

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA  
TF-102484-68035**

**VPLYV HLUKU NA KVALITU PRACOVNÉHO  
PROSTREDIA VO VYBRANOM PODNIKU**

**Bakalárska práca**

**2021**

**Miroslav Mareček**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE  
TECHNICKÁ FAKULTA**

**VPLYV HLUKU NA KVALITU PRACOVNÉHO  
PROSTREDIA VO VYBRANOM PODNIKU**

**Bakalárska práca**

**Študijný program:**

**Kvalita a bezpečnosť vo výrobných  
technológiách**

**Študijný odbor:**

**Strojárstvo**

**Školiace pracovisko:**

**Katedra zariadení stavieb a bezpečnosti  
techniky**

**Vedúci záverečnej práce:**

**prof. Ing. Miroslav Žitňák, PhD.**

**2021**

**Miroslav Mareček**

## Čestné vyhlásenie

Vyhlasujem, že predloženú záverečnú prácu som vypracoval samostatne. Všetky použité literárne zdroje som uviedol v zozname použitej literatúry.

V Nitre dňa 19.5.2021

.....  
podpis študenta (autora)

## **Podčakovanie**

Týmto chcem vyjadriť podčakovanie vedúcemu záverečnej práce pánovi prof. Ing. Miroslavovi Žitňákovi, PhD. za poskytnutie odborných rád a usmernenie pri písaní bakalárskej práce. Ďalej sa chcem podčakovať spoločnosti SC statik s.r.o. za poskytnutie priestorov na získavanie praktických poznatkov, ktoré som využil v tejto práci.

## Abstrakt

Táto bakalárska práca je zameraná na analýzu hlučnosti ako faktora pracovného prostredia, ktorý ovplyvňuje bezpečnosť a zdravie zamestnancov vo vybranej spoločnosti. Hluk môžeme zaradiť do rizikových faktorov na pracovisku, ktorý patrí medzi faktory s najväčším dopadom na zamestnanca. Túto prácu sme rozdelil na dve hlavné časti. V prvej časti, ktorá je teoretická, opisujeme hlavné pojmy ako je zvuk, hluk, meranie hluku, ochrana sluchu. V druhej časti, ktorá je praktická, sme vykonali meranie hluku. Namerané hodnoty sme analyzovali. Výsledky sme následne porovnávali s platnou legislatívou. Na základe nameraných a vypočítaných údajov zaradíme pracovníkov do rizikových skupín.

Kľúčové slová: zvuk, hluk, analýza hlučnosti, ochrana sluchu

## Abstract

This bachelor thesis is focused on the analysis of noise as a factor of the working environment that affects the safety and health of employees in a selected company. Noise can be included in the risk factors in the workplace, which is one of the factors with the greatest impact on the employee. We divided this work into two main parts. In the first part, which is theoretical, we describe the main concepts such as sound, noise, noise measurement, hearing protection. In the second part, which is practical, we performed a noise measurement. We analyzed the measured values. We then compare the results with the valid legislation. Based on measured and calculated data, we classify employees into risk groups.

Key words: sound, noise, noise analysis, hearing protection

# Obsah

<b>Úvod .....</b>	10
<b>1 Súčasný stav riešenej problematiky .....</b>	12
1.1 Zvuk a hluk .....	12
1.1.1 Zvuk a šírenie zvuku .....	12
1.1.2 Hluk .....	12
1.1.3 Základné akustické, decibelové pojmy a veličiny .....	14
1.1.4 Hluk a ako sa správa .....	17
1.1.5 Decibelová stupnica .....	18
1.1.6 Vzťah medzi vystavením hluku a stratou sluchu .....	20
1.2 Meranie hluku .....	21
1.2.1 Základný reťazec meracieho systému .....	22
1.2.2 Zosilňovače .....	22
1.2.3 Kalibrácia .....	23
1.2.4 Merače hladiny zvuku .....	23
1.2.5 Niektoré zložité situácie pri meraní hluku .....	24
1.3 Vplyv hluku na sluch .....	25
1.3.1 Poruchy sluchu .....	25
1.3.2 Vizualizácia zvukového poľa .....	26
1.3.3 Priestorový zvuk v teste sluchového vnímania .....	27
1.4 Ochrana sluchu .....	28
1.4.1 Pasívne chrániče .....	29
1.4.2 Aktívne chrániče .....	29
1.4.3 Chrániče sluchu s aktívnym potlačením hluku .....	30
<b>2 Cieľ práce .....</b>	32
<b>3 Metodika práce .....</b>	33
3.1 Kategorizácia prác podľa vyhlášky 448/2007 .....	33
3.2 Prístroj na meranie hluku .....	34
3.3 Výpočet normalizovanej hladiny expozície hluku .....	35
<b>4 Výsledky práce .....</b>	36

4.1	O firme SC Statik, s.r.o. ....	36
4.2	Popis strojov a prístrojov použitých pri meraní hluku .....	37
4.3	Popis práce.....	41
4.4	Namerané hodnoty.....	42
4.5	Vzorový výpočet .....	46
4.6	Výsledky výpočtov pri 8 hodinovej pracovnej zmene .....	48
4.7	Výsledky výpočtov pri 12 hodinovej pracovnej zmene .....	49
4.8	Porovnanie výsledkov s vyhláškou 448/2007 Z. z. ....	50
4.9	Návrh opatrení .....	51
<b>5</b>	<b>Záver</b> .....	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>Zoznam použitej literatúry</b> .....	<b>57</b>

## Zoznam skratiek a značiek

SI	Systéme International
kP	jednotka tlaku
t	teplota
°C	značka jednotky teploty stupeň celzia
p <sub>0</sub>	referenčná hodnota akustického tlaku
m/s	jednotka rýchlosťi
Hz	jednotka frekvencie
P	základná jednotka tlaku
dB	jednotka pre meranie intenzity zvuku
L <sub>P</sub>	hladina akustického tlaku
L <sub>W</sub>	hladina akustického výkonu
L <sub>I</sub>	hladina akustickej intenzity
log	logaritmická funkcia
UEZ	úroveň expozície hluku
m	základná jednotka dĺžky
min	jednotka času

## Úvod

Pracovné prostredie je jedným z dôležitých faktorov pri získavaní zamestnancov, pri zvyšovaní ich výkonu a pohody. Mnoho negatívnych faktorov môže prispieť k zníženiu neprimeranej pracovnej záťaže, únavy, práčeneschopnosti či chorôb z povolania. Dosiahnuť správnu rovnováhu nie je jednoduché. Zmeny v životnom prostredí, ktoré priniesol vedecko-technický vývoj sú príliš rýchle na to, aby mal človek dosť času sa na ne adekvátne adaptovať. Aktívnym pôsobením na životné prostredie môžeme nadobudnúť kvalitatívne nové formy. Ochrana pracovného prostredia a bezpečnosť zdravia pri práci si vyžadujú celistvý prístup. Životné a pracovné prostredie, kvalita a bezpečnosť práce, z hľadiska ochrany zdravia zamestnancov, by sa pre podniky mali stať žiaduce a podstatné.

Pracovné prostredie pôsobí na človeka rôznymi faktormi: žiarenie, teplota vzduchu, vetranie, osvetlenie, hluk, otrasy a vibrácie. Vplyv týchto faktorov človek vníma, napríklad aj zvukovú (akustickú) reakciu, čo znamená, že je dobre počut' - reč, hudba a nepočut' žiadne rušivé zvuky - hluk.

V bakalárskej práci sa zaoberáme problematikou vplyvu hluku na kvalitu pracovného prostredia, nakoľko významnú úlohu zohráva duševná rovnováha zamestnanca. S tým súvisia fyzikálne podmienky práce ako je teplota, čistota, osvetlenie a samozrejme hluk. Hlučnosť má nepriaznivé účinky na zamestnanca, môže ovplyvňovať jeho výkonnosť a zdravotný stav, ktoré môže viest' až k postupnému poškodeniu sluchových orgánov. Ochrana zdravia a bezpečnosť zamestnancov v súvislosti s expozíciou hluku pri práci je ustanovená v podmienkach SR. Podľa § 32 zákona č. 355/2007 Z. z. sú zamestnávatelia, ktorí používajú alebo prevádzkujú zariadenia, ktoré sú zdrojom hluku, povinní zabezpečiť technické, organizačné a iné opatrenia, ktoré vylúčia alebo znížia na najnižšiu možnú a dosiahnuteľnú mieru expozíciu zamestnancov hluku, a tým zabezpečia ochranu zdravia a bezpečnosti zamestnancov.

Cieľom bakalárskej práce je poukázať na dôsledky neustálej modernizácie, ktoré zvyšujú požiadavky na úpravu pracovného prostredia. Pozornosť je venovaná teoretickej i praktickej stránke pracovného priestoru, ktorý by mal byť pohodlným, úžitkovým a bezpečným. Pozitívne a negatívne faktory pracovného prostredia ovplyvňujú správanie zamestnanca, ktoré sa odzrkadľujú na jeho práci a zdravotnom stave. Z toho dôvodu je dôležité, aby zamestnávatelia vytvárali vhodné pracovné prostredie pre svojich

zamestnancov a aby výkon ich práce bol kvalitný, hospodárny a bezpečný. Rušenie hlukom nie je len zdrojom obtážovania. Aby pracovníci plnili svoje každodenné úlohy je nutné, aby sa intenzívne sústredili. Čas potrebný na zotavenie pracovníkov spomaľuje produktivitu.

Hluk je obrovským problémom na pracovisku už po desaťročia. Zvuku nie je venovaná dostatočná pozornosť napriek tomu, že vplyva na prospešnosť a kreativitu jednotlivcov, tímov či organizácií. Hluk v pracovnom prostredí je najrozšírenejším zdrojom nepríjemného pocitu a môže viest' k zvýšenému stresu zamestnancov. „Hladiny hluku“ sú široko rozšíreným a vysoko náročným problémom. Hlukom sa znižuje schopnosť sústredenia a môže prispievať nežiadúcim psychickým a fyzickým reakciám.

Iba zamestnanci, ktorí sú spokojní s pracovnými a sociálnymi podmienkami na pracovisku, môžu podávať kvalitné výkony. Zavedenie bezpečnostných opatrení a ochrany zdravia na pracovisku pomáha aj zamestnávateľovi vyhnúť sa plateniu vysokých výdavkov spojených s úrazmi a umožňuje dosiahnuť lepšie výsledky pre vlastný podnik. Pre zamestnancov znamená zníženie hladiny zvuku zlepšenie schopnosti sa sústrediť, myslieť jasnejšie a byť menej v strese.

# 1 Súčasný stav riešenej problematiky

## 1.1 Zvuk a hluk

### 1.1.1 Zvuk a šírenie zvuku

Mechanické vlnenie, ktoré sa šíri pružným prostredím a je vyvolávané kmitajúcim zdrojom, sa nazýva zvuk. Zvuky sú prirodzeným sprievodným javom prírodných dejov a života na Zemi. Rovnako pre človeka majú zvuky veľký význam. Sluchom človek prijíma najvýznamnejší podiel informácií. Zvuk je dôležitým poplašným signálom, varuje pred nebezpečenstvom, podceňuje aktivitu ľudského nervového systému a je základom reči. Zvuk môže byť upokojujúci, dráždivý, môže vyvolať radosť a vo forme hudby priniesť vrcholný estetický zážitok. Avšak nadbytok zvukov, ktoré sú spôsobované nespočítateľnými zdrojmi, môže často pôsobiť s takou intenzitou, ktorá neodpovedá ľudským schopnostiam únosnosti. Prílišný zvuk môže rušiť vnímanie dôležitých zvukových signálov. Zvuky, ktoré sú nežiaduce, obťažujú nás, alebo sú škodlivé, označujeme ako hluk. Zvuk vzniká, keď kolísanie tlaku vzduchu pôsobí na tlakové vlny, ktoré cestujú atmosférou. Počas cestovania integrujú rôznymi spôsobmi s ich okolím. (Vágnerová, 2013)

