

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301      Strojní inženýrství

Studijní zaměření: Strojírenská technologie – technologie obrábění

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Sestavení hlukové mapy na vybraném pracovišti

Autor:                      **Tomáš PŮTA**

Vedoucí práce:        **Ing. Kateřina BÍCOVÁ, Ph.D.**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Tomáš PŮTA</b>
Osobní číslo:	<b>S17B0199P</b>
Studijní program:	<b>B2301 Strojní inženýrství</b>
Studijní obor:	<b>Strojírenská technologie-technologie obrábění</b>
Téma práce:	<b>Sestavení hlukové mapy na vybraném pracovišti</b>
Zadávací katedra:	<b>Katedra technologie obrábění</b>

### Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Hluk na pracovišti
3. Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti
4. Sestavení hlukové mapy
5. Závěr – zhodnocení

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**  
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

#### Seznam doporučené literatury:

- Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- PETRŮ, P., TOMEČEK, M. a kol. autorů: Prevence a řízení rizik z hlediska bezpečnosti práce. Praha: Verlag Dashöfer s.r.o. 2006
- PETRŮ, P., TOMEČEK, M.: Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v praxi. Praha: Verlag Dashöfer s.r.o. 2008
- Staněk J., Němejc J.: Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací ZČU, Plzeň, 2005

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Kateřina Bícová, Ph.D.**  
Regionální technologický institut

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Monika Jedličková**  
Shape Corp. Czech Republic

Datum zadání bakalářské práce: **16. října 2019**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2020**



**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Autorská práva**

Podle Zákona o právu autorském č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků, nebo jakékoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Kateřině Bícové, Ph.D., vedoucí mé bakalářské práce, za cenné rady a trpělivost při vypracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Shape Corp. za možnost vypracování této práce a zaměstnancům za ochotný přístup. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Půta	Jméno Tomáš	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2301 „Strojírenská technologie – technologie obrábění“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bícová Ph.D.	Jméno Kateřina	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Sestavení hlukové mapy na vybraném pracovišti		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KTO	<b>ROK ODEVZD.</b>	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	49	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	43	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Bakalářská práce se zabývá sestavením hlukové mapy na vybraném pracovišti. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Výsledkem je hluková mapa vybraného pracoviště a navržené možnosti, jak snížit hlukovou zátěž.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p style="text-align: center;">celková hladina hluku, válcovací linka, snímek pracovního dne, rizikové faktory, hluk, měření</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Půta	Name Tomáš	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2301 „Department of Machining Technology“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bícová Ph.D.	Name Kateřina	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KTO		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLÓMA</b>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Creation of noise map at selected workplace		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machining Technology	<b>SUBMITTED IN</b>	2020
----------------	------------------------	-------------------	----------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	49	<b>TEXT PART</b>	43	<b>GRAPHICAL PART</b>	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This bachelor's thesis deals with the creation of a noise map at the selected workplace. The work is divided into two main sections – theoretical and practical. The result is a noise map of the selected workplace and suggested ways to reduce noise.
<b>KEY WORDS</b>	total noise level, roll forming machine, description of the working day, risk factors, noise, measurement

## Obsah

1	Úvod	5
1.1	Rizikové faktory na pracovišti	5
1.1.1	Fyzikální faktory	5
1.1.2	Biologické faktory	7
1.1.3	Chemické faktory	7
1.1.4	Fyziologické faktory	8
1.1.5	Psychologické faktory	8
1.2	Kategorizace prací	8
2	Hluk na pracovišti	10
2.1	Fyzikální podstata hluku	10
2.2	Působení na člověka	11
2.3	Rozdělení hluku	11
2.4	Měření hluku	11
2.4.1	Stupnice a jednotky pro měření hluku	11
2.4.2	Základní veličiny	12
2.4.3	Stanovení výsledné hladiny dvou a více zvuků	12
2.4.4	Strategie měření hluku	13
2.4.5	Hlukoměry	13
2.5	Hlukové limity v ČR	14
2.5.1	Hlukové limity na pracovišti	14
2.5.2	Kategorizace práce podle hluku	14
2.6	Hlukové mapy	15
2.7	Metody boje proti hluku	15
2.7.1	Redukce hluku ve zdroji	15
2.7.2	Metoda dispozice	16
2.7.3	Metoda izolace	16
2.7.4	Používání osobních ochranných pomůcek	16
3	Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti	17
3.1	Představení společnosti	17
3.2	Představení výrobního programu	17
3.3	Popis vybraného pracoviště	18
3.3.1	Navíječ cívky	19



3.3.2	Svářečka konců svitků	20
3.3.3	Předděrovací lis	20
3.3.4	Válcovací linka – válce	21
3.3.5	Řadová svářečka	22
3.3.6	Ohýbací jednotka	22
3.3.7	Stříhací jednotka	23
3.3.8	Dopravník	24
3.3.9	Kontrolní stůl	24
3.4	Snímek pracovního dne obsluhy	25
4	Sestavení hlukové mapy	27
4.1	Příprava měření	27
4.2	Samotné měření	27
4.2.1	Měřicí přístroj	28
4.3	Zpracování výsledků	29
4.3.1	Příklad výpočtu	29
4.4	Hluková mapa	30
5	Zhodnocení výsledků	32
5.1	Shrnutí měření	32
5.1.1	Kontrolní stůl	32
5.1.2	Pohon válcovací linky	32
5.1.3	Předděrovací lis	33
5.2	Možnosti zlepšení aktuální situace	33
6	Závěr	34
7	Bibliografie	35
	Seznam příloh	36

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Zátěž teplem na pracovišti .....	6
Tabulka 2: Snímek pracovního dne na pracovišti .....	26

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Výstražné symboly pro nebezpečné látky [1].....	8
Obrázek 2: Hluk [6].....	10
Obrázek 3: Blokové schéma hlukoměru [10].....	13
Obrázek 4: Osobní ochranné pracovní prostředky – sluch [15].....	16
Obrázek 5: Logo společnosti Shape corp. [16] .....	17
Obrázek 6: Shape Plzeň – výrobky [16].....	18
Obrázek 7: Roofrail [16] .....	19
Obrázek 8: Typy válcovaných profilů [16] .....	19
Obrázek 9: Válcovací linka .....	19
Obrázek 10: Pomocné zařízení při výměně cívky.....	20
Obrázek 11: Navíječ cívky .....	20
Obrázek 12: Svářečka konců cívek .....	20
Obrázek 13: Ravnice .....	21
Obrázek 14: Předděrovací lis .....	21
Obrázek 15: Postupový diagram B profilu.....	21
Obrázek 16: Pohled na válce v lince .....	22
Obrázek 17: Centerline.....	22
Obrázek 18: Thermatool.....	22
Obrázek 20: Ohýbací jednotka .....	23
Obrázek 19: Mandrelové tyče .....	23
Obrázek 21: Stříhací hlava .....	23
Obrázek 22: Stříhací nůž .....	23
Obrázek 23: Dopravník .....	24
Obrázek 24: Kontrolní stůl.....	24
Obrázek 25: Vyznačená válcovací linka Roll003 v layoutu výrobní haly.....	27
Obrázek 26: Očíslování měřících bodů.....	27
Obrázek 27: Technické parametry hlukoměru Extech SL – 130 .....	28
Obrázek 28: Měření ve výrobní hale.....	29
Obrázek 29: Průběh akustického tlaku v bodě 1 .....	30
Obrázek 30: Layout Roll003 .....	31
Obrázek 31: Hluková mapa - celková hladina hluku .....	31
Obrázek 32: Hluková mapa - maximální hodnoty .....	31
Obrázek 33: Barevné rozdělení .....	31

Obrázek 34: Vyznačené oblasti v layoutu .....	32
Obrázek 35: Vyznačené oblasti v hlukové mapě .....	32
Obrázek 36: Pohon válcovací linky .....	33
Obrázek 37: Protihlukový box .....	33

## Seznam použitých zkratk a jednotek

OOPP – osobní ochranné pracovní prostředky

WHO – Světová zdravotnická organizace

ČNS – Česká technická norma

EN – Evropská norma

ISO – Mezinárodní organizace pro normalizaci

$p_{ef}$  – efektivní hodnota tlaku

$L_p$  – hladina akustického tlaku

$p$  – změna statického tlaku

$p_0$  – minimální hodnota statického tlaku, který je schopno zachytit lidské ucho

H – hladina akustického výkonu

P – skutečný měřený akustický výkon

$P_0$  – akustický výkon při prahu slyšitelnosti

$L_{Aeq,8h}$  – ekvivalentní hladina akustického tlaku A při osmihodinové směně

$L_{Aeq,T}$  – ekvivalentní hladina akustického tlaku A za stanovený čas

Hz – hertz

dB – decibel

Pa – pascal

N – newton

m – metr

°C – stupeň celsia

# 1 Úvod

Podnik, který chce uspět na trhu, musí mít skvělý produkt, ale také musí vytvořit odpovídající podmínky pro své zaměstnance. Podnik musí dbát nejen na bezpečnost práce, ergonomii, ale i na ostatní rizikové faktory na pracovišti. Mezi ně patří: vibrace, osvětlení, prašnost, záření a další. Významným rizikovým faktorem je hluk. Hluk není vidět, ale je všude kolem nás. Dlouhodobá expozice vyšším hladinám hluku může vést k nevratným změnám lidského zdraví. Vysoký hluk snižuje soustředěnost pracovníků a může tedy dojít ke snížení kvality výrobků a objemu produkce.

