 2,5
C	78	< 2,5
D	77	< 2,5
E	77	< 2,5
F	76	< 2,5
G	75	< 2,5
H	78	< 2,5

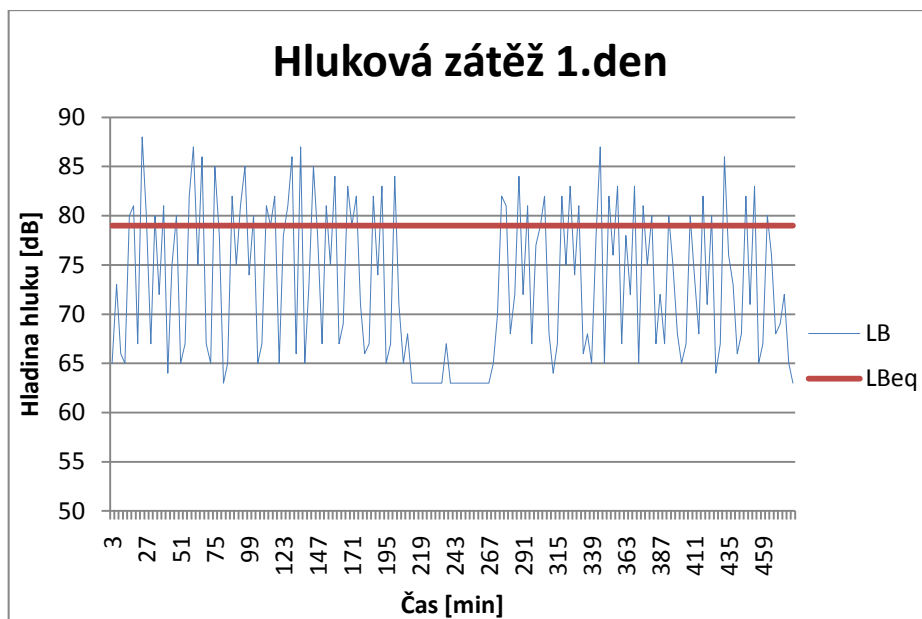
## 6 URČOVÁNÍ EKVIVALENTNÍCH HLADIN HLUKU

### **6.1 Postup měření**

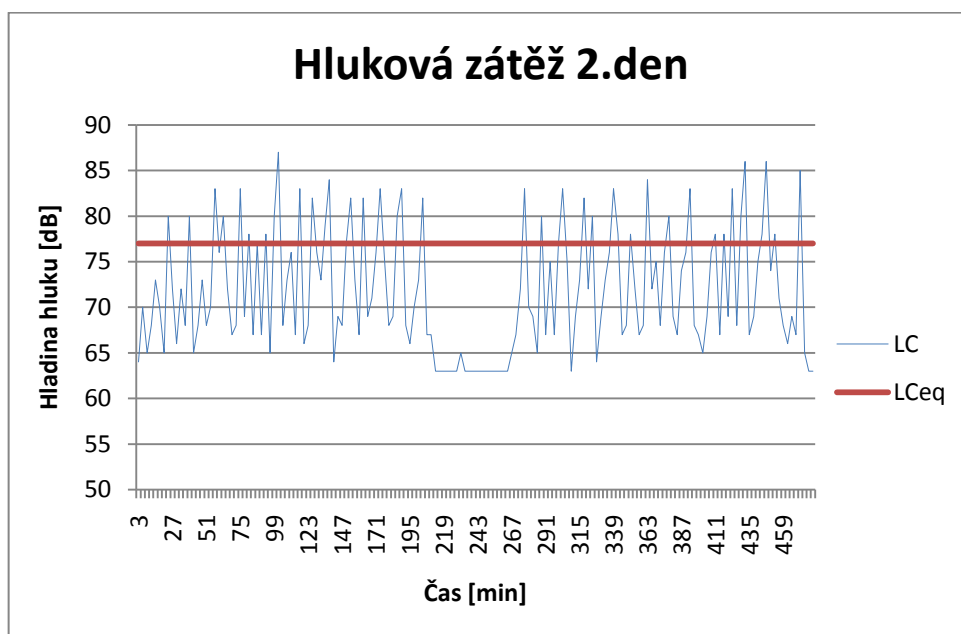
Další část měření probíhala po osmihodinovou pracovní dobu ve třech vybraných místech podle nejčastějšího pohybu obsluhy. Toto měření probíhalo po tři pracovní dny. Každý den pro jedno měření. Jeden pracovní cyklus ovinovacího stroje, začíná umístěním palety s naskládanými pytli s hlízami pomocí vysokozdvížného vozíku na točnu stroje. Poté obsluha zavede fólii, uvázáním za nejbližší roh palety a na řídicím panelu stiskne tlačítko start. Následně se spustí nastavený balicí program a začíná tak samotné balení, které trvá okolo dvou až tří minut.