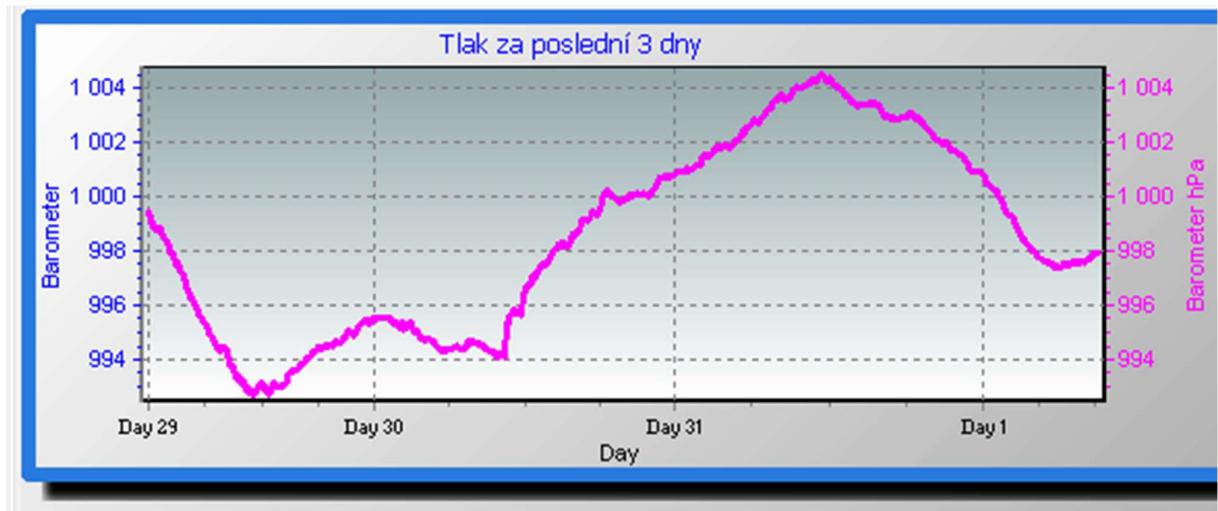
Šírenie zvuku je spojené s prenosom energie. Priestor, ktorým sa šíri zvuk, sa nazýva zvukové pole. Zmena hustoty prostredia vytvorená kmitaním častíc v prostredí sa nazýva zvuková vlna. Plocha, kam dospeje zvuková vlna od svojho zdroja za rovnaký čas, sa nazýva vlnoplocha. Rýchlosť, ktorou sa šíria zvukové vlny prostredí, sa nazýva rýchlosť šírenia zvuku. Pri normálnej teplote  $t = 20^{\circ}\text{C}$  a normálnym atmosférickým tlakom  $p_0 = 101,3 \text{ kPa}$  je rýchlosť zvuku zhruba 343 m/s. (Beran, 2013)

### 1.1.2 Hluk

Pre naše účely hluk definujeme ako zmes zvukov, tónov a šumov vznikajúcich neharmonickým kmitaním s nepravidelnými fyzikálnymi vlastnosťami ako je frekvencia, amplitúda, vlnová dĺžka a fáza. Frekvencia nižšia ako 20 Hz (infrazvuk) a vyššia ako 20 000 Hz (ultrazvuk) patrí do nepoučiteľnej oblasti, to ale neznamená, že je neškodná. Pri vnímaní infrazvukových vln, ktoré sa nazývajú vibráciami, môže dôjsť k veľmi nepríjemným telesným reakciám. Podobné reakcie nastávajú aj pri ultrazvukových vlnách. Všeobecne sa za hluk považujú všetky zvuky, ktoré obťažujú, rušia alebo sú nepríjemné ľudskému organizmu. Jeho vnímanie je veľmi subjektívne a lísi sa pri každom jednotlivci. Nepríjemný hluk však vnímame, či už je merateľný alebo nie. Menej subjektívne hodnotenie považujeme za taký zvuk, ktorý ma nepriaznivé účinky na ľudské zdravie. Tu sa dajú merať hodnoty

a určiť limity. „Rušivý“ a „škodlivý“ hluk spolu nemusia vôbec súvisieť, pretože nie každý zvuk, ktorý ruší, je škodlivý a nie všetky škodlivé zvuky sú zároveň aj zvuky rušivé. Čiže hluk je súbor všetkých rušivých a škodlivých zvukov. Škodlivý vplyv hluku na zdravie je nespochybniateľný. Ochorenia z hluku patria k najrozšírenejším ochoreniam z povolania. Už v začiatokom štádiu môže mať hluk škodlivé účinky. Aj keď tieto účinky môžu byť čisto psychickej povahy, majú rovnaký vplyv na ľudský organizmus ako fyzické. Poruchy autonómnej nervovej sústavy ako sú nespavosť, znížená schopnosť sústredenia sa, chudokrvnosť a iné sa nie vždy považujú za dôsledky pôsobenia hluku, ale môžu vďaka jeho pôsobeniu vzniknúť alebo prehĺbiť sa. Hluk je slovo, ktoré sa zvyčajne aplikuje na nechcené zvuky a zvuk prítomný vo väčšine pracovných situácií je nežiadúci. Bežne hovoríme skôr o vystavení hluku na pracovisku ako o zvuku na pracovisku. Matematické opisy toho, ako sa zvuk správa pri interakcii s pevnou látkou ukazuje predmety ako môžu byť veľmi komplikované.

Našťastie je možné pripraviť úplné opisy zvukového správania v jednoduchých idealizovaných situáciách a použiť ich na vybudovanie realistickejšej situácie. Najjednoduchším typom zvukovej vlny by bol čistý tón – sínusová vlna – pohyblivá v jednom smere bez rozloženia, keď sa vzdialuje od zdroja. Ak by mohol urobiť snímku zmien tlaku v smere, v ktorom sa pohyboval. Toto je pomerne ľahké nakresliť, takže je ľahšie ukázať tlak variácie ako graf tlaku proti vzdialenosťi ako je na (Obr. 1). Malo by sa pamätať na to, kedy sa deje, že zvuk je pozdĺžna vlna. Inými slovami vzduchové pohyby, ako vlna postupujú, idú dozadu a dopredu v rovnakom smere. Smer ako vlna sa pohybuje ako celok. To sa lísi od priečnej vlny, ako napríklad séria vlniek na vodnej hladine. V takom prípade je to voda, ktorá sa pohybuje hore a dole, zatiaľ čo vlna sa pohybuje vodorovne. Ak by mohla stať v jednom bode, kde by zvuková vlna smerovala k nám, tak by sme mohli vykresliť tlak ako funkciu času, kde by sme dostali aj sínusový tvar. To je predpoklad, že by sme mohli pracovať veľmi rýchlo. Tlak sa môže meniť aj niekoľko tisíc krát za sekundu! Skutočná zmena tlaku je aj pri dosť hlasných zvukoch veľmi malá. Pre porovnanie atmosférických tlakov sa môže ľahko zmeniť o 2-3% za bežného týždenného počasia. Keď meriame veľkosť zvukovej vlny, tak sa sústredíme na odchýlky tlaku okolitého vzduchu a táto odchýlka sa zvyčajne nazýva zvukový tlak. (Nový, 2000)



Obr.1 Tlak variácie ako graf tlaku proti vzdialenosťi (<http://meteo-jirkalina.com/wx24.php>)

### 1.1.3 Základné akustické, decibelové pojmy a veličiny

Vlnová dĺžka – je vzdialosť medzi dvoma najbližšími bodmi, ktoré sú v danom časovom okamihu v rovnakom akustickom stave, čiže tiež vzdialosť, ktorú prejde za dobu jedného kmitu zvuková vlna. Vlnová dĺžka vo vzduchu pre nízke frekvencie vychádza až 17 m a pre oblasť vysokých frekvencií naopak nízka v rádoch stotín metra. Určuje vzdialosť dvoch po sebe idúcich maximov (minimov) kmitov vlny. Pre vlnovú dĺžku platí vzťah (Vaňková, 1995, Švancara, 2005):

$$\lambda = \frac{c}{f} = T_c \quad (1)$$

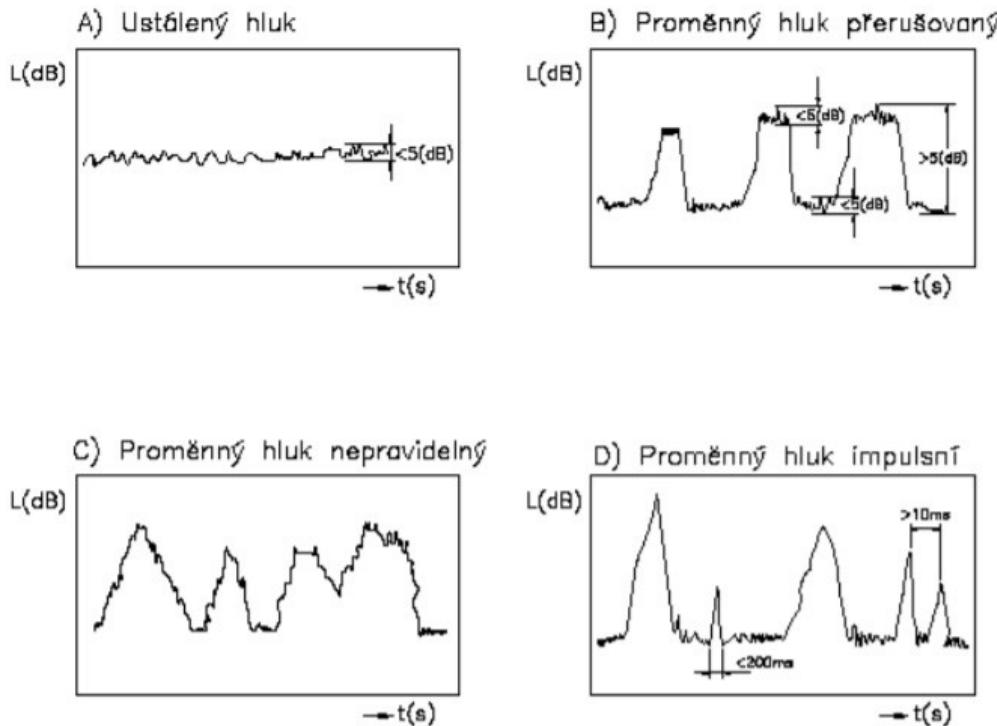
Zvuk vzniká tak že chvením a vibrovaním sa pohybujú časti strojov, rozochvievajú sa pružné plochy, kryty, nosníky alebo pulzujú plyny a kvapaliny. Zvuk sa od zdroja šíri zvukovými vlnami. Sú to periodické zmeny akustického tlaku, vyjadrované v pascaloch (Pa) a predstavujú rozdiel medzi okamžitým a akustickým tlakom. (Jiříček, 2002) Z hygienického hľadiska má zvuk tri najdôležitejšie vlastnosti:

- Hladina – prejavujúca sa ako hlasitosť
- Frekvencia – prejavujúca sa výškou zvuku
- Časový priebeh (Havránek, 1990)

Hladina akustického tlaku  $p$  = efektívna hodnota akustického tlaku,  $p_0$  = referenčná hodnota akustického tlaku, hladina akustického výkonu. Hladina zvuku PA = efektívna hodnota akustického tlaku kmitočtu vážená filtrom A. Kmitočtová charakteristika typu A je v súčasnej dobe používaná pri prevažnej väčšine hygienických meraní. Kmitočet je frekvencia za jednu sekundu f. (Kaňák, 2008)

Druhy hlukov:

- Ustálený hluk – je taký zvuk, ktorého hladina zvuku LAF sa nezmení v čase a kolíše v menšom rozsahu ako 5 dB. Pri meraní zisťujeme ustálený údaj zo zvukomeru, pričom sledujeme, či výška nameranej hodnoty sa nelísi o viac ako o 5 dB a z nameraných hodnôt vypočítame aritmetický priemer.
- Pomerný prerušovaný hluk – je hluk, ktorého hladina zvuku LAF sa mení skokom z hlučného na tichý interval a naopak. Ak sú hladiny zvuku v každom intervale ustálené, meriame ju ako v predošлом prípade okrem hladiny hluku A. Pre hlučný a tichý interval uvádzame aj časový podiel intervalov. Bud' v absolútnej hodnote alebo v percentách času, či ako pomer.
- Pomerný hluk nepravidelný – sa vyznačuje meniacou sa hladinou zvuku v čase, kedy zmeny presahujú 5 dB a sú náhodné, alebo sa opakujú v zložitých cykloch. Meranie takéhoto hluku spočíva v stanovení podielu jednotlivých hlukových hladín, pričom doba merania musí byť zvolená tak, aby v jej priebehu boli s dostatočnou pravdepodobnosťou zastúpené všetky obvyklé hlukové udalosti.
- Pomerný hluk impulzný – je charakterizovaný hladinou hluku, ktorá rýchlo rastie k maximu a následne rýchlo klesá tak doba trvania jedného pulzu je menšia ako 200 ms a interval medzi jednotlivými pulzmi je väčší než 10 ms. Podľa priebehu okamžitých hodnôt zvukového tlaku sa rozoznávajú dva tipy impulzov:
  - a. Impulz sprevádzaný dozvukom v podobe tlmeného sínusového kmitu, typ A.
  - b. Impulz típu N, charakteristický pre sonický trest a iné podobné zdroje.(Havránek, 1990)



Obr. 2 Druhy hluku podľa časového priebehu (Havránek, 1990)

Akustický tlak  $p$  [Pa] je skalárna veličina určujúca rozdiel medzi okamžitým a statickým tlakom. Vzorec pre harmonický signál je daný vztahom:

$$p = p_0 \cos \omega \left( \tau - \frac{x}{c} \right) \quad (2)$$

Hladina akustického tlaku  $L_p$  [dB] je jednotkou zvukovej energie vysielané zdrojom hluku. Jej referenčná hodnota pre vzduch je  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa. Vzťah je v tvare:

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (3)$$

Hladina akustického výkonu  $L_w$  [dB] je nezávislá na podmienkach, v ktorých sa určuje nevyhnutnou veličinou pre posudzovanie vplyvu hluku na zdravie človeka, ekonomiku spoločnosti a ich životnú úroveň. Referenčná hodnota akustického výkonu je  $P_0 = 10^{-12}$  W. Je definovaná vztahom (Vágnerová, 2013):