Teoretická část této práce se zabývá jednotlivými rizikovými faktory na pracovišti. Dále se zabývá samotným hlukem, jeho vlivem na člověka, výpočty hluku a jeho měřením.

Praktická část je vypracována ve firmě Shape Corp. V práci je popsáno vybrané pracoviště a sestaven snímek pracovního dne obsluhy. Další částí je samotné měření.

Cílem této práce je sestavení hlukové mapy na vybraném pracovišti, případně navrhnout možné způsoby snížení hlukové zátěže na vybraném pracovišti.

## 1.1 Rizikové faktory na pracovišti

Rizikové faktory mohou výrazně ovlivnit práci jednotlivých pracovníků. Většinou na pracovníka nepůsobí jen jeden rizikový faktor, ale působí kumulativně. Krátkodobé působení způsobuje: snížení kvality a produktivity výroby, zvýšení pravděpodobnosti úrazu, nepohodlí a stres. Dlouhodobé působení může vést až ke vzniku nemoci z povolání.

### 1.1.1 Fyzikální faktory

Mezi fyzikální faktory patří: hluk, vibrace, prašnost, osvětlení, tepelně-vlhkostní mikroklima, ionizující záření a elektromagnetické pole.

#### Vibrace

Vibrace vzniká pohybem pružného tělesa, jehož body se pohybují (kmitají) kolem jeho rovnovážné polohy. Přenášejí se na člověka přímo nebo pomocí jiného materiálu, např.: sedačka, podlaha, držáky, paluba, atd.. Měří se v decibelech nebo v metrech za vteřinu. Vibrace jsou určovány amplitudou, směrem, časovým průběhem, frekvencí, rychlostí a zrychlením. Ochranným prvkem může být odpružení sedadel strojů (stavební, zemědělské), rukavice a zkrácení doby expozice na minimum.

#### Prašnost

Jedná se o znečištění ovzduší hmotnými částicemi, které tvoří aerosoly. Aerosoly se dělí na prach, kouř a dým. Mohou být toxické nebo netoxické. Jsou určovány koncentrací, velikostí a vlastnostmi rozptýlených částic. Prach se může usadit na kůži, sliznici a ve spojivkovém vaku, tím vyvolá dráždivý účinek, který může vést k zánětu. Některé druhy prachu mají fibrogenní účinek. To znamená, že prach vede k nadměrnému obsahu maziva v některém orgánu a následně k poruše jeho tkání a funkcí, např. silikáty – oxid křemičitý, azbest. Koncentraci aerosolu lze vyjádřit hmotnostně nebo objemově. Ochranné prostředky jsou kukly s přívodem vzduchu, masky, respirátory a zkrácení doby expozice na minimum. [1]

### Osvětlení

Nedostatek kvalitního osvětlení může způsobovat zhoršení soustředění, únavu, nepohodu, bolesti očí a hlavy, deprese či jiné psychické problémy. Kvalitní osvětlení pro svou práci potřebuje většina pracovníků. Špatným osvětlením není jen jeho nedostatek, ale i přílišné přesvícení pracovního prostoru. Doporučená intenzita osvětlení závisí na těchto faktorech: typ pracovní činnosti, druh povrchu, barevné prostředí pracoviště a na konkrétním pracovníkovi. Množství světla, které dopadá na povrch, se měří v luxech. Lux je jednotka intenzity osvětlení – způsobené světelným tokem 1 lumenu na plochu 1 metru čtverečního. [2]

### Tepelně-vlhkostní mikroklima

Základní veličiny jsou: teplota, relativní vlhkost a rychlost proudění vzduchu. Jsou mezi sebou vzájemně závislé. Měření těchto veličin je relativně snadné a na některých pracovištích se teplota a vlhkost zaznamenávají celý den.

Podle nařízení vlády č. 93/2012 Sb., musí být na uzavřených pracovištích zajištěny přípustné mikroklimatické podmínky. Ty jsou limitovány velikostí metabolické produkce a tepelně izolačními vlastnostmi oděvu, viz Tabulka 1. Ideální jsou tedy teploty mezi 20 a 24 °C pro většinu druhů práce. V teplém prostředí se snižuje vnímání a zvyšuje se únava a naopak v chladném prostředí se snižuje zručnost a přesnost pohybů. Z velkého horka může nastat teplotní šok a z chladu hypotermické kóma. Z těchto důvodů se v letních měsících, kdy venkovní teploty šplhají až k 35 °C, zařazují navíc bezpečnostní přestávky a pracovníci dostávají hypotonické nápoje na pracovišti. Ochranné prostředky jsou: pitný režim, snížení intenzity sálání zdroje, ochlazování pracovníků a vhodné oblečení. [1]

Tabulka 1: Zátěž teplem na pracovišti

Třída práce	M (W.m <sup>-2</sup> )	Operativní teplota $t_o$ (°C) Výsledná teplota kulového teploměru $t_g$ (°C)		$v_a$ (m.s <sup>-1</sup> )	Rh (%)
		$t_{o \text{ min}}$ nebo $t_{g \text{ min}}$	$t_{o \text{ max}}$ nebo $t_{g \text{ max}}$		
I	≤ 80	<b>20</b>	<b>27</b>	0,01 – 0,2	30 až 70
IIa	81-105	<b>18</b>	<b>26</b>		
IIb	106-130	<b>14</b>	<b>32</b>	0,05 - 0,3	
IIIa	131-160	<b>10</b>	<b>30</b>		
IIIb	161-200	<b>10</b>	<b>26</b>	0,1 – 0,5	
IVa	201-250	<b>10</b>	<b>24</b>		
IVb	251-300	<b>10</b>	<b>20</b>		
V	301 a více	<b>10</b>	<b>20</b>	-	

### Ionizující záření

Záření, které je schopné ionizovat atomy a molekuly prostředí (odtrhnou se elektrony a dojde k vytvoření iontového páru). Typy záření: alfa, beta, gama, neutronové a rentgenové záření. Základní veličinou je dávka, její jednotka je gray, definovaná jako hmotnostní hustota energie předaná ionizujícím zářením ozářené látce. Odezva organismů je rozdílná, proto se tyto

rozdíly vyjadřují dávkovým ekvivalentem, který má jednotku sievert. Další veličina je aktivita, jednotka: becquerel. [1]

Následkem ozáření může být: rakovina plic, zhoubné nádory, genetické účinky, atd. Tento faktor se týká hlavně pracovníků jaderné elektrárny, radiologů a horníků. Ochrana: doba expozice, dostatečná vzdálenost a správné stínění.

#### Neionizující záření

Jedná se o elektrické a magnetické pole, elektromagnetické záření – viditelné světlo, ultrafialové a infračervené záření a laser. Účinek záření závisí na dávce, kterou lze vypočítat z intenzity záření a doby expozice. Vážnost následků závisí na: intenzitě, době trvání, cestě průchodu tělem a zdravotním stavu zasaženého. [1]

Ochranné prvky jsou: OOPP (rukavice, obleky), stínění, izolace a úprava zdroje. Pro lasery jsou nejvyšší hodnoty stanoveny diferencovaně. Jsou rozděleny do čtyř tříd a na každém laseru musí být vyznačena třída a odpovídající varovný nápis – vždy dáno od výrobce.

### **1.1.2 Biologické faktory**

Mezi hlavní biologické faktory patří patogenní mikroorganismy. Mikroorganismy mohou být využívány cíleně: v potravinářství, nebo je jejich výskyt přirozenou součástí práce: lékařství, veterinární zařízení. Jedním z dalších zdrojů jsou klimatizační jednotky a plesnivé povrchy, ty je třeba při výskytu neprodleně odstranit. Dále se mohou vyskytovat v laboratořích, zemědělství, dřevozpracující průmysl, archivy a muzea a také ve strojírenském průmyslu.

### **1.1.3 Chemické faktory**

Do této oblasti patří organické a anorganické chemické sloučeniny. Do organismu vstupují pokožkou, požitím nebo dýchacími cestami. Vyskytují se v těchto formách: kapalné, plynné a pevné.

Chemické látky musí mít podle zákona č.350/2011 Sb. bezpečnostní list, který ji vypracován výrobcem dané látky. Bezpečnostní list má přesně danou strukturu a musí obsahovat tyto informace: identifikace nebezpečnosti, identifikace látky, složení, první pomoc, opatření v případě požáru, opatření v případě úniku, skladování a manipulace, fyzikální a chemické vlastnosti, stálost a reaktivitu, toxikologické informace, ekologické informace, pokyny pro odstranění, informace pro přepravu, informace o předpisech a další informace. Bezpečnostní list je vytvořen nejčastěji výrobcem nebo dovozcem, který látku uvádí na trh. [3]

Nejčastější příčinou úrazu v této oblasti je nesprávné zacházení s chemickou látkou. Pracovník se může chránit použitím těchto ochranných prostředků: filtrační přístroj, respirátor, rukavice, brýle, pracovní oděv. Chemické látky musí být správně označeny a nesmějí být v obalech zaměnitelných s nápoji. Na obalu látky jsou uvedeny výstražné symboly nebezpečné látky (viz obrázek 1).