### **6.2 Určení ekvivalentních hladin hluku**

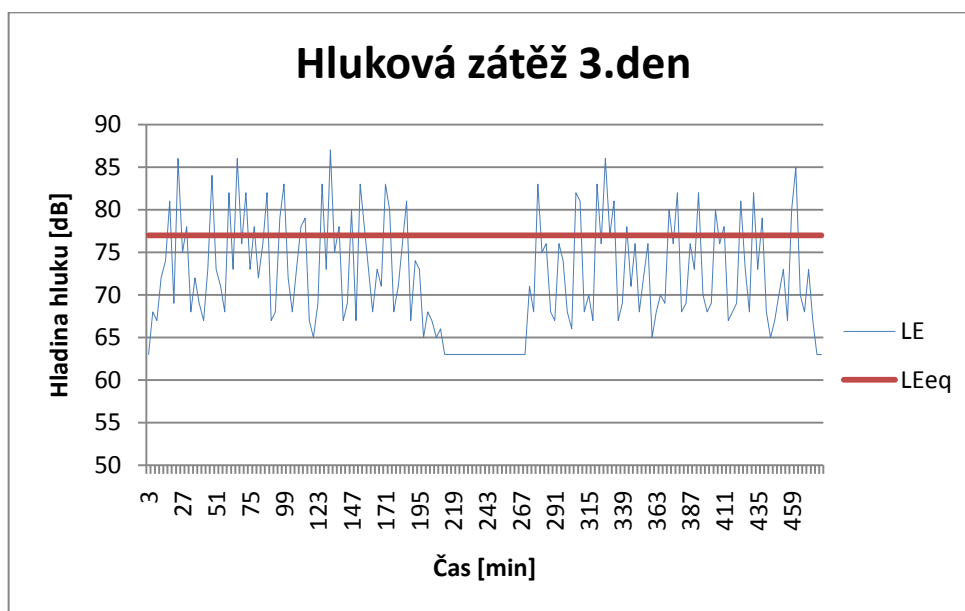
Z hlukoměru jsem získal 160 hodnot za osmihodinovou pracovní směnu, pomocí kterých jsem získal dosazením do vzorce (5), vytvořeného v Microsoft Excel, hodnotu ekvivalentní hladiny hluku  $L_{Zeq}$ . Tuto metodu jsem aplikoval na všechny tři měřicí dny a výsledky jsem zobrazil do grafů. Na grafech je znázorněna hluková zátěž působící na obsluhu stroje během osmihodinové pracovní směny. Zároveň je v grafech znázorněna úroveň ekvivalentní hladiny hluku. Graf 1 znázorňuje průběh zatížení v bodě B, neboli v místě obsluhy a ekvivalentní hladinu hluku  $L_{Beq} = 79$  dB. Graf 2 pak ukazuje průběh hlukové zátěže v bodě C s  $L_{Ceq} = 77$  dB a graf 3 v bodě E s  $L_{Eeq} = 77$  dB.