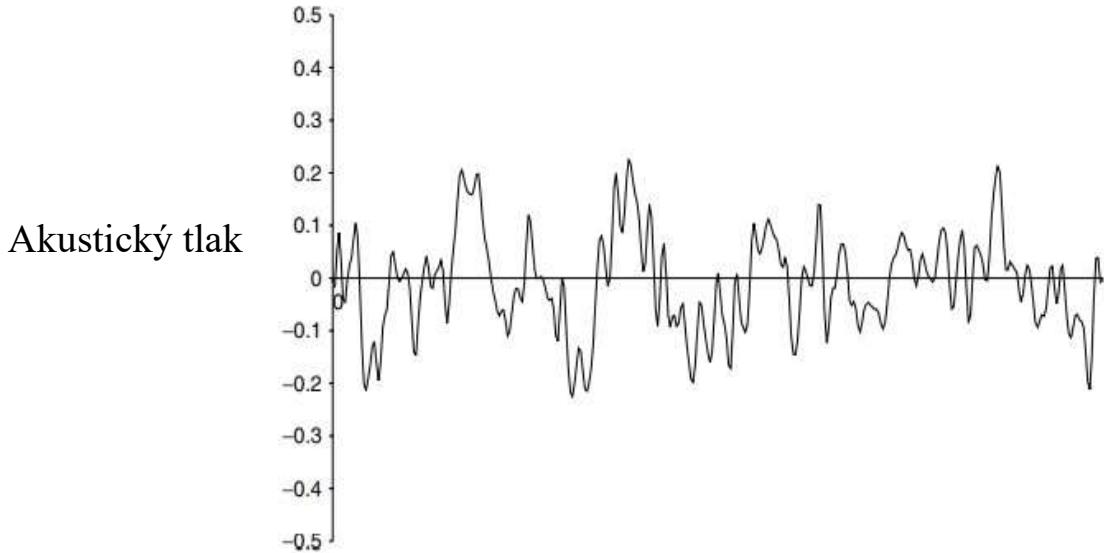
$$L_w = 10 \log \frac{P}{P_0} \quad (4)$$

Hladina akustickej intenzity  $L_I$  [dB] vzrastie o 10 decibelov pri zvýšení akustickej intenzity o jeden riadok (desaťnásobok) a je definovaný vztahom (Mišun, 2005):

$$L_I = 10 \log \frac{l}{l_0} \quad (5)$$

#### 1.1.4 Hluk a ako sa správa

Meria sa ako každá iná dĺžka v metroch. Za normálnych podmienok môže mať hluk zvukové vlnové dĺžky v rozmedzí od niekoľkých centimetrov do niekoľkých metrov. Napríklad pri 1 kHz vlnová dĺžka bude asi 34 cm. Pri 100 Hz je vlnová dĺžka okolo 3,4 m. Vlnová dĺžka a frekvencia konkrétnej vlny súvisia s jednoduchými rovnicami:  $v = \lambda f$  (1:1), kde je rýchlosť  $v$  a  $\lambda$  akou vlna cestuje (to sa mierne mení s teplotou, ale je asi 340 ms<sup>-1</sup> vo vzduchu pri izbovej teplote);  $f$  je jeho frekvencia;  $\lambda$  je jeho vlnová dĺžka. Vyššie uvedenú rovinu možno prepísat na  $\lambda = v/f$  v takom prípade je ľahké vypočítať frekvenciu zodpovedajúcu danej vlnovej dĺžke. Prípadne, ak je potrebné vypočítať vlnovú dĺžku z a znalosť frekvencie, môže byť vyjadrená ako  $\lambda = v/f$ . Frekvencia vlny je počet úplných vln, ktoré prechádzajú ľubovoľnými konkrétnymi bodmi v priebehu jednej sekundy. Jednotkou frekvencie je Hertz. Ak je frekvencia 1000 Hz t. j. 1kHz, tak to bude 1000 úplných vln ktoré dorazia za jednu sekundu. Frekvencia čistého tónu, ako je táto, je veľmi úzka. Súvisí s jeho zjavnou výškou tónu. Vysoký zvuk ma vysokú frekvenciu, zatiaľ čo nízky tón má nízku frekvenciu. Rozsah tónov ktoré sú bežné sa považuje za počuteľné pre ľudí, pohybuje sa od 20 do 20 000 Hz alebo 20 kHz. To v sebe skrýva veľké rozdiely v počutí schopnosti rôznych jednotlivcov. S pribúdajúcim vekom u ľudí je problém najmä to, že strácajú schopnosť počuť vysoké frekvencie. V žiadnom prípade tu neexistuje žiadny ostrý medzný bod na oboch koncoch frekvenčného rozsahu. Pri týchto skutočnostiach sú to iba nevyhnutné extrémy, aby boli hlasnejšie a aby ich bolo počuť. Zatiaľ čo sa dajú ľahko generovať čisté tóny, ako je ten, ktorý je popísaný vyššie, väčšina skutočných zvukov nie sú čisté tóny. Niektoré, napríklad noty vyrobené z muzikálnej nástroja, sú zmesou relatívne malého počtu frekvencií, ktoré sú navzájom súvisiace môžete vidieť na (Obr.3). Napríklad nota, ktorá je založená na 440 Hz môže obsahovať aj komponenty pri 880, 1320, 1760 Hz. (Smetana, 1998)



Obr.3 Zmes relatívne malého počtu frekvencií (<http://www.1sg.sk/~pkubinec/hudba.html>)

### 1.1.5 Decibelová stupnica

Zvuk sa v podstate skladá z pohyblivej série kolísania tlaku a normálna jednotka tlaku je pascal (skrátene Pa). Avšak, merať zvuk v pascaloch nie je normálne, namiesto toho sa meria zvuk v decibeloch, skrátene používa sa stupnica. Decibelová stupnica (Obr.3) je logaritmická, ktorá sa komprimuje do veľkého rozsahu hodnôt a do oveľa menšieho rozsahu. Napríklad rozsah zvukového tlaku od 0,00002 do 2,0 Pa je v decibelovej stupnici vyjadrené ako rozsah od 0 až 100 dB. Spravidla sa uvádzajú dve odôvodnenia pre použitie decibelovej mierky:

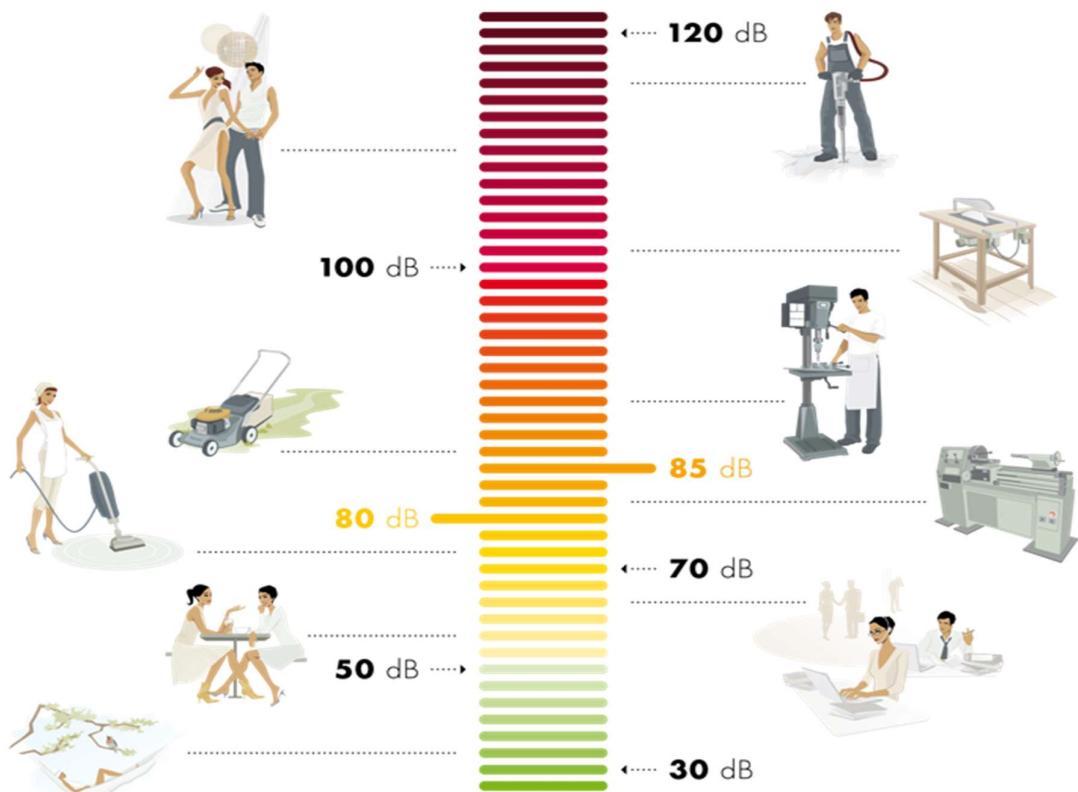
1. Rozsah hodnôt zahrnutých do merania amplitúdy zvuku je nepríjemne veľký
2. Ľudské ucho nereaguje lineárne na rôzne úrovne zvuku a decibelová stupnica sa viaže na meranie zvuku bližšie k subjektívnym dojmom hlasitosti.

Ani jedno z týchto vysvetlení neobstojí nad kontrolou. Vyrovnanie sa s väčšími rozsahmi hodnôt pri meraní iných veličín (dlžka a peniaze sú len dva príklady). Určite je pravda, že naše uši nereagujú lineárne k zmenám akustického tlaku. Inými slovami zdvojnásobenie akustického tlaku. Inými slovami zdvojnásobenie akustického tlaku nezdvojnásobuje zjavnú hlasitost' zvuku, avšak nie lineárne reagujú aj na decibelovú

stupnicu, takže v tomto ohľade získavame málo pomocou decibelovej stupnice. Nech už sú pôvodné dôvody pre prijatie decibelovej stupnice rôzne, teraz sa používa univerzálna, takže neexistuje iná alternatíva, ako to urobiť (obr.1.4.).

Používanie logaritmickej stupnice pochádza z čias pred elektronickými kalkulačkami, keď bolo veľa výpočtov vykonaných pomocou knihy logaritmov alebo „logovacie“ tabuľky. Vďaka tomu boli logaritmy každému oveľa známejšie a preto potrebovali pravidelne vykonávať výpočty. Oveľa menej ľudí je v dnešnej dobe s nimi oboznámený. Našťastie pomocou kalkulačky výpočtov decibelov je možné vykonávať bez veľkého porozumenia jazyka ako logaritmy fungujú. V iných oblastiach rôzne logaritmy – nazývajú sa prirodzené logaritmy a používajú sa prirodzené logaritmy a používajú sa skratky log alebo ln. Hluk na pracovisku využíva všetky logaritmy, ktoré budú známejším systémom založeným na číslo 10. Niekedy sa im hovorí „logy na základňu 10“, skrátene log10, log alebo jednoducho lg. Pôsobenie hluku na človeka predstavuje Lehmanove rozdelenie pásiem hluku podľa rôznej intenzity (Jokl, 2002) :

- **0 dB** – bezzvukovosť, ktorá je pre človeka škodlivá, je to hodnota pod absolútym prahom počuteľnosti
- **Do 30 dB** – normálne prírodné prostredie, šum dažďa, vetra, pohyby ľudí, zvierat a podobne.
- **30 – 65 dB** – hluk relatívny, ktorý sa za určitých okolností môže stať pre človeka škodlivý. Rozhodujúci je citový vzťah človeka k hluku, najmä pri dlhotrvajúcom pôsobení. Ide o normálny rozhovor, tichú až stredne hlučnú ulicu.
- **65 – 95 dB** – absolútny hluk, ktorý sa pre človeka stáva rýchlo škodlivý bez ohľadu na duševný postoj. Funkčné telesné zmeny sú závislé predovšetkým od hladiny hluku. Je to hluk na veľmi rušných križovatkách v továrenských halách, krik.
- **95 – 130 dB** – okrem vzniku duševných a funkčných telesných reakcií skôr alebo neskôr sa poškodzuje sluch. Je to hluk vo veľmi hlučných továrenských prevádzkach, hluk startujúceho lietadla, veľkých motorov a strojov, silné unikanie pary a podobne.
- **Nad 130 dB** – prah bolesti. Hluk spôsobuje bolest' a poškodzuje vnútorné ucho. (Humanet, 2017)



Obr. 3 Decibelová stupnica (<https://www.klimafil.sk/obchod/ochrana-sluchu/peltor-chranice-sluchu>)