Obrázek 1: Výstražné symboly pro nebezpečné látky [1]

#### 1.1.4 Fyziologické faktory

Jedná se hlavně o fyzickou náročnost práce. Nelze na ni nahlížet jen jako na celkovou fyzickou zátěž, ale vždy se musí brát v úvahu i jednostranné přetěžování určitých pohybových struktur a ergonomie.

Při hodnocení fyzické zátěže se vychází z celé řady okolností:

- Pracovní poloha
- Způsob manipulace, hmotnost, tvar a rozměry břemene
- Způsob úchopu
- Dráha pohybu s břemenem a vzdálenosti – manipulace
- Frekvence pohybů s břemenem
- Kumulativní hmotnost za směnu a s tím souvisí věk a pohlaví
- Prostorové uspořádání pracoviště
- Nebezpečné vlastnosti břemene

Další kategorií je senzorická zátěž, ta je spojena se zatížením sluchu a zraku, a psychická zátěž, která se pojí s nároky na pozornost, paměť, představivost, odpovědnost a rozhodování.

Mezi nápravná opatření patří: správné stanovení intervalu práce a odpočinku, vhodné prostředky pro manipulaci s břemeny a ergonomické uzpůsobení pracovišť.

#### 1.1.5 Psychologické faktory

Jedná se o souhrn všech vlivů, které působí na pracovníka z vnějšku a doléhají na jeho psychiku i organismus. Nejčastějším problémem jsou příliš jednoduché nebo složité činnosti a také práce pod časovým tlakem. Práce s psychickou zátěží znamená činnost, která je: spojená s monotonií, ve vnuceném pracovním tempu, v třísměnném (nepřetržitém) pracovním režimu nebo vykonávaná pouze v noční době. Krátkodobá psychická zátěž může vést ke stresu a únavě, dlouhodobá až k psychosomatickým onemocněním nebo k vyčerpání organismu. [4]

### 1.2 Kategorizace prací

Kategorizace prací je základním nástrojem, jakým způsobem hodnotit vliv práce na zdraví zaměstnanců. Posuzuje celkový stav pracovního prostředí a jeho vliv na ohrožení zdraví

zaměstnanců. Povinnost zařadit svoji práci do kategorií nemají jen zaměstnavatelé, ale i osoby samostatně výdělečně činné.

Povinnost kategorizace je dána § 37, ze zákona č. 258/2000 Sb., O ochraně veřejného zdraví, včetně vyhlášky č. 432/2003 Sb., která stanovuje podmínky jednotlivých kategorií a limitní hodnoty.

Na základě kategorizace práce se rozlišují 4 kategorie a 13 ovlivňujících faktorů.

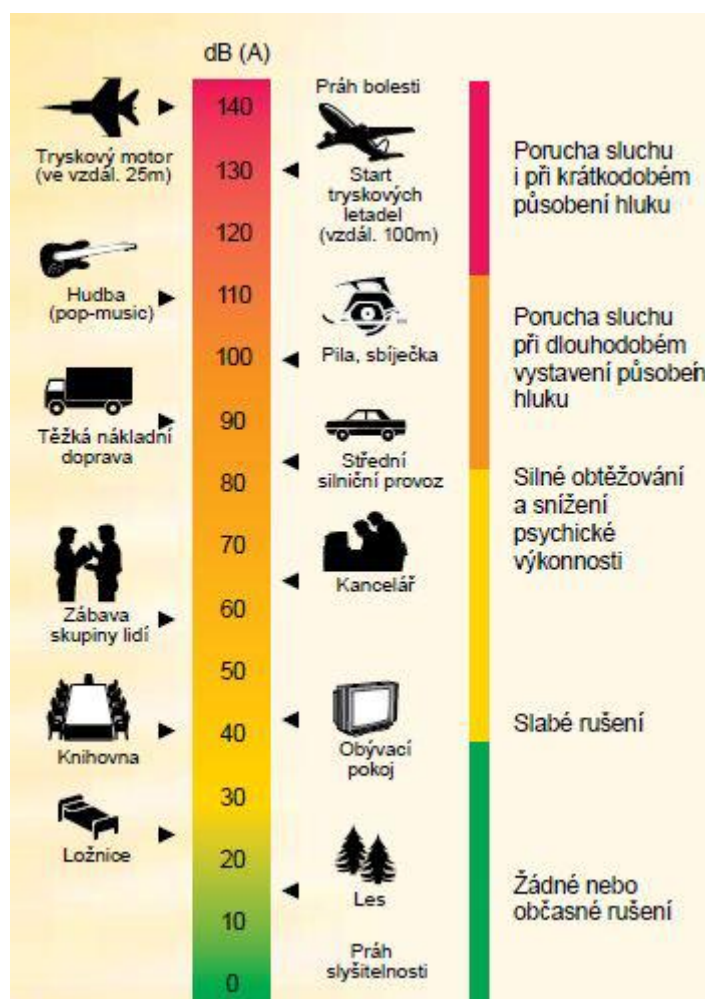
Do první kategorie řadíme práce, u kterých není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví. Jedná se o většinu administrativní práce a tvůrčí činnosti. U prací ve druhé kategorii lze nepříznivý vliv na zdraví očekávat pouze ve výjimečných případech. Do třetí kategorie se řadí práce, při nichž jsou trvale překračovány hygienické limity. Expozici nepříznivým faktorům nelze snížit technickými opatřeními, a proto musí pracovníci využívat osobní ochranné pracovní prostředky. Do čtvrté kategorie řadíme práce, při kterých hrozí vysoké riziko ohrožení zdraví, které nelze vyloučit ani používáním osobních ochranných pracovních prostředků. Při zařazení do 2. kategorie je nutné zaslat oznámení na krajskou hygienickou stanici. Při zařazení do 3. nebo 4. je nutné zaslat návrh zařazení ke schválení krajskou hygienickou stanicí. [5]

Faktory na jejichž základě lze rozdělit pracovní činnosti do jednotlivých kategorií jsou: prach, chemické látky, hluk, vibrace, neionizující záření a elektromagnetické pole, ionizující záření, fyzická zátěž, pracovní poloha, zátěž chladem, psychická zátěž, zraková zátěž a práce s biologickými činiteli. [5]



## 2 Hluk na pracovišti

Hluk je jakýkoliv zvuk, který má rušivý charakter. Hlukem tedy může být pro někoho tikající hodiny, když chce usnout a pro jiného obráběcí stroj, když se na něco potřebuje soustředit. Jedná se o hladinu akustického tlaku v decibelech. Ve výrobě vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti při provozu strojních zařízení. Dlouhodobá expozice vede k trvalému poškození sluchu. Pro lepší představu je přiložen následující obrázek. Hluk lze rozdělit do následujících oblastí: žádné nebo občasné rušení, slabé rušení, silné obtěžování a snížení psychické výkonnosti, porucha sluchu při dlouhodobém vystavení působení hluku a porucha sluchu při krátkodobém působení hluku.



Obrázek 2: Hluk [6]

### 2.1 Fyzikální podstata hluku

Zvuk je mechanické kmitání plynů, kapalin nebo pružných médií. Kmitající objekt předává do okolí část své energie, která se šíří ve formě vlnění – oscilací elementárních částic prostředí kolem rovnovážné polohy. Člověk vnímá pouze frekvenci od 16 Hz do 16 kHz. Zvuk o vyšší frekvenci se nazývá ultrazvuk a o nižší infrazvuk. Ultrazvuk se používá v lékařství a ve strojírenství. Ve strojírenství se používá v materiálové diagnostice – defektoskopie, svařování a řezání. Od zdroje se šíří pomocí zvukových vln, jimiž se přenáší akustická energie. Vědění

obor, který se zabývá vznikem zvukového vlnění, jeho šířením a vnímáním se nazývá akustika. [7]

## 2.2 Působení na člověka

Vliv hluku na člověka je převážně škodlivý, rušivý, nepříjemný a tím pádem i nežádoucí.

Podle časového hlediska lze účinek hluku posuzovat v okamžiku působení hluku, to se nejčastěji projeví ztrátou koncentrace a únavou. Dále se může projevit jako působení vyšších hladin hluku, se kterými přišla osoba do styku v minulosti. Pokud je člověk dlouhodobě vystavován vyššímu hluku, sluchový orgán se přizpůsobí a vnímá hluk, jakoby byl menší. Zhruba po 10 minutách dochází ke sluchové únavě, která může odeznívat i celý den. [8]

Při častém vystavení člověka hodnotě vyšší než 85 dB dochází k trvalému poškození sluchu – sluchové trauma. Bolest ve sluchovém orgánu lze pocítit při hodnotě okolo 130 dB a při 160 dB dochází k protržení ušního bubínku. Těmito problémy se zabývá audiometrie – vyšetřuje sluchové poruchy metodou měření sluchových prahů vyšetřované osoby v celém frekvenčním rozsahu slyšitelného pásma. [8]

Negativní účinky hluku na člověka lze rozdělit na akutní a chronické (civilizační choroby). Mezi akutní účinky patří: poškození sluchového aparátu – akustické trauma, zvýšení krevního tlaku, zrychlení tepové frekvence, stažení cév a zvýšení hladiny adrenalinu. K chronickým řadíme: fixování akutních účinků, ztráta sluchu, vznik hypertenze, poškození srdce – infarkt myokardu, pocity únavy a ovlivnění spánku. Hluk působí i na psychiku člověka a způsobuje únavu, deprese, rozmrzelost, agresivitu a snižuje výkonnost, pozornost a paměť. [6]

Podle Světové zdravotnické organizace (WHO) je ztráta sluchu způsobená hlukem nejrozšířenější nemocí z povolání s nevratnými následky. Zhruba sedm procent evropských zaměstnanců v průmyslu trpí poruchami sluchu. Roční výdaje na kompenzaci zaměstnancům v Evropě činí až 35 milionů eur. [9]

## 2.3 Rozdělení hluku

Hluk můžeme dělit podle časového průběhu na: ustálený, proměnný a impulsní. Hladina ustáleného hluku se v daném místě a ve sledovaném čase nemění o více než 5 dB. Proměnný se mění o více než 5 dB. Impulsní je vytvářen opakujícími se zvukovými impulzy s dobou trvání do 200 ms, které po sobě následují v intervalech delších než 10 ms.