**Graf 1** – Hluková zátěž z prvního dne



**Graf 2** – Hluková zátěž z druhého dne

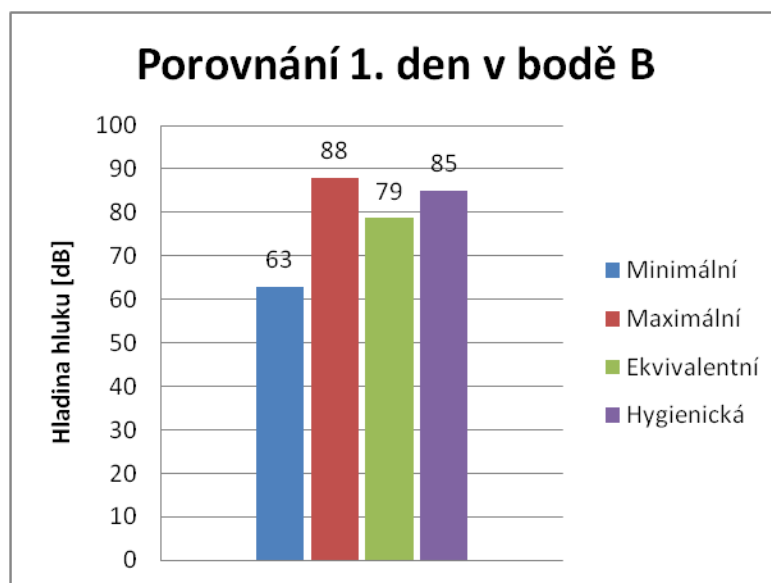


**Graf 3 – Hluková zátěž z třetího dne**

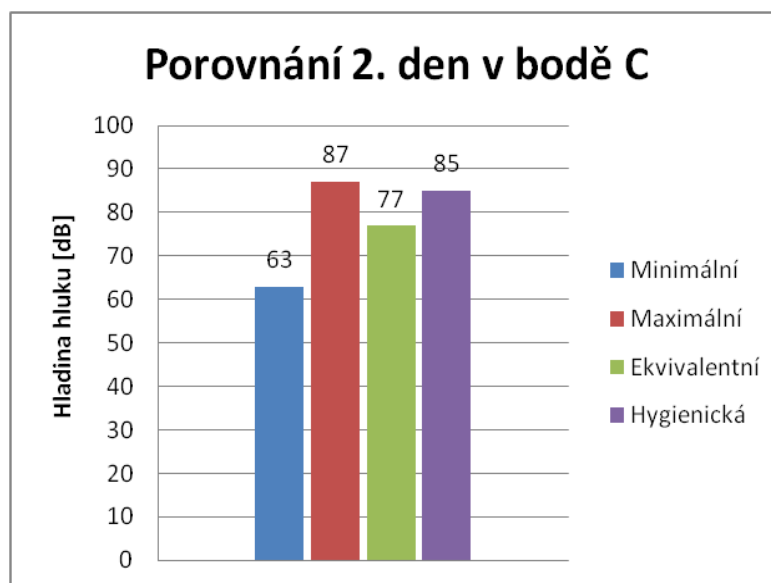
Z porovnání grafů je patrné, že naměřené hodnoty se od sebe výrazně neliší. Měření probíhalo ve třech vybraných bodech. Body byly vybrány z hlediska hlučnosti a nejčastějšího výskytu obsluhy okolo stroje.

### **6.3 Porovnání hladin s přípustnými hygienickými limity**

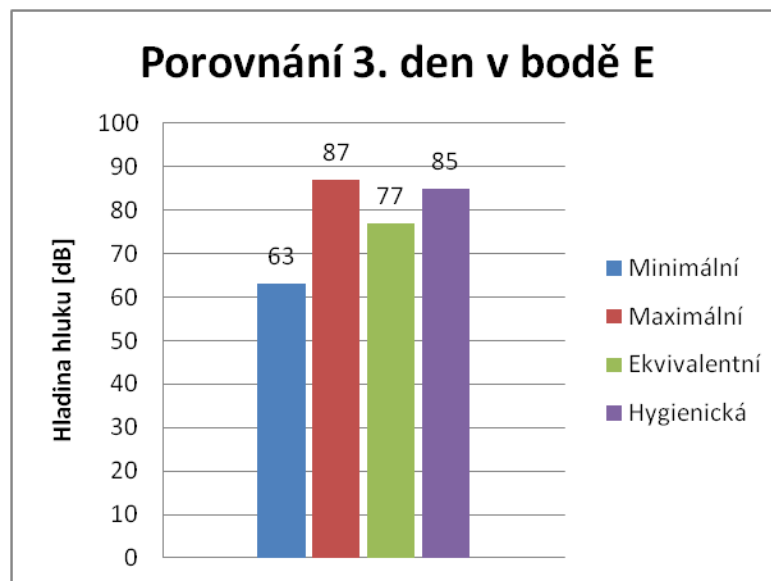
Hygienické limity hladiny hluku a způsob ochrany před nepříznivými účinky hluku jsou uvedeny ve státních dokumentech NV 148/2006 Sb. a NV 272/2011 Sb. V těchto dokumentech je stanovena limitní hranice hluku  $L_{Aeq8h}$  pro místo určené nebo obvyklé pro výkon činnosti zaměstnanců na 85dB. Z grafů je patrné, že ekvivalentní hladina hluku  $L_{Aeq8h}$  nepřesáhla limitní hranici hluku a splňuje tak limitní hranici stanovenou nařízením vlády.



**Graf 5** – Celkové porovnání z bodu B



**Graf 6** – Celkové porovnání z bodu C



**Graf 7** – Celkové porovnání z bodu E

#### **6.4 Návrh protihlukových opatření**

Z porovnání ekvivalentní hladiny hluku s limitní hladinou hluku pro místo určené nebo obvyklé pro výkon činnosti zaměstnanců je zřejmé, že hluk v žádném z měřených bodů této hranice nedosahuje. Není tedy nutné z hlediska české legislativy používat chrániče zvukovodu. Ty je nutné používat takto:

- rezonanční chrániče (zátky do sluchovodů) od 85 dB do 100 dB
- sluchátkové chrániče od 100 dB do 110 dB
- protihlukové přilby nad 110 dB

Tyto limitní hranice jsou však dány legislativou, v reálných situacích může nastat případ, kdy má jedinec vyšší citlivost sluchu a je tedy vhodné, aby chrániče zvukovodu používal.