### 1.1.6 Vzťah medzi vystavením hluku a stratou sluchu

Ak sa má zabrániť poškodeniu sluchu a obmedzením vystaveniu hluku pri práci, potom je potrebné mať určité kvantitatívne pochopenie vzťahov medzi hladinou akustického tlaku, frekvenciou, dobu pôsobenia a stupňom poškodenia spôsobilosti. Po zistení, že existuje riziko pre sluch, by to však bolo neetické zdržať sa prijatia všetkých primeraných opatrení, aby sa tomu zabránilo. Počas 60. rokov sa vo svete urobilo veľa práce ustanoviť vzťahy medzi vystavením hluku a sluchom vyvolaným stratou hluku. V tom čase bolo pomerne ľahké nájsť obyvateľstvo, ktoré pracovalo v jednej práci a niekoľko rokov boli

vystavený stabilnej hladine hluku. Odvtedy sociálna mobilita, meniac sa vzorce zamestnaní a skutočné opatrenia vlády na obmedzenie vystavenia hluku sťažili ich hľadanie veľké skupiny pracovníkov, ktorých vystavenie hluku je možné zaznamenať počas niekoľkých rokov. Informácie o presnom vzťahu medzi rôznymi ovplyvňujúcimi faktormi poškodenia sluchu je preto neúplné a úplné pochopenie témy sa nikdy nedosiahne. Úplné pochopenie sa však ani nevyžaduje. Potrebné sú dostatočné informácie na vypracovanie právnych predpisov a konzultačných postupov, ktoré sú možné zaviesť do praxe takým spôsobom, aby sa znížilo poškodenie sluchu pri práci a nakoniec vylúčiť bez toho, aby boli znemožnené alebo neekonomicke uskutočnenie základných priemyselných procesov. Pri skúmaní vzťahu medzi vystavením hluku a stratou sluchu existuje rad možností kladenia otázok. Dá sa predpokladať že hlasnejšie zvuky budú mať za následok viacej škôd. (Kaňák, 2008)

## 1.2 Meranie hluku

Existuje viacero spôsobov merania hluku. Každý zo spôsobov ma odlišný postup a mierku. Z meraní mierok a charakterísk sa vytvorili rôzne klasifikačné hľadiská založené na prípustnej hodnote určujúcich veličín kmitania a ich hladín pre rôzne druhy mechanických sústav, technologických postupov a pri rôznych druhoch aktivít človeka. Tieto kritéria majú vplyv na to, či zmenšenie kmitania a hluku znižuje hrozbu poškodzovania organizmu človeka a začaženia prostredia vibro-akustikou energiou. Meranie hluku a kmitania zamerané na ochranu človeka má jasne definované veličiny, ktoré umožňujú deskripciu kvalitatívne a kvantitatívne hodnotenie kmitania a hluku. Na základe výsledkov merania hlukov možno vylepšovať vibroakustické vlastnosti strojov, strojových zariadení, mechanických sústav a prostredia (Nový, 2000). Akustické merania jasne ukazujú rozhranie potencionálneho nebezpečenstva vibroakustickej energie a určujú možnosti jej znižovania. Audiometrické merania umožňujú kontrolovať stupeň počuteľnosti sluchového orgánu jednotlivcov a ich dočasné, alebo trvalé poškodenie. Aj keď sa zdá, že niektoré zdroje hluku emitujú ustálenú hladinu hluku, v praxi sa bežne zistí, že hladina do istej miery kolíše. Niektoré zdroje hluku sa líšia veľmi zreteľne a za veľmi krátku dobu. Zmeny v úrovni môžu obsahovať dôležité informácie, ale veľmi sťažujú ich meranie z dôvodu rýchlo sa meniaceho zobrazenia počítadla. Boli vyvinuté dva štandardné prístupy, ktoré umožňujú čítanie spôsobom, ktorý umožňuje meranie konzistentné výsledky pri použití v rôznych hlukových

prostrediach. To znamená, že kolísanie úrovne v priebehu období by bolo vyhľadený a v podstate stabilný zdroj hluku by bol generovaný na stále čítanie na zvukomere. Rýchla časová konštantá  $1/8$  s, na druhej strane by to umožnilo zvukomeru reagovať oveľa viac rýchlejšie a mohlo by to vyrovnáť zmeny, aj keď by to nikdy nebolo užitočné, keby boli stále požadované. Pri skúmaní hluku na pracovisku bola z týchto dvoch metód užitočná pomalá časová konštantá. Časová konštantá impulzu bola vyvinutá neskôr ako spôsob odhadu účinku impulzívnych zvukov – kladivo, výbuchy atď. Tento typ hluku spôsobuje, že je pre človeka oveľa rušivejší ako zvukové namerané hodnoty (bud' s použitím rýchlej alebo pomalej časovej konštanty). Impulzná časová konštantá však nedodržiava princíp rovnakej energie a používa sa na hodnotenie účinkov vystavenia hluku na sluch a nikdy sa nepoužíva v hodnotení hluku na pracovisku. Niekedy sa stále používa na iné účely. Špičková časová konštantá sa dosť lísi od rýchlej a pomalej časovej konštanty. (Vaňková, 1995), (Hansen, 2012)

### 1.2.1 Základný reťazec meracieho systému

Zvuk, ktorý počujeme sa do sluchového orgánu prenáša vzduchom. Pri zisťovaní hluku je potrebné merať nielen zvuk v blízkosti zdroja, ale aj kmitanie rôznych častí tohto zdroja. Mikrofóny a prvky snímajúce kmitanie sú prevodníkmi, pretože menia akustickú energiu alebo energiu kmitania na elektrický signál, ktorý je následne spracovaný. Pre väčšinu meracej techniky sa mikrofóny a senzory spájajú priamo s jej vstupom, čím vytvárajú najjednoduchší merací reťazec. Vstupný signál zo zvukomera možno zaznamenať a uložiť. (Žiaran, 2006)

### 1.2.2 Zosilňovače

Zosilňovacie obvody neskreslene prenášajú a zosilňujú pomerne slabý elektrický signál zo snímacieho prvku. Do úvahy sa musí vziať najmä prenos signálu s výraznými impulzmi a pri meraní tohto typu hluku sa musí kontrolovať práve nakreslený stav amplitúd signálu v zosilňovačoch. Existujú dva typy zosilňovačov:

1. Napäťový zosilňovač
2. Nábojový zosilňovač (Žiaran, 2006)

### 1.2.3 Kalibrácia

Dôležitosť pri akustických meraniach má aj správna kalibrácia citlivosti zvukomera, kalibruje sa pred každým meraním a tak tiež po jeho skončení. Čím je meranie časovo náročnejšie tým častejšie treba zisťovať možné zmeny citlivosti meracieho reťazca. Ako zdroj normalizovaného akustického signálu slúžia rôzne kalibrátory, ktoré elektricky alebo mechanicky vyvolávajú akustický signál. Každý zvukomer musí byť preskúšaný v autorizovanej skúšobni. (Žiaran, 2006)

### 1.2.4 Merače hladiny zvuku

Niekteré zvukomery sa stále vyrábajú a nedosahujú špecifikácie triedy 2, niektoré sa vyrábali skôr a dokonca spadali pod starú triedu špecifikovanú typom 3 ktoré nie sú vhodné na hodnotenie hluku na pracovisku. Tieto merače môžu byť pre úvodný prieskum uspokojivé, čiže sú presnejšie a sú potrebné na meranie. Môžu sa vykonávať merania hluku na pracovisku s nástrojmi triedy 1 alebo 2, ale uprednostňuje sa trieda 1, najmä ak môžu byť prítomné významné nízke alebo vysokofrekvenčné zložky hluku. Limity presnosti metra triedy 2 v extrémoch sú omnoho širšie a majú väčší frekvenčný rozsah. Prípustné tolerancie merania pre dve triedy zvukomera závisí od príslušnej frekvencie. V zmysle presnosť frekvenčne váženého merania sa často predpokladá, že meranie pomocou zvukomera triedy 1 bude mať nepresnosť približne 1 dB. Meranie vykonané zvukomerom triedy 2 bude mať nepresnosť približne 1:5 dB. Ak je významná časť príslušnej zvukovej energie buď na veľmi vysokej alebo veľmi nízkej frekvencii potom môžu byť nepresnosti väčšie ako toto. Ďalej sa tieto neistoty týkajú iba schopností prístroja. Malo by sa pamätať na to, že existujú aj iné zdroje neistoty, kde hodnotenie expozície hluku na pracovisku a tieto ďalšie neistoty môžu byť niekedy podstatne väčšie ako tie, ktoré sú na danú presnosť prístrojového vybavenia. Integrujúci merač hladiny zvuku je taký, ktorý dokáže premeriavať hladinu zvuku v časovom období. Väčšina meraní hluku na pracovisku sa dnes vykonáva pomocou integrujúceho zvukomera. Neintegrujúce merače sa stále vyrábajú a sú výrazne lacnejšie ako integrované modely. Ich používanie je obmedzené na situácie, v ktorých je hladina hluku v podstate stabilná na dlhšie obdobie. (Žiaran, 2006)

### 1.2.5 Niektoré zložité situácie pri meraní hluku

Niekteré odhady hluku majú jedinečné vlastnosti, ktoré môžu spochybniť vynaliezavosť príslušného posudzovateľa hluku. Práce v stiesnených priestoroch, prevádzka vozidiel a práca so zvieratami sú príkladmi situácií, ktoré si vyžadujú rozšírenie bežnej techniky. Existuje množstvo pracovných situácií, v ktorých je obzvlášť ťažké vykonať užitočné merania hladín hluku, v ktorých je jedinec vystavený. Meranie je v takýchto prípadoch vysoko špecializovaná záležitosť, ktorá sa vo väčšine prípadov odošle k špecialistovi. Ak je dominantný zdroj hluku tak sa predpokladá, že je blízko k uchu zamestnanca do niekoľko centimetrov, potom normálna technika merania v blízkosti hlavy neprinesie uspokojivé výsledky. Toto je normálna situácia, keď má dotknutá osoba nasadené slúchadlá, napríklad posádky lietadiel a rastúci počet call centier pracovníkov. Tu môžu pomôcť dve techniky: jednou z nich je použitie simulátora hlavy a trupu ako na (Obr.4). Jedná sa o atrapu hlavy a ramien, ku ktorým je pripojená náhlavná súprava, ktorú možno namontovať. Potom musí byť napájaný rovnakým signálom, aký by počul skutočný zamestnanec. Druhým prístupom je použitie miniatúrneho mikrofónu vo vnútri zvukovodu. Oboje vyžaduje veľké množstvo vedomostí a skúseností. (Lees, 1999)



Obr. 4 Simulátor hlavy a trupu (<https://www.gomeasure.se/shop/audio-test/head-torso-simulators/gras-45bc-1kemar-head-torso-with-mouth-simulator-for-headset-test-2-ch-lemo/>)

## 1.3 Vplyv hluku na sluch

Zmeny spôsobené silnými zvukmi na zmyslových a nervových bunkách Cortiho orgánu sú spočiatku vratné. Označujú sa ako sluchová únava a prejavujú sa dočasním zvýšením sluchového prahu. Na druhej strane pri dlhodobom a opakovanom pôsobení alebo preťažení zvukovou stimuláciou sa zmeny stávajú nezvratné, pretože bunky strácajú svoju vzrušivosť a zanikajú. Škodlivosť pôsobenia hluku na sluch je závislá na základných fyzikálnych parametroch, ako sú hladina intenzity hluku, intenzita a frekvenčné zloženie zvuku, ale aj na jeho nábehu, opakovaní a trvaní. Okrem fyzikálnych parametrov je poškodenie sluchu závislé aj na zdedených vlastnostiach jedinca a na individuálnej citlivosti na hluk, celkovej životospráve, režimu práce, zdravotnom stave a iných. Horšie pôsobí hluk v lete ako v zime. Psychologický návyk na hluk sa nedá popriť. Je podmienený osobnostnými vlastnosťami na ktorých závisí rýchlosť aj hĺbka návyku. Návyk je treba chápať ako účelovú reakciu, obmedzujúcu neúnosne vysokú úroveň reakcií, ale nie je ju možno považovať za skutočnú adaptáciu. Niekoľko môže byť významným príspevkom k danej dávke hluku zamestnanca uskutočnené jednou alebo viacerými krátkymi, ale veľmi hlučnými udalosťami. Medzi také príklady patrí trieskanie v kameňolome, ktoré sa koná iba raz alebo dvakrát denne, hluk lietadla ovplyvňujúci pracovníkmi letiska. Užitočný spôsob hodnotenia dávok hluku v tomto prípade je potrebné merať príspevok hluku z jednej udalosti pomocou veličiny, ktorá sa oficiálne nazýva úroveň expozície zvuku a má skratku UEZ. To tiež spadá pod širokú škálu ďalších mien a skratiek ako napríklad:

- Úroveň expozície hluku
- Úroveň jednej udalosti

UEZ možno merať priamo pomocou mnohých zvukomerov a je to úroveň, ktorá ak by sa udržiavala v 1 s, obsahovala by rovnaké množstvo zvukovej energie ako skutočná udalosť. (Lees, 1999)

### 1.3.1 Poruchy sluchu

Všeobecne rozoznávame dve skupiny porúch sluchu. Chyby prevodné a chyby percepčné. Chyby prevodné sú spôsobené patologickými zmenami v strednom a vonkajšom uchu. Medzi najčastejšie prevodné chyby patrí mazová zátka a upchatie vonkajšieho zvukovodu, perforácie bubienka alebo abnormálne tuhé upevnenie strmienku v oválnom okienku. Percepčné chyby sa vyznačujú poškodením vnútorného ucha, popr. sluchového nervu samotného. Poškodenie nervu môže byť spôsobené napr. nádorom alebo poškodením

antibiotikami. V starobe sa prejavuje charakteristické zhoršenie sluchu, ktoré je s najväčšou pravdepodobnosťou spôsobené úbytkom vláskových buniek vplyvom veku. Obe skupiny porúch je možné navzájom rozlíšiť pomocou ladičkových skúšok, alebo pomocou audiometrie. Dôležitý fakt pre rozlíšenie poruchy sluchu je, že pokiaľ je kostné vedenie zvuku zachované, jedná sa o prevodnú chybu. Naopak, u poruchy vnímania sú postihnuté oba spôsoby vedení zvuku. (Králiček, 2011)