Ustálený hluk je typický pro stroje, které pracují rovnoměrně: elektromotor, jízda vozidla při neměnicích se podmínkách. Proměnný je nejrozšířenější – vyskytuje se na většině pracovišť.

Dále se dělí na nízkofrekvenční a vysokofrekvenční. Frekvence nízkofrekvenčního hluku je nižší než 100 Hz a vysokofrekvenčního je vyšší než 8000 Hz.

## 2.4 Měření hluku

### 2.4.1 Stupnice a jednotky pro měření hluku

Šíření zvuku se děje prostřednictvím tlakových změn. Veličina, která charakterizuje jeho velikost, je efektivní hodnota tlaku  $p_{ef}$ . Používanou jednotkou tlaku je podle soustavy SI Newton/metr čtvereční ( $N \cdot m^{-2}$ ). Lze vyjádřit též jako pascal (Pa).

Při měření hluku se používá logaritmická stupnice. Jedním z důvodů je, že odezva lidského ucha není lineární. Dalším důvodem je podstatné zkrácení velkého rozsahu měřených hodnot, který může být až  $10^7$ .

Za jednotku hodnocení hladiny zvuku byl zvolen 1 bel. Logaritmováním poměru zvukového tlaku a stanoveného nejslabšího slyšitelného zvuku vznikne relativní (bezrozměrné) číslo, jehož jednotka je bel. Uvedená jednotka byla pro praktické využití příliš velká, z tohoto důvodu se nejčastěji používá její desetina decibel. Jednotka je pojmenována po skotském vědci A. G. Bellovi. [8]

## 2.4.2 Základní veličiny

### Hladina akustického tlaku

Naměřená hladina závisí na vzdálenosti pozorovatele od zdroje a na kvalitě přenosového prostředí. Značí se  $L_p$  a dává nám informaci o celkovém akustickém tlaku přes celé slyšitelné pásmo. Lze ji vypočítat jako:

$$L_p = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

kde:  $p$  změna statického tlaku

$p_0$  minimální hodnota statického tlaku, který je schopno zachytit lidské ucho [10g]

### Hladina akustického výkonu

Má podobný význam jako hladina akustického tlaku, ale je měřená za předem jasně definovaných podmínek. Nezávisí na poloze zařízení, okolních podmínkách a na vzdálenosti od měřeného bodu.

$$H = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)$$

kde:  $P$  skutečný měřený akustický výkon

$P_0$  akustický výkon při prahu slyšitelnosti [10]

### Akustická intenzita

Vektorová veličina, která popisuje velikost a směr toku energie v daném místě. Rozměr intenzity je energie za čas, která projde kolmo jednotkovou plochou. [8]

## 2.4.3 Stanovení výsledné hladiny dvou a více zvuků

S decibely nelze pracovat jako s lineárními veličinami. Sčítání a odčítání nemůžeme u těchto veličin přímo použít. Pokud tedy máme dva zdroje s hladinou hluku 60 dB, která je naměřena u každého stroje zvlášť. Nelze počítat, že celková hladina hluku bude 120 dB při současně činnosti obou zdrojů. Skutečnou hladinu hluku je nutné počítat jako výsledné působení dvou okamžitých tlaků ze dvou zdrojů. Novou hladinu hluku tedy získáme, pokud vezmeme původní hodnotu a přičteme k ní 3 dB. [8]

Nová hladina hluku = stará hladina hluku + 3 dB

#### 2.4.4 Strategie měření hluku

##### Měření založené na úloze

Tato strategie se zaměřuje na úlohy vytvářející významnou expozici hluku a na minimalizování doby trvání měření potřebné pro specifikovanou nejistotu. Lze snadno použít, pokud lze práci rozdělit na dobře určené úlohy s jasně vymezenými hlukovými podmínkami, za kterých je možné měření provádět. Strategie je založena na podrobné analýze práce, tak aby měřící technik rozuměl všem dílčím úkonům. Používá se především při velkosériové výrobě, na pracovišti s často se opakující činností. [11]

##### Měření založené na profesi

Tato strategie je nejužitečnější, pokud je obtížné popsat typická pracovní schémata a úlohy, nebo pokud není žádoucí či praktické provádět podrobnou analýzu práce. Nepoužívá se, pokud se profese skládá z malého množství velmi hlučných úloh. Strategie je časově náročnější v důsledku doby potřebné pro měření, ale vytváří menší nejistotu získaných výsledků. [11]

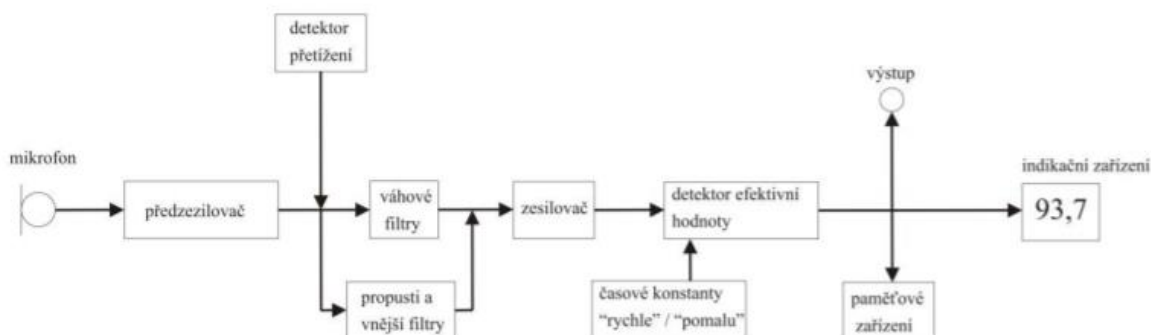
##### Celodenní měření

Používá se, když je obtížné popsat typické snímky a úlohy pracovního dne. Vyžaduje menší úsilí při analyzování práce, ale delší měřicí intervaly. Celodenní měření může být také užitečné k ověření toho, zda byly zahrnuty všechny hlavní příspěvky jednotlivých zařízení. Doporučuje se, pokud časový snímek expozice zaměstnanců hluku je neznámý, nepředvídatelný nebo složitý. Tuto strategii je možné rovněž použít při jakémkoliv časovém snímku expozice hluku zvláště, když není nezbytné nebo žádoucí provádět podrobnou analýzu práce. [11]

Při vytváření hlukové mapy se využívá všech tří výše uvedených strategií. Jedním z důvodů je, že činnost operátora na válcovací lince je celou směnu skoro neměnná a skládá se z pravidelně se opakujících úkonů. Dalším důvodem je, že měření probíhá po celou dobu směny a týká se pouze jedné profese.

#### 2.4.5 Hlukoměry

Před samotným měřením je nejprve nutné sestavit plán měření, jehož součástí by mě být přesně definován objekt měření a údaje, které bude nutno měřit. Dalším důležitým bodem je výběr měřicí techniky – hlukoměru. Nejdůležitějším hlediskem je jeho přesnost a s tím souvisí i jeho hmotnost, možnost instalace, nastavení a možnost napájení z vnějších zdrojů (baterií).



Obrázek 3: Blokové schéma hlukoměru [10]

Hlukoměr reaguje na zvuk podobně jako lidský sluch. Jeho součásti jsou: mikrofon, ústrojí pro zpracování signálu a indikační zařízení. Měřicí mikrofon převádí zvuk na elektrický signál. Nejčastěji se používá kapacitní, ale může být i magnetoelektrický, uhlíkový nebo elektretový. Elektrický signál je poté zesílen předzesilovačem, za účelem zvýšení jeho amplitudy. Tento elektrický signál je dále zpracováván pomocí váhových filtrů (A, B, C, D, E, SI). Poté je opět zesílen a je detekována efektivní hodnota. Posledním krokem je zobrazení efektivní hodnoty na displeji a u některých přístrojů dojde i k uložení do paměti, která je potom převedena do počítače a dále zpracována. Blokové schéma hlukoměru je na obrázku 3. [10]

## 2.5 Hlukové limity v ČR

Hlukové limity jsou v České republice stanoveny Nařízením vlády č. 272/2011 Sb., které se zabývá ochranou zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje:

- Hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování a hodnocení a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance
- Hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb
- Hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb
- Způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu [12]

Pokud je hladina hluku nižší než hygienický limit, neznamená to, že takový hluk není zdraví škodlivý. Jedná se spíše o přijatelnou míru zdravotního rizika.