## 7 ZÁVĚR

Nejprve jsem si měl zvolit statický zdroj hluku, navštívil jsem tedy ZD Čechtice, abych zjistil, jaké stroje používají. Mimo jiné jsem navštívil sklad brambor, kde si obsluha stěžovala na hlučnost ovinovacího stroje. Rozhodl jsem se postupovat v souladu s českými hygienickými předpisy pro určení hladiny hluku stroje. Měření a dodatečné výpočty jsem se rozhodl provádět podle postupů v české státní normě ČSN ISO 9614-2.

Podle první části mého zadání práce jsem měřil hladiny hluku. K měření jsem používal hlukoměr Voltcraft SL-200. Hlukovou zátěž jsem monitoroval nejen v pracovním místě obsluhy ovinovacího stroje, ale také jsem mapoval hlukovou zátěž v různých vzdálenostech od stroje. Z těchto měření je patrné, že v žádném bodě měření hladina hluku nepřesahuje limity dané normou ČSN EN 415 bezpečnost balicích strojů. Limitní hladina hluku je touto normou stanovena na 85 dB.

Druhá část měření byla zaměřena na výpočet ekvivalentní hladiny hluku po osmihodinovou pracovní směnu. Místa jsem vybíral na základě nejčastějšího pohybu obsluhy kolem stroje. Na hodnotách naměřených hlukoměrem se nepodílel jen samotný ovinovací stroj, ale také vysokozdvizný vozík, který je nedílnou součástí balicího cyklu. Výsledky měření jsem konfrontoval s českou národní vyhláškou NV 272/2011 Sb. a ověřil jsem tak, že balicí stroj tyto limity nepřekračuje.

Na základě všech těchto měření a výpočtů jsem pak stanovoval, zda je potřeba používat chrániče sluchu. Z výsledků jsem rozhodl o tom, že chrániče sluchu potřeba nejsou z toho důvodu, že k překračování limitních hodnot hluku v porovnání s ekvivalentní hladinou nedochází.

Tato měření se provádí z důvodu prevence před možnými riziky vystavování se nadměrnému hluku. Jeden z důvodů proč jsem si vybral právě tento stroj, je jak už jsem uváděl, stížnost pracovníka na hlučnější provoz. Z měření je pak patrné, že stroj nepřekračuje limitní hodnoty. Z tohoto nám jasně vyplývá, že vnímání hluku je silně subjektivní a obsluha u stroje měla zvýšenou citlivost sluchu.



## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Smetana C. a kol. Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Sdělovací technika, Praha, 1998, 188 s.
- [2] Nový R. Hluk a chvění Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009.
- [3] <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf> (zjištěno dne 5. 2. 2015, 12,30 hod)
- [4] <http://www.converter.cz/tabulky/rychlost-zvuku-kapaliny.htm> (zjištěno dne 5. 2. 2015, 13,00 hod)
- [5] <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/utlum-zvuku-vlivem-gradientu-vetru> (zjištěno dne 5. 2. 2015, 15,20 hod)
- [6] <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/utlum-zvuku-vlivem-gradientu-teploty> (zjištěno dne 5. 2. 2015, 15,50 hod)
- [7] <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/utlum-zvuku-ohybem-pres-prekazku> (zjištěno dne 5. 2. 2015, 16,30 hod)
- [8] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi> (zjištěno dne 10. 3. 2015, 14,00 hod)
- [9] <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdroje-hluku-a-jeho-mereni> (zjištěno dne 10. 3. 2015, 14,45 hod)
- [10] [http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/502000/Sb\\_502000\\_-----\\_.php](http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/502000/Sb_502000_-----_.php) (zjištěno dne 10. 3. 2015, 15,50 hod)
- [11] <http://elnika.sweb.cz/mereni/decibely.htm> (zjištěno dne 10. 3. 2015, 16,20 hod)
- [12] [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vlastnosti\\_zvuku](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vlastnosti_zvuku) (zjištěno dne 10. 3. 2015, 17,00 hod)
- [13] [https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/9\\_hluk\\_a\\_zdravi.pdf](https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/9_hluk_a_zdravi.pdf) (zjištěno dne 11. 3. 2015, 14,30 hod)
- [14] [https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/10\\_hluk\\_v\\_praci.pdf](https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/10_hluk_v_praci.pdf) (zjištěno dne 11. 3. 2015, 15,00 hod)
- [15] <https://osha.europa.eu/cs/topics/riskassessment> (zjištěno dne 11. 3. 2015, 15,15 hod)