### 1.3.2 Vizualizácia zvukového poľa

Základné a najefektívnejšie opatrenia, pomocou ktorého môžu byť pracovníci chránení pred hlukom na ich pracovných staniciach spočívajú v eliminácii nebezpečenstva pri jeho zdroji. V prípade strojov sa konštruktéri zameriavajú hlavne na maximalizáciu prevádzkového potenciálu produktu, pričom oveľa menší význam sa pripisuje problémom súvisiacim s emisiou hluku. Z tohto dôvodu predpovedí úrovní emisií hluku strojov sa zriedka uskutočňujú na začiatku fázy numerických simulácií, ale skôr sa tak deje pri odložení do fázy výstavby prototypu alebo dokonca do fázy inštalácie už vyrobených strojov v pracovnom prostredí. Emisiu hluku možno charakterizovať množstvom fyzikálnych veličín, hodnotami, ktoré sa určujú pomocou normalizovaných metód. Základné veličiny sú hladina akustického výkonu vážená A a hladina akustického tlaku vážená B, merané na pracovných staniciach a na iných určených pozíciách. Hodnoty týchto parametrov charakterizujú emitovanú zvukovú energiu, ale neidentifikujú jednotlivé zdroje emisií. Úplne iným zdrojom informácií sú grafy a obrázky znázornené vo forme farebných máp hodnoty charakterizujúcich veličín zvuku vydávaný strojmi a zariadeniami v presne stanovených bodech, ktoré sú nimi obklopené v priestore, známe ako vizualizácie parametrov zvukového poľa. Vizualizácie parametrov zvukového poľa sú metódy prezentácie informácií o zvukovom poli umožňujúce zobrazenia efektov, napríklad zvukový odraz a difracia vĺn v grafickom priestore zvukových parametrov. Tieto vizualizácie možno použiť na lokalizáciu jednotlivých zdrojov emitujúcich zvukovú energiu, ktorými možno určiť smerovosť zdrojov emitujúcich hluk a vyhodnotiť účinnosť protihlukového riešenia. Na vytvorenie vizualizácie zvukového poľa je potrebné mať súbor výsledkov merania parametrov zvukového poľa vykonané v presne definovaných bodech v priestore. Parametre, ktoré sú predmetom vizualizácie, sú hladina akustického tlaku a úroveň intenzity zvuku. Merania potrebné na vypracovanie vizualizácie sú uskutočnené s použitím systémov pozostávajúcich z veľkého počtu meracích prevodníkov. Existujú však aj vizualizačné

techniky, ktorými môžu byť merania urobené pomocou jedinej sondy vedenej po dráhe v priestore okolo daného zdroja hluku. Záznam a konverzia signálov získaných v priebehu meraní do veličín charakterizujúcich zvukové pole nasleduje rozvinutie reprezentácie veličín v grafickej podobe na trojrozmernom alebo dvojrozmernom obrázku skúmaného objektu. To umožňuje identifikáciu obidvoch špecifických prvkov zvukového pola a akustické vlastnosti objektu. Obrázky vytvorené pomocou vizualizačnej techniky môžu byť široko použité pri analýze prototypov strojov postavené ako súčasť procesu projektovania a v stavebníctve napríklad pre kontrolu tesnosti zvukovo izolačných obrazoviek a stien budov. (Rozman, 1996)

### 1.3.3 Priestorový zvuk v teste sluchového vnímania

Ľudské ucho je druhým najdôležitejším zmyslovým orgánom hned' po oku, prostredníctvom ktorých pracovníci získavajú informácie o pracovnom prostredí. Človek v pracovnom prostredí podlieha množstvu rôznych zvukových podnetov, z ktorých časť predstavuje zdroj informácií potrebných na vykonávanie práce. Medzi podnety patria okrem iného slovné správy vymieňané so spolupracovníkmi a zvukové signály generované strojmi, napríklad poplašné bzučiaky a sú doplnkom vizualizácie vnímaných informácií o podmienkach prevládajúcich v práci. Môže to byť v životnom prostredí, kde vznikajú potencionálne riziká, najmä v regiónoch mimo zorného pola. Zvyšnou časťou zvukového prostredia je šum, kde je ľahšie pracovať, ale v mnohých prípadoch má škodlivý účinok na ľudské zdravie. V dnešnej dobe je pracovné prostredie zaručujúce, že pracovníci budú schopní vnímať zásadné zvukové signály v diverzifikovaných podmienkach, v ktorých sa musia považovať za rovnako dôležité ako redukcia vystavenia hluku. Takéto signály sú nevyhnutné z hľadiska bezpečnosti a správnosti vykonanej práce. Verbálne správy sú vydané operátormi a spolupracovníkmi, komunikačné a zvukové výstražné systémy sú nainštalované na pracovisku. V prípade priamych správ a všeobecnej komunikácie je najdôležitejším parametrom rozhodujúcim pre správny príjem obsahu zrozumiteľnosť reči, ktorá môže byť ovplyvnená parametrami posluchovej miestnosti najmä doba dozvuku v závislosti od veľkosti miestnosti a vlastností miestnosti a vlastnosti absorpcie zvuku, úroveň akustického tlaku pozadia a parametre samotného rečového signálu. Ak sa používajú akustické výstražné systémy, je veľmi dôležité, aby kvalita komponentov systému ako sú mikrofóny a reproduktory bola primeraná. K dnešnému dňu bolo vyvinutých množstvo testovacích metód používaných na hodnotenie zrozumiteľnosti reči v pracovnom prostredí.

Štúdie o rozpozneľnosti sluchových signálov nebezpečenstva týkajúcich sa trochu iného okruhu problémov. Každá osoba prítomná v oblasti príjmu signálu nebezpečenstva by mala byť schopná ju rozpoznať a preto signál musí byť zreteľne počuteľný. Zvyčajne sú také signály amplitúdovo alebo frekvenčne modulované zvuky v zásade tónovej povahy. Štúdie o vnímaní zvukových signálov vrátane nebezpečných signálov by mali obsahovať správnu identifikáciu skutočného významu signálu a správne vnímanie smeru, z ktorého vychádza. Tieto štúdie sa zvyčajne uskutočňujú v laboratórnych podmienkach. Testovacie signály a reprodukcia zvukového poľa posluchový priestor prevládajúci na skutočných pracovných staniciach, ktoré sú simulované s použitím systémov reprodukcie priestorového zvuku. Proces vytvárania takýchto simulovaných virtuálnych akustických prostredí sa bežne nazýva auralizácia. Pluralita auralizácie techniky je teraz k dispozícii. V každom z nich je dosiahnutie efektu priestorového zvuku a viacstupňový proces zahrňujúci záznam zvukovej scény alebo zvuku emitovaného konkrétnym zariadením, následné spracovanie zaznamenaných signálov a ich prehranie na laboratórne nastavenie. (Antoni and Schoukens, 2007), (VÉR, István L. a Leo L. BERANEK, 2006)

## 1.4 Ochrana sluchu

Pred nadmerným zaťažovaním sluchového ústrojenstva vplyvom vysokej hladiny akustického tlaku bolo nutné postupom času vyvinúť rôzne ochranné prostriedky, ktoré obmedzujú prenos hluku vzduchom a konštrukciami. Na tieto účely sa využívajú materiály a konštrukčné riešenie, ktoré súrne nazývame ako zvukovú izoláciu. Jedná sa predovšetkým o nepriezvučné konštrukcie, tlmiče zvuku, pružné podložky a vložky, materiály s vysokým vnútorným tlmením a materiálov pohlcujúcich zvuk. Do osobitnej skupiny sa radia chrániče sluchu s dostatočným útlmom v širokom frekvenčnom pásme, ktoré zaistujú ochranu sluchu a súčasne neznižujú zrozumiteľnosť reči. Tieto chrániče označujeme ako pasívne. Novšie sú vyvíjané chrániče sluchu s aktívnym potlačením hluku, ktoré kombinujú vlastnosti pasívnych chráničov sluchu a dopĺňajú ich pokročilými funkciami, medzi ktoré patria napríklad aktívne potlačenie hluku, komunikačné zariadenie, chrániče s plochou frekvenčnou charakteristikou a chrániče sluchu s hlinou závislosťí. (Acton, 2005)

### 1.4.1 Pasívne chrániče

Pasívne chrániče sluchu delíme do troch kategórii, podľa ich konštrukcie, od ktorých sa odvíja ich použiteľnosť:

- Pomôcky, ktoré sa zasúvajú do zvukovodu, použiteľné do 100 dB
- Pomôcky, chrániace celé vonkajšie ucho pre rozsah od 100 do 120 dB
- Pomôcky, chrániace celú lebku, doporučujú sa pre hladiny nad 120 dB

Chrániče volíme v závislosti na frekvenčnom spektre hluku a na vykonávanej práci. Väčšina chráničov sluchu nemá rovnakú frekvenčnú charakteristiku, ale so zvyšujúcou frekvenciou narastá ich útlm.

Do prvej skupiny ochranných pomôcok patrí mikrovata, rezonančné chrániče a plastové zátky.

Do druhej skupiny patria slúchadlové chrániče, ktoré sa skladajú z dvoch mušlí, ktoré kryjú celé vonkajšie ucho a sú vyrobené z kovu, alebo plastu. Ďalšou súčasťou je náhlavný oblúk, ktorý spája obe mušle. Ten je zvyčajne vyrobený z prepnutého plechu, prípadne z plastu. Samotný útlm hluku je dosiahnutý výplňou, ktorá je zvyčajne zo sklenenej mikrovaty, polyuretánu alebo vaty. Na utesnenie mušlí, dobrému priľnutiu na hlavu a pohodlnému noseniu slúžia dosadacie plochy, tzv. „náušníky“ ktoré sú obvykle vyrobené z mäkkej gumy, mäkčeného PVC, polyuretánu alebo iného mäkkého nepriedušného materiálu. V zvláštnych prípadoch a zvlášť na letiskovej prevádzke sa používajú chrániče spadajúce do tretej kategórie.

Najčastejšie sa jedná o protihlukové kukly a prilby.(Rozman, 1996)

### 1.4.2 Aktívne chrániče

Aktívne chrániče sluchu sa najčastejšie odvíjajú z druhej kategórie pasívnych chráničov sluchu. Doplňujú ich o ďalšie funkcie, ktoré zlepšujú ich parametre, poprípade uľahčujú ich používať a zaistujú okrem ochrany sluchu aj väčší komfort a bezpečnosť na pracovisku.

Aktívne chrániče delíme na:

- Chrániče sluchu s hlininou závislosťí: Chrániče sluchu s hlininou závislosťí sú navrhnuté pre rôzny útlm v závislosti na hlinine akustického tlaku. Sú určené do prostredia s impulzným, alebo prerušovaným hlukom, ktorý v prípade kludových intervalov umožňuje komunikáciu s okolím

- Chrániče sluchu s plochou frekvenčnou charakteristikou: Tieto chrániče vynikajú rovnakým útlmom v širokom frekvenčnom pásme, čiže nízkym skreslením okolitého zvuku a zaistujú tak bezproblémovú komunikáciu s okolím
- Chrániče sluchu s aktívnym potlačením hluku: Do tejto skupiny patria chrániče sluchu s vstavaným systémom pre aktívne potlačenie hluku, vďaka ktorému je možné potlačiť aj hluk, ktorý prechádza cez samotný pasívny chránič. Tieto chrániče zlepšujú útlm najmä v nízkych kmitočtoch, ktoré sú konštrukčne zložité pasívnym chráničom potlačiť. Podrobnejšie bude tento systém napísaný v samostatnej kapitole
- Chrániče sluchu s komunikačným systémom: Tieto chrániče sú najčastejšie vyrábané v kombinácii s predchádzajúcim systémom aktívneho potlačenia hluku. Jedná sa o chrániče, ktoré majú zabudované komunikačné zariadenie ktoré sprostredkúva príjem informácií. Jedná sa o zátkové chrániče, ktoré samotné tlmia hluk z okolia a sprostredkovávajú spätný odposluch pre umelcov, či moderátora. (Rozman, 2006)

#### 1.4.3 Chrániče sluchu s aktívnym potlačením hluku

Chrániče sluchu s aktívnym potlačením hluku spočívajú na princípe potlačenia hluku, prechádzajúci cez pasívny chránič a docieliť tak čo najdokonalejšieho potlačenia hluku. Aktívne potlačenie hluku funguje na princípe interferencií zvukových vĺn. Hluk je snímaný mikrofónmi, spracovaný a následne s opačnou fázou a presnou ekvalizáciou a amplitúdou generovaný elektroakustickými meničmi. V ideálnom prípade nastane jav zápornej interferencie a zvukové vlny sa odpočítajú. Vzhľadom k základným vzťahom akustiky a vlastnosti šírenia zvuku možno dobré výsledky dosiahnuť iba v malom priestore, kde v ideálnom prípade nedochádza k odrazom. Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim výsledok aktívneho potlačenia hluku je fakt, že intenzita zvuku klesá s kvadrátu vzdialenosťi. Ak sa teda budeme približovať zdrojmi hluku a zároveň sa budeme oddaľovať zdrojmi rušenia hluku, či naopak, bude dochádzať k nameraniu medzi intenzitou hluku v protifáze a aktívne potlačenie hluku nebude účinné. V reáli tiež musíme zohľadniť vlastnosti priestoru, v ktorom chceme aktívne potlačenie hluku aplikovať. Priestory s dlhým dozvukom sú pre aktívne potlačenie hluku nevhodné. V súčasnej dobe sú vyvíjané systémy

aktívneho potlačenia hluku integrované v automobiloch, slúchadlách a serverových skriniach. Aktívne potlačenie hluku sa stalo súčasťou telekomunikácií, kde sa používa na odstránenie hluku z telefónneho hovoru. (Auris, 2013)

## **2 Ciel' práce**

Cieľom bakalárskej práce je analýza hlučnosti ako faktora pracovného prostredia pri práci na stavenisku. Pre splnenie cieľa bakalárskej práce je nevyhnutné:

- Zmerať hlučnosť pri jednotlivých pracovných činnostach (práca s karbobrúskou, vŕtačkou, minirýpadlom)
- Výpočet expozície hluku podľa NV 115/2006 Z. z.
- Vypočítané hodnoty porovnať s legislatívou SR
- Určenie rizikových kategórií
- Návrh opatrení

### 3 Metodika práce

#### 3.1 Kategorizácia prác podľa vyhlášky 448/2007

Táto vyhláška zo 7.septembra 2007 hovorí o podrobnostiach o faktoroch práce a pracovného prostredia vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík a o náležitostach návrhu na zaradenie prác do kategórii. V tejto práci použijem zaradenie prác do kategórii podľa hluku.