### 2.5.1 Hlukové limity na pracovišti

Hlukové limity na pracovišti v České republice, které by měly být dodržovány a mohou být kontrolovány krajskou hygienickou stanicí:

- Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A L_{Aeq,8h}$  se rovná 85 dB
- Hygienický limit pro pracoviště, na němž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A L_{Aeq,8h}$  se rovná 50 dB
- Hygienický limit pro pracoviště na stavbách, pro výrobu a skladování, kde hluk nevzniká pracovní činností, ale je způsoben větracím nebo vytápěcím zařízením těchto pracovišť vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A L_{Aeq,T}$  se rovná 70 dB

Dále jsou také stanoveny hygienické limity pro impulsní hluk, vysokofrekvenční hluk, ultrazvuk, infrazvuk a nízkofrekvenční hluk. Jinak se také stanoví hygienický limit, pokud se nejedná o osmihodinovou směnu. [12]

### 2.5.2 Kategorizace práce podle hluku

Zařazení prací do čtyř kategorií podle rizika hluku se provádí podle vyhlášky č. 432/2003 Sb.

Do první kategorie patří práce, při nichž nejsou překročeny kritériální hodnoty na spodní hranici pro zařazení do druhé kategorie.

Do druhé kategorie patří práce, pokud je pracovník exponován ekvivalentní hladině akustického tlaku mezi 75 dB až 85 dB. Během žádné z dílčích operací během celé směny

nesmí být překročena hladina akustického tlaku 95 dB. Pokud je exponován impulsnímu hluku, jehož průměrná hladina špičkového akustického tlaku překračuje 130 dB, ale nepřekračuje 140 dB. [13]

Do třetí kategorie se zařazuje práce, při níž jsou osoby exponovány ekvivalentní hladině akustického tlaku mezi 85 dB až 105 dB. Nebo impulsnímu hluku, jehož ekvivalentní hladina akustického tlaku je také mezi 85 dB až 105 dB a špičková hladina akustického tlaku je vyšší než 140 dB, ale nesmí překročit 150 dB. [13]

Do čtvrté kategorie se zařazuje práce, při níž jsou osoby vystaveny ekvivalentním hladinám akustického tlaku vyšším, než je stanoveno u kategorie třetí a to samé platí i pro špičkové hodnoty.

Na základě zařazení práce do jednotlivých kategorií mají pracovníci nárok na speciální příplatek ke standardní mzdě. Zaměstnanci, kteří spadají do třetí a vyšší kategorie, musejí chodit na audio vyšetření k závodnímu lékaři.

## 2.6 Hlukové mapy

Hluková mapa je určena ke grafickému znázornění hladiny hluku v dané oblasti. Oblastí může být celé město, nebo jen jedno výrobní pracoviště. Hlavní hodnotou pro hlukové mapování jsou dlouhodobé průměrné hladiny akustického hluku. Pro sestavení hlukové mapy je nutné zmapovat všechny zdroje hluku a provést adekvátní počet měření. Do hlukové mapy se zahrne pouze vypočtená celková hladina hluku v daném místě. K samotnému sestavení je možné použít speciální software: lima, CadnA, IMMI, Predictor, SoundPLAN, dále je možné také použít Excel, nebo softwary pro zpracování layoutu jako je: SketchUP nebo Vistable. Hluková mapa je vhodná k analýze hlukové zátěže a může vést k vytvoření nápravných opatření ke snížení hladiny hluku. [14]

## 2.7 Metody boje proti hluku

Při snižování hladiny hluku je potřeba se soustředit především na oblast výroby a na použití jednotlivých strojů, na kterých je možné realizovat opatření vedoucí ke snížení hladiny hluku. Je možné narazit i na případy, kdy je situace téměř neřešitelná, nebo jsou neúměrně vysoké náklady na samotnou realizaci opatření ke snížení hluku. Existuje několik základních metod, které se používají při snižování hluku. Nejlepších výsledků se dosáhne využitím vhodné kombinace všech níže popsáných metod.

### 2.7.1 Redukce hluku ve zdroji

Spočívá buď v úplném odstranění zdroje hluku, nebo ve snižování jeho hlučnosti. Tato metoda je jedna z nejúčinnějších a je také velmi často používána. Lze dosáhnout velkého snížení hladiny hluku za přijatelné náklady. Tuto metodu lze uplatnit při konstrukci a stavbě strojů, technologických zařízení a dopravních prostředků. Například u některých pneumatických strojů to může být tlumení vibrací a tím se výrazně sníží hladina hluku. U jiných strojů to může být úprava tlumení sání a výfuku kompresorů a spalovacích motorů, nebo nahrazení nějakého hlučného úkonu jiným, méně hlučným úkonem. V současné době není možné navrhnout stroj, který nebude vydávat žádný hluk. Nebylo by to ani žádoucí, protože zvuk generovaný strojním zařízením může sloužit jako indikátor jeho špatného stavu nebo poškození. [7]

### 2.7.2 Metoda dispozice

Tato metoda spočívá ve vhodném rozvržení hlučných strojů a zařízení, respektive celých hlučných prostorů od chráněných a méně hlučných. Tato metoda se používá především při územním plánování, kdy je nutné navrhnout polohu průmyslových závodů, letišť, dopravních tepen, aby hlučné provozy co nejméně ovlivnily chráněné prostory – nemocnice, školy, sídliště a další. Takovým způsobem je nutné navrhovat i vnitřní prostory budov a výrobních hal. [7]

### 2.7.3 Metoda izolace

Tato metoda spočívá ve zvukové izolaci hlučných strojů a zařízení. Této metody se využívá především ve stavební akustice. Nejčastěji se jedná o stavbu zvukoizolačních příček, stropů a krytů. Ve strojírenství se používá až po použití metody redukce hluku ve zdroji. Na hlučné stroje se tedy nainstaluje zvukoizolační kryt nebo zákryt, jehož účelem je zamezit šíření hluku do další části výrobní haly. [7]

### 2.7.4 Používání osobních ochranných pomůcek

Uplatňuje se, pokud předchozí metody nebylo možno z nějakých důvodů použít, nebo pokud předchozí metody nevedly k dostatečnému snížení hladiny hluku. Zaměstnavatel je povinen podle zákoníku práce vybavit zaměstnance OOPP k ochraně sluchu již od hladiny akustického tlaku 80 dB. Pokud je vyšší než 85 dB, zaměstnanci mají povinnost je používat a zaměstnavatel je povinen kontrolovat jejich používání. [1]

Nejčastěji se používání zátkové chrániče, které lze používat do 95 dB. Při hladinách hluku nad 95 dB se doporučuje použití mušlových chráničů a nad 100 dB se používají protihlukové přilby, které chrání podstatnou část lebky a omezují kostní vedení zvuku. Používané osobní ochranné pracovní prostředky jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



Obrázek 4: Osobní ochranné pracovní prostředky – sluch [15]

## 3 Analýza pracovních podmínek na vybraném pracovišti

### 3.1 Představení společnosti

Společnost SHAPE CORP. je americká společnost, která byla založena v roce 1974 rodinou Verplankových. Dnes zaměstnává přes 3500 pracovníků v 11 výrobních závodech, které jsou v USA, Mexiku, Číně a v ČR. Shape vyrábí válcované profily, hliníkové komponenty a plastové díly, které se používají v automotive. Jednotlivé závody se specializují na lokání zákazníky na daném kontinentu.

V České republice společnost sídlí v Plzni na Borských polích od roku 2011. V Plzni pracuje zhruba 350 zaměstnanců. Shape vyrábí a vyvíjí pokročilé systémy nárazové energie („výztuže do nárazníků“), díky kterým chrání cestující, chodce a i samotné vozy. Nyní se v Plzni začínají vyrábět výztuže, které jsou mezi dveřmi a střechou automobilu - roofrail. V závodě se nachází 6 válcovacích linek, zhruba 30 svařovacích robotů, 4 laserová pracoviště a spousta dalších sekundárních pracovišť. Mezi nejvýznamnější zákazníky patří: Nissan, Škoda, Ford, Toyota, Peugeot, Renault a nyní se společnost snaží expandovat více na německý trh (BMW, Daimler). Logo společnosti je na následujícím obrázku.



Obrázek 5: Logo společnosti Shape corp. [16]

### 3.2 Představení výrobního programu

Výroba většiny součástí začíná na válcovací lince, kde ze svitku plechu vznikne základní profil daného výrobku. Po válcování následují sekundární operace. Mezi ně patří broušení na pracovišti Deburr, kde se brousí konce válcovaných profilů. Dalším je pracoviště laseru, kde dojde k vytvoření dalších otvorů ve válcovaném profilu. Součástí výrobního programu je také výroba Crushcanů, které se svařují společně s profily z válcovacích linek. Svařují je svařovací roboti ve svařovacích buňkách. Po svařování roboty dojde k vyndání svařeného profilu a operátor ho předá ke svářeči. Ten díl zkontroluje a případně opraví nedostatky po svařovacích robotech. U některých projektů svářeč díl nýtuje. Ostatní projekty se nýtují na speciálním pracovišti – nýtovací stanice. Některé projekty ještě prochází pracovišti jako je: Mach, Hydbase, Bender a Swedge. Na těchto pracovištích také dochází k sekundárním operacím – dělení, ohyb a úprava díry pro nýt. Během výroby také probíhá měření jednotlivých dílů. Většinou se měří první a poslední kus výrobní dávky, ale může se to lišit v závislosti na daném projektu.