Hluk	
Kategória	Charakteristika prác
1.	a) Práce, pri ktorých je predpoklad, že normalizovaná hladina expozície hluku LAEX,8h neprekročí 75 dB alebo vrcholová hladina C akustického tlaku LCPk neprekročí 130 dB.  b) Práce, pri ktorých je nerovnomerne rozvrhnutý pracovný čas alebo pri ktorých sa expozícia hluku v priebehu týždňa mení, pričom je predpoklad, že týždenný priemer denných hodnôt normalizovanej hladiny hlukovej expozície za 40- hodinový týždeň neprekračuje 75 dB a normalizovaná hladina expozície hluku LAEX,8h ani za jednu pracovnú zmenu neprekročí dolnú akčnú hodnotu expozície hluku
2.	Práce, pri ktorých nie je prekročená horná akčná hodnota expozície hluku, ale normalizovaná hladina expozície hluku LAEX,8h je väčšia ako 75 dB alebo vrcholová hladina C akustického tlaku LCPk je väčšia ako 130 dB.  b) Práce, pri ktorých je nerovnomerne rozvrhnutý pracovný čas alebo pri ktorých sa expozícia hluku v priebehu týždňa mení, pričom týždenný priemer denných hodnôt normalizovanej hladiny hlukovej expozície za 40- hodinový týždeň prekračuje 75 dB, ale neprekračuje hornú akčnú hodnotu expozície hluku
3.	a) Práce, pri ktorých je prekročená horná akčná hodnota expozície hluku, ale prekročenie normalizovanej hladiny expozície hluku LAEX,8h je menšie ako 10 dB alebo prekročenie vrcholovej hladiny C akustického tlaku LCPk je menšie ako 3 dB.  b) Práce, pri ktorých je nerovnomerne rozvrhnutý pracovný čas alebo pri ktorých sa expozícia hluku v priebehu týždňa mení a týždenný priemer denných hodnôt normalizovanej hladiny hlukovej expozície za 40- hodinový týždeň prekračuje hornú akčnú hodnotu expozície.
4.	a) Práce, pri ktorých je prekročená horná akčná hodnota expozície hluku a prekročenie normalizovanej hladiny expozície hluku LAEX,8h je 10 dB a viac alebo prekročenie vrcholovej hladiny C akustického tlaku LCPk je 3 dB a viac.  b) Práce, pri ktorých normalizovaná hladina expozície hluku alebo vrcholová hladina C akustického tlaku zodpovedá kritériám kategórie 3 a zároveň sa u zamestnancov zisťujú zmeny sluchu vo vzťahu k pôsobeniu hluku.

### 3.2 Prístroj na meranie hluku

#### 1. Integračný zvukomer - Brüel & Kjaer Type 2240

Typ 2240 je veľmi jednoduchý na používanie a je v súlade so všetkými najnovšími zvukovými normami pre merače hladiny. Ako integračný priemer zvukomer, meria ekvivalent priemer hladiny akustického tlaku Leq. Okrem toho meria okamžitú, maximálnu a špičkovú hodnotu hladiny akustického tlaku súčasne. Typ 2240 ktorý môžete vidieť na Obr. 5 je navrhnutý tak aby nám uľahčil život. Všetky parametre sa merajú súčasne, nie je potrebné žiadne nastavenie. Technické parametre môžete vidieť v tabuľke 1.



Obr.5 Integračný zvukomer - Brüel & Kjaer Type 2240

Tab. 1 Technické parametre Merač úrovne zvuku - Brüel & Kjaer Type 2240:

Merajú sa súčasne štyri parametre: LAF, LAF max, LAeq, LCpeak
Celkový rozsah merania: 30 – 140 dB
Vrchol: 60 – 143 dB
Rozsah frekvencie: 20Hz – 16kHz
Referenčná frekvencia: 1000 Hz
Dve alkalické batérie 1,5 V LR 6 / AA
Rozmery: 230 x 78 x 31 mm vrátane mikrofónu
Hmotnosť: 245 g (8,64 oz) vrátane batérii

### 3.3 Výpočet normalizovanej hladiny expozície hluku

1. Ekvivalentná hladina v prípade pôsobenia ustálených hladín  $L_i$  počas intervalov  $T_i$  možno  $L_{Aeq}$  určiť zo vzťahu:

$$L_{Aeq} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right] \quad (6)$$

$T$  je trvanie integrácie,  $T = t_2 - t_1$

Značka :  $L_{Aeq}$

Jednotka: dB

Index v značke môže byť doplnený časovým údajom  $T$ , napríklad  $L_{Aeq,8h}$ .

2. Normalizovaná hladina expozície hluku je hladina určená z ekvivalentnej hladiny A zvuku prepočtom na menovitý 8-hodinový pracovný deň podľa vzťahu:

$$L_{AEX,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \log (T/T_0) \quad (7)$$

de  $T$  je trvanie ekvivalentnej hladiny A zvuku počas pracovnej zmeny,

$T_n$  je menovité trvanie pracovnej zmeny 8 h.

Značka:  $L_{AEX,8h}$

Jednotka: dB

## 4 Výsledky práce

### 4.1 O firme SC Statik, s.r.o.

Firma SC Statik, s.r.o. v Nitre je schopná zabezpečiť komplexnú projektovú dokumentáciu vrátane architektúry, statiky stavieb, inžinierskych sietí, ostatných požadovaných súčasťí projektov a tiež inžiniersku činnosť. Spoznáte nás podľa loga na Obr.6. Má skúsenosti so všetkými tromi investičnými etapami: predpríprava, príprava a realizácia stavby vrátane stavebného dozoru. Táto firma má dostatočné skúsenosti, možnosti a tiež kontakty na inštitúcie v našom regióne, ktoré sa vyjadrujú k jednotlivým etapám projektovej prípravy stavieb. Je to spoločnosť, ktorá je schopná zvládnuť početnú tímovú spoluprácu v rámci inžinieringu, projektovania a v rámci dodávateľských činností a prác.

Realizuje výstavbu a zateplňovanie rodinných domov pre individuálneho zákazníka, realizáciu a zateplňovanie bytových domov ako aj developerských projektov, kde sa vždy snažia spojiť ekonomicosť, energetickosť a funkčnosť. Vie vám poradiť aj v oblasti inžinieringu, prípadne mnohé úkony vybaviť za vás. Už na začiatku projektovania investičného zámeru je nevyhnutné vedieť, aké iné úkony je potrebné vykonať, treba ich správne naplánovať a pripraviť, aby sa samotný začiatok výstavby zbytočne nepredlžoval. Vďaka efektívne zvládnutému inžinieringu sa dá vyhnúť zbytočnému navýšeniu nákladov. Poskytuje spoločné a stabilné služby v oblasti vypracovanie projektov statiky stavebných konštrukcií pozemných a inžinierskych stavieb. Statický posudok, prípadne projekt, vedia zabezpečiť pre rodinné domy, bytové domy, občiansku vybavenosť a pod.



Obr.6 logo firmy (<https://www.scstatik.sk/>)

## 4.2 Popis strojov a prístrojov použitých pri meraní hluku

Na obrázkoch 7-10 môžete vidieť stroj a náradie, na ktorých sme uskutočnil merania hlučnosti pri práci. V tabuľkách 2-5 môžete vidieť technické parametre náradí a stroja.



Obr.7 Akumulátorové kombinované kladivo Makita DHR241RTJ

Tab. 2 Technické parametre pre akumulátorové kombinované kladivo Makita DHR241RTJ:

Voľnobežné otáčky	0 - 1.100 min <sup>-1</sup>
Počet úderov naprázdno	0 – 4.000 min <sup>-1</sup>
Max. vŕtací výkon – ocel/betón/drevo	13 / 20 / 26 mm
Sila jednotlivého príklepu	2,0 J
Akumulátor	18 V
Hmotnosť	4,0 kg
Rozmery (D x Š x V)	417 x 84 x 219 mm



Obr. 8 Akumulátorová uhlová brúska Makita DGA504ZJ

Tab.3 Technické parametre pre akumulátorovú uhlovú brúsku Makita DGA504ZJ:

Voľnobežné otáčky	8.500 min <sup>-1</sup>
Priemer brusného kotúča	125 mm
Veľkosť vretena	M14 x 2
Akumulátor	18 V
Hmotnosť	2,5 kg
Rozmery (D x Š x V)	362 x 140 x 145 mm



Obr.9 Uhlová brúška GWS 750 Professional

Tab.4 Technické parametre pre Uhlovú brúsku GWS 750 Professional:

Menovitý príkon	750W
Voľnobežné otáčky	11.000 min <sup>-1</sup>
Ø kotúča	125 mm
Výkon	380 W
Závit brúsneho vretena	M14
Rozmery (D x Š x V)	270 / 73 / 100 mm
Hmotnosť	1,8 kg
Spínač	Aretovateľný spínač



Obr.10 Minirýpadlo Kubota U 10 - 3

Tab.5 Technické parametre pre Minirýpadlo Kubota U 10 – 3:

Prevádzková hmotnosť'	1120 kg
Šírka lyžice	398 mm
Objem lyžice	24 l
Max. sila kopania - rameno	5.4 kN
Max. sila kopania - lyžica	10.4 kN
Šírka gumových pásov	180 mm
Zarovnávacia radlica š x v	750 / 990 x 200 mm
Dĺžka	2980 mm
Výška	1420 mm
Šírka	990 mm
Motor	Kubota E-TVCS
Výkon	7.4 kW
Palivo	Nafta

### 4.3 Popis práce

V práci sme merali pomocou zariadenia na meranie úrovne zvuku hluk na stavenisku v Párovských Hájoch (Obr.6). Merali sme ho tak, že sme mali mikrofón na merači smerom k uchu zamestnanca. Ten pracoval a my sme mu prístroj držali pri uchu niekoľko minút v daných intervaloch. Hluk sme merali pri práci s akumulátorovou vŕtačkou, akumulátorovou karbobrúskou, uhlovou brúskou a na minirýpadle. Namerané hodnoty sme zapisovali do tabuľiek. Následne sme hodnoty spracovali v programe Excel. Všetky namerané hodnoty možno vidieť v (Tab.6-19).

Vypočítali sme normalizovanú hladinu expozície hluku pre 8 hodinovú smenu (Tab.28-32) a 12 hodinovú smenu (Tab.33-37). Z týchto výpočtov sme dostali hodnoty, ktoré sme porovnávali z platnou legislatívou k danej téme (Tab.38), kde sme zistili že pri práci s väčšinou uvedených zariadení je hodnota hlučnosti vysoká a môže spôsobiť zamestnancom ujmu na zdraví. Preto sme následne urobili návrh opatrení. Po opatreniach môžeme vidieť ako sa zmenila riziková skupina (Tab.39).



Obr.11 Stavenisko v Párovských Hájoch

#### 4.4 Namerané hodnoty

Tab.6 Pílenie oceľovej výstuže akumulátorovou karbobrúskou meranie č.1

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	82,0	82,7	84,2	97,8
2	84,5	83,9	89,5	104,1
3	84,4	83,9	88,4	102,7
4	84,0	83,6	88,5	105,0
5	85,5	85,1	90,5	103,5
6	83,0	83,4	88,8	102,8
7	89,0	86,4	91,3	103,2

Tab.7 Pílenie oceľovej výstuže akumulátorovou karbobrúskou meranie č.2

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	88,6	85,0	90,8	103,7
2	87,6	84,5	89,0	104,9
3	88,3	86,7	90,0	102,9
4	89,2	87,4	90,7	103,9
5	86,9	85,2	91,6	104,1
6	85,1	85,8	91,7	103,8
7	86,3	86,7	92,2	104,3

Tab.8 Pílenie oceľovej výstuže akumulátorovou karbobrúskou meranie č.3

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	88,8	88,9	94,2	106,6
2	88,2	88,4	91,6	105,1
3	88,9	86,8	89,6	102,4
4	87,6	87,3	91,0	103,5
5	88,3	87,7	92,8	103,6
6	88,2	86,6	89,9	103,9
7	87,9	87,5	88,3	103,9

Tab.9 Pílenie betónového obrubníka uhlovou brúskou meranie č.1

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	100,5	99,8	102,1	113,0
2	102,0	99,1	103,7	113,0
3	102,1	100,4	104,8	113,0
4	103,1	103,2	106,1	113,7
5	100,1	99,2	104,4	112,9
6	103,2	101,0	105,7	113,8
7	100,8	100,7	105,8	113,8

Tab.10 Pílenie betónového obrubníka uhlovou brúskou meranie č.2

P.Č.	LA	Laeq	LAmax	Lcpeak
1	102,5	100,3	105,2	113,1
2	101,1	99,4	103,2	112,9
3	103,1	101,7	106,0	113,4
4	100,6	99,7	104,5	113,5
5	106,1	104,2	106,5	114,2
6	101,1	98,7	103,2	112,9
7	104,8	101,8	104,9	113,3

Tab.11 Pílenie betónového obrubníka uhlovou brúskou meranie č.3

P.Č.	LA	Laeq	LAmax	Lcpeak
1	101,5	99,4	102,8	113,3
2	102,5	101,6	105,9	113,5
3	102,9	101,3	104,7	113,1
4	102,0	99,1	103,6	113,2
5	103,1	100,0	103,6	113,2
6	104,1	102,3	106,4	114,4
7	103,9	102,1	106,2	114,1

Tab.12 Pílenie oceľovej výstuže uhlovou brúskou meranie č.1

P.Č.	LA	Laeq	LAmax	Lcpeak
1	100,1	98,9	101,4	112,7
2	94,5	94,3	98,8	110,5
3	97,3	96,3	99,5	112,5
4	95,8	95,2	101,3	112,4
5	93,2	93,8	99,0	112,2
6	91,5	91,4	96,7	109,8
7	95,1	95,8	101,3	112,7

Tab.13 Pílenie oceľovej výstuže uhlovou brúskou meranie č.2

P.Č.	LA	Laeq	LAmax	Lcpeak
1	92,3	92,8	99,4	111,7
2	93,2	93,1	96,6	108,7
3	92,3	91,3	96,1	108,6
4	93,4	93,0	96,9	108,4
5	95,0	95,0	98,6	112,7
6	96,0	94,0	100,7	112,3
7	94,9	93,1	97,7	110

Tab.14 Pílenie oceľovej výstuže uhlovou brúskou meranie č.3

P.Č.	LA	Laeq	LAmox	Lcpeak
1	95,9	93,5	96,6	107,5
2	96,4	95,1	98,3	108,8
3	95,1	94,2	97,7	109,5
4	96,2	93,6	97,6	108,5
5	96,7	94,1	98,2	109,1
6	96,4	96,0	100,0	110,4
7	95,1	95,8	101,3	112,7

Tab.15 Výkopové práce s rýpadlom Kubota meranie č.1

P.Č.	LA	Laeq	LAmox	Lcpeak
1	78,1	77,9	79,4	99,1
2	77,3	77,1	78,5	97,8
3	76,9	76,7	78,4	98,3
4	74,8	76,0	84,1	101,2
5	65,1	66,6	68,8	94,7
6	67,8	68,0	84,7	104
7	73,3	69,5	72,8	96,3

Tab.16 Výkopové práce s rýpadlom Kubota meranie č.2

P.Č.	LA	Laeq	LAmox	Lcpeak
1	72,2	73,1	76,2	96,1
2	76,6	74,1	92,9	109,7
3	64,1	63,1	68,3	92,1
4	72,5	72,4	75,5	94,5
5	76,4	92,5	82,2	109,4
6	74,7	73,5	79,1	99,5
7	72,1	68,7	82,5	102,8

Tab.17 Vŕtanie s príklepom do tehly s akumulátorovým kombinovaným kladivom meranie č.1

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	90,1	88,8	91,5	102,3
2	90,2	89,0	91,4	102,8
3	90,5	89,2	92,0	104,4
4	89,9	89,3	90,4	101,8
5	90,7	90,0	92,1	104
6	91,1	91,4	92,9	104,3
7	90,6	90,8	91,8	103,2

Tab.18 Vŕtanie s príklepom do tehly s akumulátorovým kombinovaným kladivom meranie č.2

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	89,9	89,5	91,3	102,5
2	91,2	91,8	93,2	104,6
3	90,5	91,2	92,1	103,7
4	91,4	91,1	92,9	106,1
5	91,9	92,1	93,2	105,8
6	91,4	91,3	91,8	103,6
7	91,1	91,5	92,2	104,3

Tab.19 Vŕtanie s príklepom do tehly s akumulátorovým kombinovaným kladivom meranie č.3

P.Č.	LA	Laeq	LAmx	Lcpeak
1	91,7	92,2	93,5	105,2
2	91,9	90,9	92,6	105,4
3	91,6	91,2	92,4	105,8
4	92,1	91,1	93,2	105,6
5	90,7	90,1	91,0	102,8
6	91,5	91,6	92,5	104,9
7	91,7	92,2	93,5	105,2

## 4.5 Vzorový výpočet

Vzorový výpočet pre 8 hodín na pracovisku :

Tab. 20 Časový snímok pracovníka s akumulátorovou karbobrúskou:

	Minúty	dB
Zapnutie	30	82,7
Práca	185	83,9
Prestávka	40	52,5
Práca	185	86,4
Údržba	40	59,4
	480	

Tab. 21 Tabuľka hladín v dB:

	dB
L1	82,7
L2	83,9
L3	52,5
L4	86,4
L5	59,4

Tab. 22 Tabuľka intervalov v minútach:

	Minúty
T1	30
T2	185
T3	40
T4	185
T5	40

Tab. 23 Tabuľka výpočtu  $10\log(T/To)$

T	7,5
To	8
$10\log(T/To)$	-0,28

Tento vzorec na výpočet ekvivalentnej hladiny A zvuku, C zvuku alebo G infrazvuku ( $L_{Aeq}$ ) je použitý z Nariadenia Vlády 115/2006 Z. z. [23]

$$L_{Aeq} = 10\log \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{0,1 \cdot Li} \right]$$

$$L_{Aeq} = [30 \cdot 10^{0,1 \cdot 82,7}] + [185 \cdot 10^{0,1 \cdot 83,9}] + [40 \cdot 10^{0,1 \cdot 52,5}] + [185 \cdot 10^{0,1 \cdot 86,4}] + [40 \cdot 10^{0,1 \cdot 59,4}]$$

$$L_{Aeq} = 10\log \left[ \frac{1}{480} (1,305684025 \cdot 10^{11}) \right]$$

$$L_{Aeq} = 84,35 \text{ dB}$$

$$10\log (T/To) = 10\log (7,5/8) = -0,28$$

$$L_{AEX.8h} = L_{Aeq,T} + 10\log (T/To)$$

$$L_{AEX.8h} = 84,35 - 0,28 = 84,07$$

## 4.6 Výsledky výpočtov pri 8 hodinovej pracovnej zmene

Výsledky výpočtov pri 8 hodinách sú zobrazené v tabuľkách 28 – 32.

Tab. 28 Vypočítané hodnoty pre akumulatorovú karbobrúsku pri pílení oceľovej výstuže

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Aku. Karb.	84,35	84,07	1,8	85,87
Aku. Karb.	84,97	84,69		86,49
Aku. Karb.	87,23	86,95		88,75

Tab. 29 Vypočítané hodnoty pre karbobrúsku pri pílení obrubníkov

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Píl. Obr. Karb.	101,1	100,82	1,8	102,62
Píl. Obr. Karb.	101,72	101,44		103,24
Píl. Obr. Karb.	101,03	100,75		102,55

Tab. 30 Vypočítané hodnoty pre karbobrúsku pri pílení oceľovej výstuže

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Píl. rox. Karb.	94,75	94,47	1,8	96,27
Píl. rox. Karb	93,16	92,88		94,68
Píl. rox. Karb.	94,66	94,38		96,18

Tab. 31 Vypočítané hodnoty pre minirýpadlo Kubota pri výkopových prácach

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Minirýpadlo kubota	74,42	74,14	1,8	75,94
Minirýpadlo kubota	73,85	73,57		75,37

Tab. 32 Vypočítané hodnoty pre vrtačku na baterku pri vŕtaní s príklepom do tehly

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Vrtač. na bat.	88,7	88,42	1,8	90,22
Vrtač. na bat.	91,06	90,78		92,58
Vrtač. na bat.	90,66	90,38		92,18

## 4.7 Výsledky výpočtov pri 12 hodinovej pracovnej zmene

Sú zobrazené v tabuľkách 33 – 37

Tab. 33 Vypočítané hodnoty pre akumulatorovú karbobrúsku pri pílení oceľovej výstuže

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.12h+ULA
Aku. Karb.	84,7	86,3	1,8	88,1
Aku. Karb.	85,3	86,9		88,7
Aku. Karb.	87,6	89,2		91

Tab. 34 Vypočítané hodnoty pre karbobrúsku pri pílení obrubníkov

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.12h+ULA
Píl. Obr. Karb.	101,4	103,0	1,8	104,8
Píl. Obr. Karb.	102,1	103,7		105,5
Píl. Obr. Karb.	101,3	102,9		104,7

Tab. 35 Vypočítané hodnoty pre karbobrúsku pri pílení oceľovej výstuže

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.12h+ULA
Píl. rox. Karb.	94,9	96,5	1,8	98,3
Píl. rox. Karb.	93,6	95,2		97
Píl. rox. Karb.	95	96,6		98,4

Tab. 36 Vypočítané hodnoty pre minirýpadlo Kubota pri výkopových prácach

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Minirýpadlo kubota	75	76,6	1,8	78,4
Minirýpadlo kubota	73	74,6		76,4

Tab. 37 Vypočítané hodnoty pre vrtačku na baterku pri vŕtaní s príklepom do tehly

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA
Vrtač. na bat.	89	90,6	1,8	92,4
Vrtač. na bat.	91,4	93		94,8
Vrtač. na bat.	91	92,6		94,4

## 4.8 Porovnanie výsledkov s vyhláškou 448/2007 Z. z.

Tab.38 Porovnanie výsledkov s vyhláškou a zaradenie do rizikových skupín

	LAEq	LAEX.8h	ULA	LAEX.8h+ULA	Riziková skupina
Aku. Karb	84,35	84,07		85,87	3
Aku. Karb	84,97	84,69		86,49	3
Aku. Karb	87,23	86,95		88,75	3
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA	
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,1	100,82		102,62	4
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,72	101,44		103,24	4
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,03	100,75		102,55	4
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA	
Píl. výs. Uh. Karb.	94,75	94,47		96,27	4
Píl. výs. Uh. Karb.	93,16	92,88		94,68	3
Píl. výs. Uh. Karb.	94,66	94,38		96,18	4
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA	
Aku. Vrtač.	88,7	88,42		90,22	3
Aku. Vrtač.	91,06	90,78		92,58	3
Aku. Vrtač.	90,66	90,38		92,18	3
	LAEq	LAEX.12h		LAEX.12h+ULA	
Aku. Karb	84,7	86,3		88,1	3
Aku. Karb	85,3	86,9		88,7	3
Aku. Karb	87,6	89,2		91	3
	LAEq	LAEX.12h		LAEX.12h+ULA	
Píl. Obr. Uh. Karb	101,4	103,0		104,8	4
Píl. Obr. Uh. Karb	102,1	103,7		105,5	4
Píl. Obr. Uh. Karb	101,3	102,9		104,7	4
	LAEq	LAEX.12h		LAEX.12h+ULA	
Píl. výs. Uh. Karb.	94,9	96,5		98,3	4
Píl. výs. Uh. Karb.	93,6	95,2		97	4
Píl. výs. Uh. Karb.	95	96,6		98,4	4
	LAEq	LAEX.12h		LAEX.12h+ULA	
Vrtač. na bat.	89	90,6		92,4	3
Vrtač. na bat.	91,4	93		94,8	3
Vrtač. na bat.	91	92,6		94,4	3
	LAEq	LAEX.12h		LAEX.12h+ULA	
Minirýpadlo kubota	75	76,6		78,4	2
Minirýpadlo kubota	73	74,6		76,4	2
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA	
Minirýpadlo kubota	74,42	74,14		75,94	2
Minirýpadlo kubota	73,85	73,57		75,37	2

## 4.9 Návrh opatrení

Čísla, ktoré patria do kategórie č.4, podľa zákona 448/2007 sú veľmi rizikové a to znamená, že práce, pri ktorých je prekročená normalizovaná hladina expozície hluku  $L_{AEX,8h}$  je 10 dB a viac alebo prekročenie vrcholovej hladiny C akustického tlaku  $L_{CPK}$  je 3 dB alebo viac.