V Plzni se vyrábí následující produkty (viz obrázek 6)

- Front bumper beam – nosník předního nárazníku
- Front energy absorber – výztuha předního nárazníku
- Lower leg catcher – ochrana pro chodce – zamezení přejetí



- Crush can – součást, která spojí výztuhu předního nárazníku se zbytkem vozu
- Rear energy absorber – výztuha zadního nárazníku
- Rear bumper beam – nosník zadního nárazníku
- Roof rail – výztuž mezi dveřmi a střechou (viz obrázek 7)



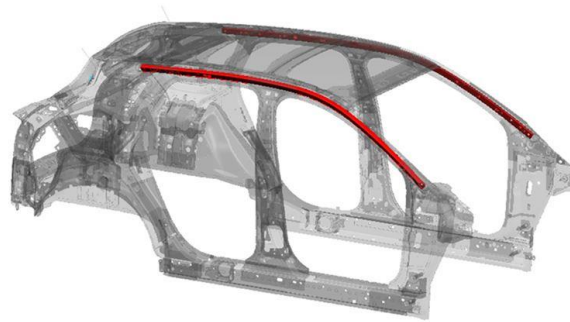
Obrázek 6: Shape Plzeň – výrobky [16]

K výrobě všech výše popsaných produktů jsou nutné ještě další drobné komponenty, jako jsou: destičky pro uchycení crash canů, destičky k tažnému oku, destičky k uchycení asistenta jízdy v pružích a spoustu dalších. Tyto komponenty jsou vyráběny externími podniky v České republice.

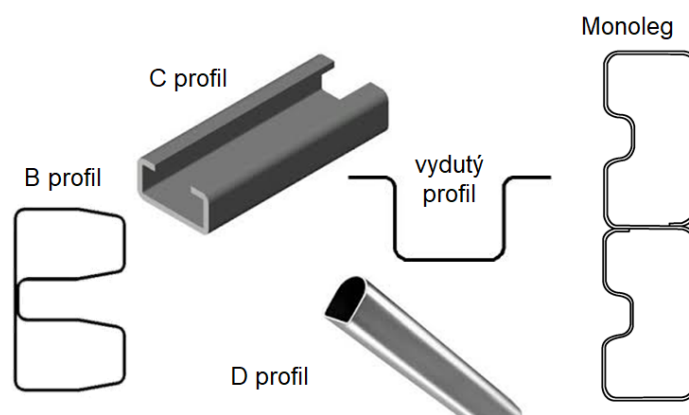
Výrobky, které jsou v sériové výrobě, méně než 3 měsíce se ještě musí dodatečně zkontrolovat na kontrolním pracovišti. Někdy se také kontrolují výrobky, na které byla reklamace. Posledním krokem je lakování, které probíhá v externí firmě, nebo ho daná automobilka dělá sama ve své lakovně.

### 3.3 Popis vybraného pracoviště

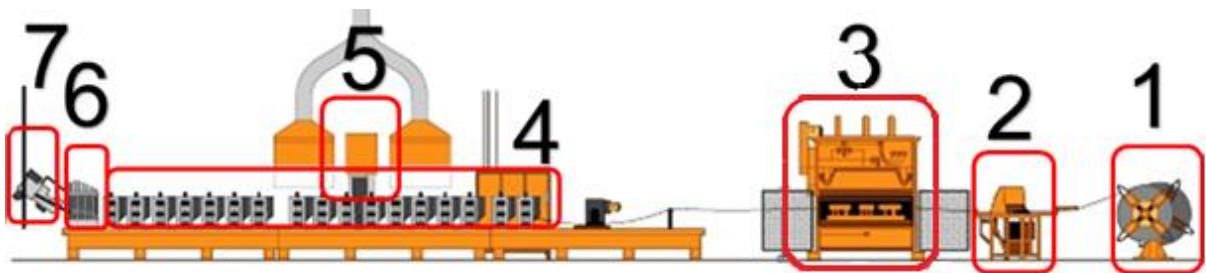
Pracoviště zvolené k vypracování hlukové mapy nese označení ROLL003. Jedná se o válcovací linku, na které se vyrábí základní profily nárazníků. Mezi ně patří: B profil, C profil, D profil, vydutý profil a monoleg (viz obrázek 8). Na některých linkách se také začíná vyrábět roof rail – střešní kolejnice na pohlcení nárazové energie (viz obrázek 7). Válcovací linky při výrobě roof railu využívají takzvaného 3D ohýbání výsledných profilů, díky tomu lze dosáhnout menších profilů a tím snížení hmotnosti a lepší viditelnosti řidiče.



Obrázek 7: Roofrail [16]



Obrázek 8: Typy válcovaných profilů [16]



Obrázek 9: Válcovací linka

Mezi základní části válcovací linky patří: navíječ cívky (1), nůžky a svářečka konců svitků (2), děrovací lis (3), válcovací linka – válce (4), svářečka (5), ohýbací jednotka (6), stříhací hlava (7) a další samostatnou částí je dopravník a kontrolní stůl, kterých je více typů. Základní části válcovací linky jsou zobrazeny na obrázku 9.

### 3.3.1 Navíječ cívky

Navíječ cívky je zařízení, které drží materiál, aby mohl vcházet do válcovací linky (viz obrázek 11). Cívky mají hmotnost do 10 tun a dopravují se pomocí mostového jeřábu. U každého navíječe je i pomocné zařízení, které slouží k přípravě cívky, tak aby byl zkrácen čas výměny cívky na minimum (viz obrázek 10). Navíječ je vybaven motorem, který otáčí cívku a odvíjí jí. Zařízení je vybaveno řadou spínačů, které zajišťují konzistentní napnutí systému.



Obrázek 10: Pomocné zařízení při výměně cívky



Obrázek 11: Navíječ cívky

### 3.3.2 Svářečka konců svitků

Pro spojení cívek se používá svářečka, která je na obrázku 12. Jednotka obsahuje nůžky, svorky a TIG svářečku. Pomocí nůžek se zarovná konec cívky. Svorky materiál drží během stříhání a svařování. Jako ochranný plyn se používá argon. Průchod svaru celou linkou se musí pečlivě sledovat, aby nedošlo k jeho utržení, namotání na válce, atd.. Pokud se tak stane, odstranění tohoto problému může trvat i několik desítek hodin a tím dojde k nemalým ztrátám.



Obrázek 12: Svářečka konců cívek

### 3.3.3 Předděrovací lis

Předděrování využívá lis (viz obrázek 14) a raznici (viz obrázek 13). Představuje vyražení otvorů, drážek a řezů do plochého pásu materiálu předtím, než je ocel zavedena do linky. Předděrování se provádí z důvodu efektivity a úspor – pokud by nebylo, tak by se muselo přidat sekundární pracoviště, kde by došlo k výrobě otvorů a drážek. To by vedlo ke snížení efektivity a zvýšení doby výroby. Lis zajišťuje pohyb a energii, zatímco raznice provádí samotnou práci.



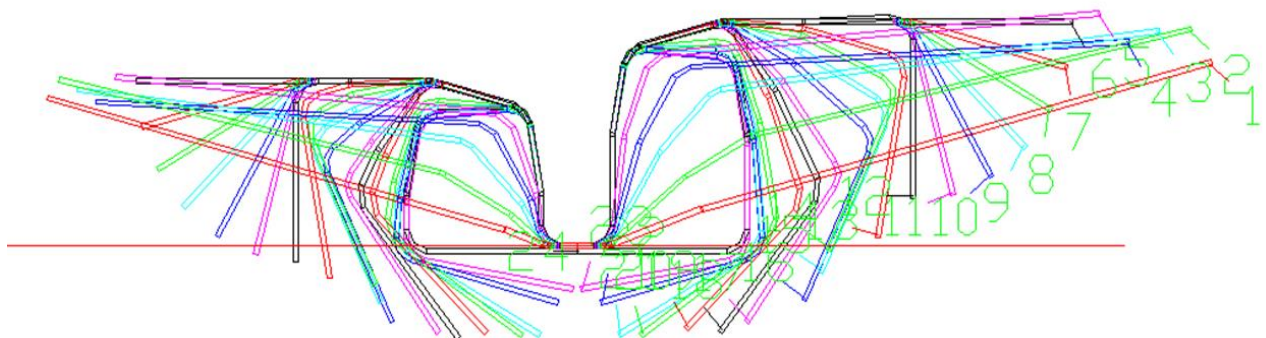
Obrázek 13: Ravnice



Obrázek 14: Předěrovací lis

### 3.3.4 Válcovací linka – válce

Válcovací linka zajišťuje výkon a oporu pro nástroje, které formují materiál. Pohon válcovací linky je umístěn na její zadní straně. U něj se také nachází chladicí systém, který obsahuje jedno čerpadlo a filtrační systém. Válcovacím nástrojem jsou jednotlivé profilovací válce, které postupně tvarují pás materiálu do konečného tvaru (viz obrázek 15). Při profilování mezi válci dochází pouze k plastické deformaci ohýbáním, tloušťka kovu se nemění, kromě mírného zeslabení v místě ohybu. Proces válcování a průchod oceli přes jednotlivé válce je nejlépe vidět na postupovém diagramu, který je níže. Válce jsou do linky vkládány ve větších sestavách – raftech (viz obrázek 16).



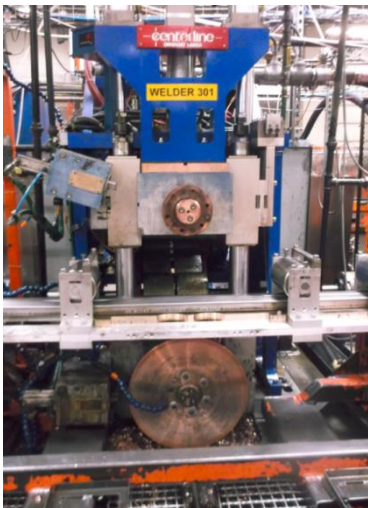
Obrázek 15: Postupový diagram B profilu



Obrázek 16: Pohled na válce v lince

### 3.3.5 Řadová svářečka

Výsledný tvar vzniklý válcováním je vždy nutné svařit dohromady. K tomu slouží řadové svářečky, kterých se používá několik typů, podle daného projektu a požadavků zákazníka. Jedním z možných typů je svářečka Thermatool (viz obrázek 18). Jedná se o vysokofrekvenční typ a používá se na nárazníkové profily „D“. Nejčastěji používaným typem jsou svářečky Centerline (viz obrázek 17). Jedná se o rotační bodovou svářečku, která se používá na nárazníkové profily „B“. Svářečka Centerline začíná být pomalu nahrazována laserovou svářečkou. Každá válcovací linka, která vyrábí svařované trubky, musí mít zařízení pro zkoušení svaru, aby bylo zajištěno, že je svár v mezích dané tolerance. Destruktivní zkoušení svaru se liší v závislosti na profilu trubky, typu svar a metodě kontroly, kterou vyžaduje zákazník. Nejčastěji se provádí zkouška tlakem a zkouška tahem.



Obrázek 17: Centerline



Obrázek 18: Thermatool

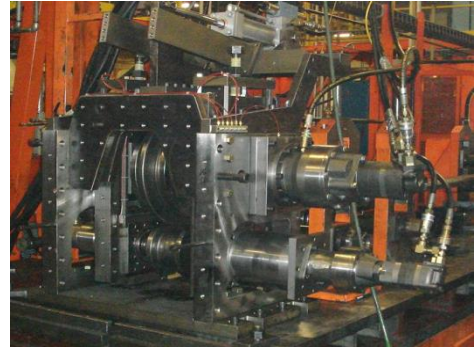
### 3.3.6 Ohýbací jednotka

Ohýbací jednotka je na obrázku 20. Používá se pro výrobu ohnutých dílů – jedná se o zhruba 80 % výroby. Pokud se vyrábí rovný díl (crash can) je nutné místo ní použít narovnávač. Ohýbání se měří odkazem na poloměry podle výkresu dílu. Nejčastěji se udává v milimetrech popřípadě palcích. Během procesu ohýbání je důležitou součástí mandrel. Mandrel je opěra

umístěná uvnitř válcované součásti, která je vyrobená ze slitiny hliníku a bronzu nebo z karbidu. Mandrely se naskládají za sebe a upevní se na závitové tyče (viz obrázek 19).



Obrázek 19: Mandrelové tyče

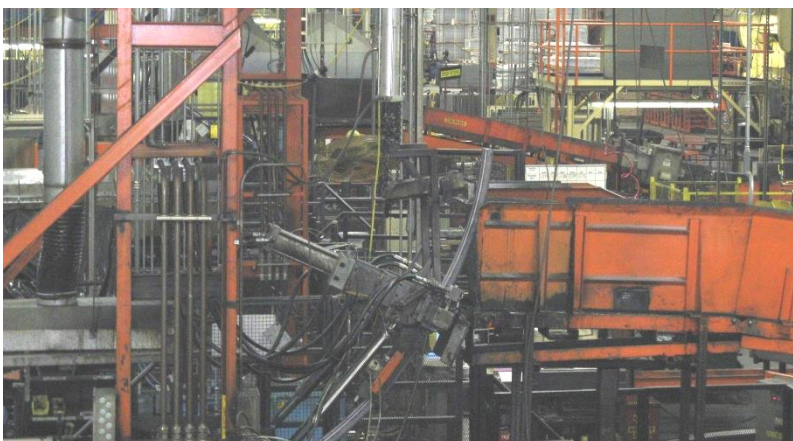


Obrázek 20: Ohýbací jednotka

### 3.3.7 Stříhací jednotka

V této části linky dochází k dělení na jednotlivé výrobky. Jedná se o proces zařazený do linky, takže umožňuje nepřerušovaný proces válcování. Součástí stříhací jednotky je hydraulický systém, který pro ni zajišťuje energii. Mezi další součásti patří: vyvažovací akumulátor – zajišťuje stabilitu tlaku vzduchu, vyvažovací cylinder – nese stříhací jednotku a umožňuje ji posouvat společně s dílem, bezpečnostní řetěz – zabraňuje pádu stříhací jednotky, napínadlo, spínač přjetí polohy a vodící válečky. Stříhací hlava je zobrazena na obrázku 21.

Nástrojem stříhací jednotky jsou stříhací nože (viz obrázek 22), které jsou zhotoveny z nástrojové oceli se speciálním povlakem. Stříhací nože se používají v různých tvarech v závislosti na vyráběném profilu. Po otupení se nůž odešle do nástrojárny, kde je přebroušen. To umožňuje jeho několikanásobné použití.



Obrázek 21: Stříhací hlava



Obrázek 22: Stříhací nůž

### 3.3.8 Dopravník

Výstupní dopravník se používá pro bezpečný přesun dílů od stříhací jednotky na kontrolní stůl, tak aby stříhací jednotka nemohla ohrozit jednotlivé pracovníky. Dopravník je namontován k výrobní lince a jsou na něm umístěny snímače polohy. Pokud se tedy dopravník z nějakého důvodu vychýlí z předem definované polohy, dojde k zastavení celé válcovací linky. Tyto dopravníky se dodávají ve velkém množství provedení. Nejčastěji používané provedení je na následujícím obrázku.



Obrázek 23: Dopravník

### 3.3.9 Kontrolní stůl

Poslední částí válcovací linky je kontrolní stůl. Na tomto místě se shromažďují hotové díly a dochází k jejich kontrole operátorem, který je zároveň dává do přistaveného kontejneru. Jednotlivé díly jsou dopraveny na kontrolní stůl pomocí dopravníku a poté jsou postupně přisouvány k operátorovi pomocí podávacího mechanismu. Na kontrolním stole musí být tlačítko k vypnutí celé linky a pracovní instrukce (viz následující obrázek). Dále zde bývá umístěn stojan s nejčastěji používaným nářadím a další drobnosti jako je držák na pití nebo místo pro odložení oblečení.



Obrázek 24: Kontrolní stůl

### 3.4 Snímek pracovního dne obsluhy

Na pracovišti Roll003 se vždy nacházejí dva pracovníci. První z nich je rollform operátor, který má na starosti vizuální kontrolu jednotlivých dílů, měření a také se vším pomáhá technikovi. Druhým je rollform technik, ten se stará o celou válcovací linku. Je zodpovědný za její správné nastavení a v případě nějakých odchylek pracuje na jejich odstranění. Nastavuje ohýbací jednotku a stříhací hlavu, mění stříhací nože, nastavuje svářečku a mnoho dalších. Podílí se také na výrobě stejně jako operátor.

Oba dva pracovníci se podílejí na výrobě výztuh do nárazníků. Pokud válcovací linka vyrábí, tak jeden z nich je vždy u kontrolního stolu, kde všechny díly zkontroluje a poté uloží do speciálního kontejneru. Po naplnění kontejneru se pracovníci vymění a tak pokračují během celé směny. Do kontejneru se vejde zhruba 250 nárazníků a takt je 7 vteřin, takže se vyměňují zhruba po půl hodině. Celkem za směnu dohromady oba pracovníci vyrobí zhruba 2000 kusů nárazníků. Všechny tyto údaje jsou závislé na typu projektu a mohou se mírně lišit. Pracovníci musejí během výroby dělat i jiné činnosti a to především kontrolu lisu, přípravu na výměnu cívky nebo válcovacích nástrojů, měření každého posledního kusu v kontejneru, uklízet na pracovišti a mnoho dalších. Technik také musí provádět kontrolu válcovací linky a shromažďovat data o jejím provozu.

Nejčastěji se tedy pohybují v okolí kontrolního stolu a v přilehlých částech válcovací linky. Jednou za půl hodiny procházejí okolo válcovací linky z obou stran a také kontrolují hydrauliku. Vedle kontrolního stolu se nachází místo, pro měření vyrobených dílů a počítač, do kterého se zaznamenávají všechny potřebné údaje o výrobě a vyrobených kusech. Na tomto místě také odpočívají.

Snímek pracovního dne byl vypracován 24. 6. 2020 na ranní směně (viz tabulka 2). Jednalo se o běžný pracovní den a nevznikla žádná neočekávaná situace.