To znamená že musíme urobiť následné opatrenia:

- Pri  $L_{AEX,8h}$  ktoré sú medzi 85 – 95 dB musíme predĺžiť čas na prestávku o 20 minút
- Ďalej musíme pri práci po každých 30 minút robiť 30 minútovú pauzu. Ak ide o 12 h smenu musí byť každých 20 minút pauza 40 minút
- Pri  $L_{AEX,8h}$  ktoré sú medzi 95 – 105 dB musíme predĺžiť čas na prestávku o 40 minút
- Pri týchto hodnotách musíme robiť prestávky častejšie takže minimálne každých 20 minút 20 minútovú prestávku. Ak ide o 12 h smenu musí byť prestávka každých 20 minút 25 minútová prestávka
- Ďalším opatrením ktoré zamestnávateľ musí splniť je zabezpečenie ochranných pomôcok a to bud' mušľové chrániče sluchu od značky 3M (Obr.12). Ktoré sú vhodné pre všetkých stavebných pracovníkov, sú vysoko výkonné, majú utlmenie 33dB a nie je problém počúvať kolegov aj pri normálnom tóne hlasu ak by sa zdalo že by potrebovali mať väčší útlm dodal by som ušné zátky typu 3M E-A.R s úchytom a šnúrkou ktoré majú útlm 38 dB. Tieto zátky nájdete na (Obr.13).

Ak sa všetky tieto body dodržia mali by sme sa dostať do rizikovej skupiny č. 3.

Čísla, ktoré patria do kategórie č.3, podľa zákona 448/2007, to znamená, že práce, pri ktorých je prekročená horná akčná hodnota expozície hluku, ale prekročenie normalizovanej hladiny expozície hluku  $L_{AEX,8h}$  je menšie ako 10 dB alebo prekročenie vrcholovej hladiny C akustického tlaku  $L_{CPK}$  je menšie ako 3 dB. Pri tejto skupine to stále nie je dobré a preto musíme urobiť nasledovné opatrenia:

- Pri  $L_{AEX,8h}$  medzi 75 – 85 dB bude stačiť ak predĺžime prestávku o 10 minút
- Ďalej musíme pri práci robiť každých 60 minút 15 minútovú prestávku
- Toto platí ak berieme do úvahy 8 hodinovú smenu, ak sa bavíme o 12 hodinovej smene musíme mať každých 50 minút 20 minútovú prestávku
- Pre ešte väčšie zlepšenie útlmu hluku použijeme ochranné slúchadlá GS 01-001 s útlmom 25 dB, ktoré môžete vidieť na (Obr.14).

Ak dodržíme všetky tieto opatrenia tak sa dostaneme na úroveň rizikovej skupiny č. 2.



Obr.12 Mušľové chrániče 3M X4  
([https://www.3mslovensko.sk/3M/sk\\_SK/p/d/v000137013/](https://www.3mslovensko.sk/3M/sk_SK/p/d/v000137013/))



Obr.13 Zátoky s úchytom a šnúrkou  
([https://www.3mslovensko.sk/3M/sk\\_SK/p/d/v000094156/](https://www.3mslovensko.sk/3M/sk_SK/p/d/v000094156/))



Obr.14 Ochranné slúchadlá GS 01-001 (<https://www.oblecsadoroboty.sk/ochranne-sluchadla-gs-01-001-p1336>)

Tab.39 Riziková skupina po opatreniach

	LAEq	LAEX.8h	ULA	LAEX.8h+ULA	Riziková skupina	Skupina po opatreniach
Aku. Karb	84,35	84,07		85,87	3	2
Aku. Karb	84,97	84,69		86,49	3	2
Aku. Karb	87,23	86,95		88,75	3	2
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,1	100,82		102,62	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,72	101,44		103,24	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb.	101,03	100,75		102,55	4	3
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Píl. výs. Uh. Karb.	94,75	94,47		96,27	4	3
Píl. výs. Uh. Karb.	93,16	92,88		94,68	3	2
Píl. výs. Uh. Karb.	94,66	94,38		96,18	4	3
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Aku. Vrtač.	88,7	88,42		90,22	3	2
Aku. Vrtač.	91,06	90,78		92,58	3	2
Aku. Vrtač.	90,66	90,38		92,18	3	2
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.12h+ULA		
Aku. Karb	84,7	86,3		88,1	3	2
Aku. Karb	85,3	86,9		88,7	3	2
Aku. Karb	87,6	89,2		91	3	2
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.12h+ULA		
Píl. Obr. Uh. Karb	101,4	103,0		104,8	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb	102,1	103,7		105,5	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb	101,3	102,9		104,7	4	3
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.12h+ULA		
Píl. výs. Uh. Karb.	94,9	96,5		98,3	4	3
Píl. výs. Uh. Karb.	93,6	95,2		97	4	3
Píl. výs. Uh. Karb.	95	96,6		98,4	4	3
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Vrtač. na bat.	89	90,6		92,4	3	2
Vrtač. na bat.	91,4	93		94,8	3	2
Vrtač. na bat.	91	92,6		94,4	3	2
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Minirýpadlo kubota	75	76,6		78,4	2	1
Minirýpadlo kubota	73	74,6		76,4	2	1
	LAEq	LAEX.8h		LAEX.8h+ULA		
Minirýpadlo kubota	74,42	74,14		75,94	2	1
Minirýpadlo kubota	73,85	73,57	1,8	75,37	2	1

## 5 Záver

Cieľom tejto práce bolo zistiť ako sa hluk chová v pracovnom prostredí a či ovplyvňuje kvalitu pracovného prostredia jednotlivých zamestnancov pri rôznych pracovných činnostiach. Hluk bol počítaný a hodnotený pri rôznych pracovných činnostiach, na rôznych pracovných prístrojoch. Aby sme zistili či je rozdiel medzi tým, že zamestnanec robí 8 alebo 12 hodín urobili sme výpočty a následne ich porovnali. Zamestnávateľ sa v minulosti nezaoberal hlukom tak podrobne, riešil iba všeobecnú bezpečnosť, ako je mať prilby pri práci na stavenisku alebo mať dobré pracovné rukavice.

V práci sme pri výpočtoch zistili, že pri rôznych prístrojoch je hluk odlišný, ale aj tak veľmi vysoký a preto by sme mali urobiť nasledovné opatrenia. Tieto opatrenia nebudú z ekonomickeho hľadiska výhodné, pretože sa na každom prístroji vymenia minimálne traja pracovníci, ktorým treba zakúpiť ochranné pomôcky, ale budú výhodné z hľadiska kvality pracovného prostredia na pracovisku. To znamená, ak sa kúpia kvalitnejšie ochranné pomôcky, zlepší sa pre zamestnancov pracovné prostredie a vylepší sa efektivita práce.

Tab.28 Výsledky výpočtov pri 8 hodinovej pracovnej zmene

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.8h+ULA	Riziková skup.	Skup. Po opatreniach
Aku. Karb.	84,35	84,07	1,8	85,87	3	2
Aku. Karb.	84,97	84,69		86,49	3	2
Aku. Karb.	87,23	86,95		88,75	3	2

Pri vyhodnocovaní opatrení sme zistili že z tabuľky 28 sme sa dostali z rizikovej skupiny 3 do rizikovej skupiny 2. Takže naše opatrenia by mohli fungovať, ak zamestnanci dodržia všetky body. Pre firmu to bude určite pozitívny výsledok.

Tab.34 Výsledky výpočtov pri 12 hodinovej pracovnej zmene

	LAeq	LAEX	ULA	LAEX.12h+ULA	Riziková skup.	Skup. po opatreniach
Píl. Obr. Uh. Karb	101,4	103,0	1,8	104,8	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb	102,1	103,7		105,5	4	3
Píl. Obr. Uh. Karb	101,3	102,9		104,7	4	3

Ak si zoberieme Tab. 34 tak vidíme, že tu nám  $LAEX_{.8h}$  prekračuje najvyššiu normu, takže tu budú opatrenia tvrdšie, to znamená, že budeme potrebovať lepšie ochranné

pomôcky, ktoré budú samozrejme drahšie, ale účinnejšie. Pri vyšších hodnotách budeme musieť mať aj častejšie prestávku, aby si zamestnanec vážne nepoškodil zmyslové orgány.

Na základe týchto poznatkov boli zistené riziká pri ktorých zamestnanci môžu mať zdravotné problémy, napríklad poškodenie sluchu, zmeny krvného tlaku, podráždenosť, problémy so spaním, bolest hlavy. Tým pádom sa môže stať, že sa viacerým pracovníkom naraz poškodí sluch a nebudú schopní pokračovať v práci na stavenisku a tým sa zastaví chod firmy. Preto sme navrhli tieto opatrenia, aby v práci zamestnancom nevznikli predpoklady na chorobu a aby sa mohlo pokračovať vo všetkých prácach bez ujmy na zdravý pocitokorého zo zamestnancov.

Bakalárska práca rieši ochranu pracovníkov voči pôsobeniu nadmernej hlučnosti v danej firme. Hlavným cieľom je chrániť každého jedného zamestnanca, pretože každý jeden z nich je dôležitý pre správne fungovanie firmy.

## 6 Zoznam použitej literatúry

- [1] ACTON, W. 2005 History and development of hearing protection devices. The Journal of the Acoustical Society of America [online]. [cit. 2017-05-18]. Published by: <http://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/1.2024272>
- [2] Antoni J. and Schoukens J. 2007 A comprehensive study of the bias and variance of frequency-response-function measurements: Optimal window selection and overlapping strategies. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0005109807001914>)
- [3] AURIS. 2013 Druhy chráničů sluchu-typy špuntů do uší. Špunty do uší, ochrana sluchu pro DJe a muzikanty, příslušenství k naslouchadlům. [Online]. [Citace: 20. 12 2013.] <http://www.auris-audio.cz/spunty-do-usi-typy>.
- [4] BERAN, V. 2010 Chvění a hluk 1. vydání. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 204 s. ISBN 978-80-7043-916-6
- [5] Jiříček O. 2002 Úvod do akustiky, ČVUT v Praze, ISBN: 80-01-02460-1
- [6] Jokl, Miloslav, 2002, Zdravé obytné a pracovní prostředí, Praha, Academia, nakladatelství Akademie věd České republiky, 264 s, ISBN 80-200-0928-0
- [7] Hansen C. 2012 Active control of noise and vibration, publisher Taylor & Francis Ltd, ISBN13 (EAN): 9780415590617
- [8] HAVRÁNEK, Jiří. 1990, Hluk a zdraví. 1. vyd. Praha: Avicenum, 278 s. ISBN 80-201-0020-2
- [9] KAŇÁK, Jiří. 2008, Akustika v praxi. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, 22 s. ISBN 978-80- 248-1769-9.
- [10] Králíček, P. 2011, Úvod do speciální neurofyzilogie. Plzeň : Vydatelství Galén. 978-80-7262-618-2.
- [11] Lees, T, 1999 Committee on the Problem of Noise. Noise – final report. London: HMSO,  
BS EN 458:1994
- [12] MIŠUN, Vojtěch. Vibrace a hluk. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno, 2005.  
ISBN 80-214-3060-5.
- [13] NARIADENIE VLÁDY 115/2006 Z. z. Slovenskej republiky z 15. februára 2006 o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku. Dostupné na: <https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK ZZ/2006/115/>
- [14] NOVÝ, Richard. 2000, Hluk a chvění. 2.vyd. Praha: Vydatelství ČVUT, 389 s. ISBN 80-01-02246-3.

- [15] Pracovné prostredie – 2.časť – Hluk na pracovisku, 2017  
<https://humanet.sk/blog/pracovne-prostredie-2-cast-hluk-na-pracovsku>
- [16] Rozman, J. 1996, a další, a další. Ekologické inženýrství. Ostrava : VŠB pro MŽP v programu PHARE. 80-7078-37.
- [17] SMETANA, Ctirad, et al. 1998 Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha: Sdělovací technika. 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
- [18] ŠVANCARA, P. 2005, Vibrace, hluk a bioakustika - část 1 (přednáška). Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, studijní opory
- [19] VAŇKOVÁ Marie a kolektiv. 1995, Hluk, vibrace a ionizující zařízení v životním a pracovním prostředí část I. 1.vyd. Brno: PC-DIR, spol. s.r.o. 140 s. ISBN 80-214-0695-X.
- [20] VÁGNEROVÁ, Monika. 2013, ZÁKLADY AKUSTIKY Greif-akustika, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-18]. Dostupné z: [www.greif.cz/download/its075-zakladky-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf](http://www.greif.cz/download/its075-zakladky-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf)
- [21] VÉR, István L. a Leo L. BERANEK. 2006, Noise and vibration control engineering: principles and applications. 13. New Jersey: Wiley, ISBN 978 0 471 44942 3.
- [22] VYHLÁŠKA 448/2007 Z. z. Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky zo 7. septembra 2007 o podrobnostiach o faktoroch práce a pracovného prostredia vo vzťahu ku kategorizácii prác z hľadiska zdravotných rizík a o náležitostiach návrhu na zaradenie prác do kategórií.  
Dostupné na: (<https://www.slov-lex.sk/pravne-predpisy/SK/ZZ/2007/448/20190801>)
- [23] ŽIARAN, Stanislav. 2006, Znižovanie kmitania a hluku v priemysle: kmitanie a akustika. 1. vyd. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 330 s. ISBN 80-227-2366-5.