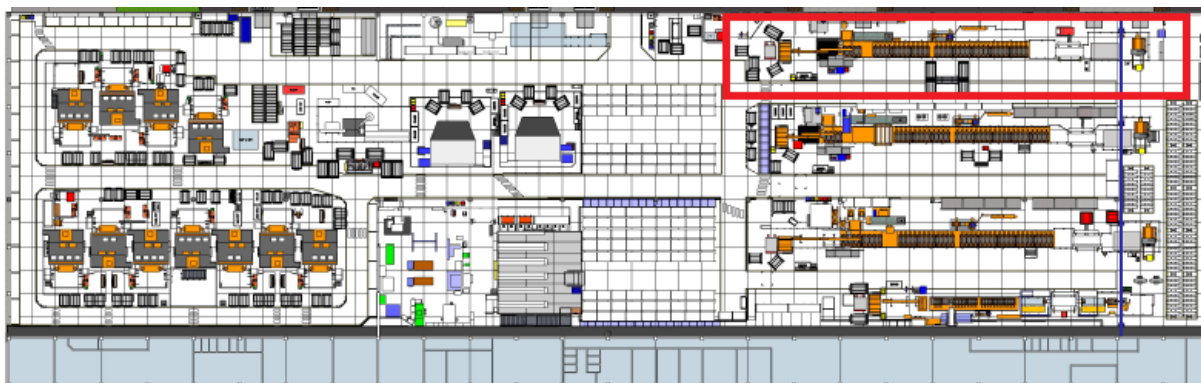
**Tabulka 2: Snímek pracovního dne na pracovišti**

<b>Snímek pracovního dne na pracovišti</b>		
Datum:	24.6.2020	
Zapisovatel:	Tomáš Půta	
Pracoviště:	ROLL003	
Vyráběný díl:	250947-80	
Čas (od, do):	Popis činnosti rollform technika; místo	Popis činnosti rollform operátora; místo
6:00-6:15	Příprava pracoviště, vyplnění potřebných checklistů, poka-yoke; kontrolní stůl, ovládací panel	příprava pracoviště; kontrolní stůl
6:15-6:45	výroba - kontrola stroje; podél celé linky	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl
6:45-7:15	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl	odpočinek + kontrola chodu stroje; kontrolní stůl, podél linky
7:15-7:45	odpočinek, náhodné měření několika kusů; kontrolní stůl	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl
7:45-8:15	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl	odpočinek ; kontrolní stůl
8:15-8:45	výměna cívky a svařovacího kola; navíječ cívky + svářečka	výměna cívky a svařovacího kola; navíječ cívky + svářečka
8:45-9:15	kontrola chodu stroje ,donastavení parametrů ohybu; podél linky, ohýbačka	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl
9:15-10:00	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl	kontrola chodu stroje, měření několika dílů; kontrolní stůl, podél linky
10:00-10:30	přestávka na svačinu	přestávka na svačinu
10:30-11:00	výměna střížníku, seřízení stříhací hlavy a ohýbací jednotky	výměna střížníku, seřízení stříhací hlavy a ohýbací jednotky
11:00-11:30	kontrola chodu stroje; podél linky	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl
11:30-12:00	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl	odpočinek; kontrolní stůl
12:00-12:30	příprava na celkový changeover; podél linky	výroba - ukládá díly do kontejneru; kontrolní stůl
12:30-14:00	výměna válcovacích nástrojů	výměna válcovacích nástrojů

## 4 Sestavení hlukové mapy

### 4.1 Příprava měření

Před měřením bylo nutné provést kalibraci hlukoměru, kterou provedla externí firma. K měření byla vybrána válcovací linka Roll003 z několika důvodů. Jedním z nich je, že na této lince by mělo do budoucna dojít k velkému nárůstu výroby, proto se vedení firmy snaží zlepšit pracovní podmínky zaměstnancům, kteří zde pracují. Dalším důvodem je poloha stroje ve výrobní hale. Nachází se na jejím okraji a měl by být tedy nejméně ovlivněn hlukem z ostatních strojů ve výrobní hale. Vybraná válcovací linka je vyznačena na následujícím obrázku.



Obrázek 25: Vyznačená válcovací linka Roll003 v layoutu výrobní haly

### 4.2 Samotné měření

Měření probíhalo 24. 6. 2020 na pracovišti Roll003 od 7:00 do 12:30. Mezi 10:00 až 10:30 bylo přerušeno z důvodu přestávky. Během měření byla vnitřní teplota v rozmezí 21 °C až 24 °C a vlhkost vzduchu 45 % až 53 %.

K vytvoření hlukové mapy byl layout rozdělen na oblasti, které mají tvar čtverce o straně 3 metry. Celkem byla hluková mapa realizována na 756 metrech čtverečních, měřilo se celkem 70 okolních bodů a 14 bylo vynecháno z důvodu zastavění plochy (obrázek 26). Měření převážně probíhala uprostřed čtverců.

67	5	6	9	10	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51
68	4	7	8	NEPŘÍSTUPNÁ ČÁST VÁLCOVACÍ LINKY														48	49	50
69	3	16	17	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	11	12	13	43	46	47
70	2	1	18	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	14	15	41	42	44	45

Obrázek 26: Očíslování měřících bodů

Na každém měřícím místě byla zaznamenávána každých 10 vteřin aktuální hladina akustického tlaku po dobu 5 minut. Celkem tedy bylo zaznamenáno 31 hodnot.

Během měření byla v provozu vedlejší válcovací linka – Roll002 a svařovací buňky, které se nachází ve druhé části haly. Provoz obou válcovacích linek současně je standardní situací, která by v ideálním případě měla nastávat každý den. Z toho důvodu bylo měření uskutečněno i přes výrobu na vedlejší válcovací lince. Svařovací buňky jsou méně hlučné a ve velké

vzdálenosti, takže nijak neovlivní výslednou hladinu hluku na pracovišti, kde probíhalo měření.

Naměřené hodnoty byly v rozmezí 78 dB až 101 dB. V jednotlivých měřicích bodech bylo rozmezí od celkové hladiny hluku do  $\pm 6$  dB. Tento rozdíl je dán především úderu lisu a stříhacími noži. Jedná se o operace, které se opakují zhruba po 9 vteřinách.

#### 4.2.1 Měřicí přístroj

Za měřicí přístroj byl použit hlukoměr Extech SL – 130. Tento hlukoměr je vhodný k monitorování hladiny hluku v budovách, kancelářích a výrobních závodech.

Technické parametry hlukoměru jsou uvedeny na obrázku 27. Na obrázku 28 lze vidět, jak bylo měřeno ve výrobní hale.

Rozlišení hladiny zvuku	0.1 dB
Vnější délka	220 mm
zobrazení	LED
Rozsah měření hluku DB-C	30 - 130 dB
Rozsah měření hluku DB-A	30 - 130 dB
Rozsah frekvence	31,5 - 8000 Hz
Frekvence (max.)	8000 Hz
Rozsah měření hladiny hluku dB (A) (max.)	130 dB
Rozsah měření hlučnosti dB (A) (min.)	30 dB
Přesnost dB (C)	1.5 dB
Frekvence (min.)	31.5 Hz
Měřicí funkce	Hladina intenzity zvuku
Hmotnost	285 g
Možnost kalibrace	Kalibrace měřiče hladiny hluku třídy II nebo III na 5 odpovídajících hodnot kalibrace v rozsahu měření příslušného přístroje
Rozsah měření hlučnosti dB (C) (min.)	30 dB
Rozsah měření hladiny hluku dB (C)(max.)	130 dB
Přesnost dB (A)	1.5 dB
Kalibrováno dle	ISO
Vnější šířka	180 mm

Obrázek 27: Technické parametry hlukoměru Extech SL – 130



Obrázek 28: Měření ve výrobní hale

### 4.3 Zpracování výsledků

Na základě naměřených hodnot byla v každém místě vypočítána celková hladina hluku. Způsob výpočtu odpovídá normě ČSN EN ISO 9642 Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti. Výpočet je dán podle následujícího vzorce:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg * \left( \frac{1}{i} * (10^{0,1*n_1} + 10^{0,1*n_2} + \dots + 10^{0,1*n_i}) \right)$$

kde  $n_1, n_2, \dots, n_i$  jsou jednotlivé naměřené hodnoty. [2]

Ze všech měřících bodů byly zpracovány grafy s průběhem hladiny hluku během měřených 5 minut. V grafu je také uvedena celková hladina hluku a průměrná hodnota. Průměrná hodnota je vždy o něco nižší než celková hladina hluku. To je dáno tím, že decibely jsou vyjádřeny logaritmickou stupnicí.

V příloze č. 1 jsou uvedeny grafy průběhu akustického tlaku v bodech, kde je nejvyšší celková hladina hluku.

#### 4.3.1 Příklad výpočtu

Byl vybrán bod číslo 1, na kterém bude ukázáno, jak probíhalo měření a následný výpočet celkové hladiny hluku. Hlukoměr byl postaven doprostřed plochy a bylo zahájeno pětiminutové měření. Každých deset vteřin byla aktuální hodnota zaznamenána do tabulky měření. Po uplynutí dané doby bylo měření ukončeno.

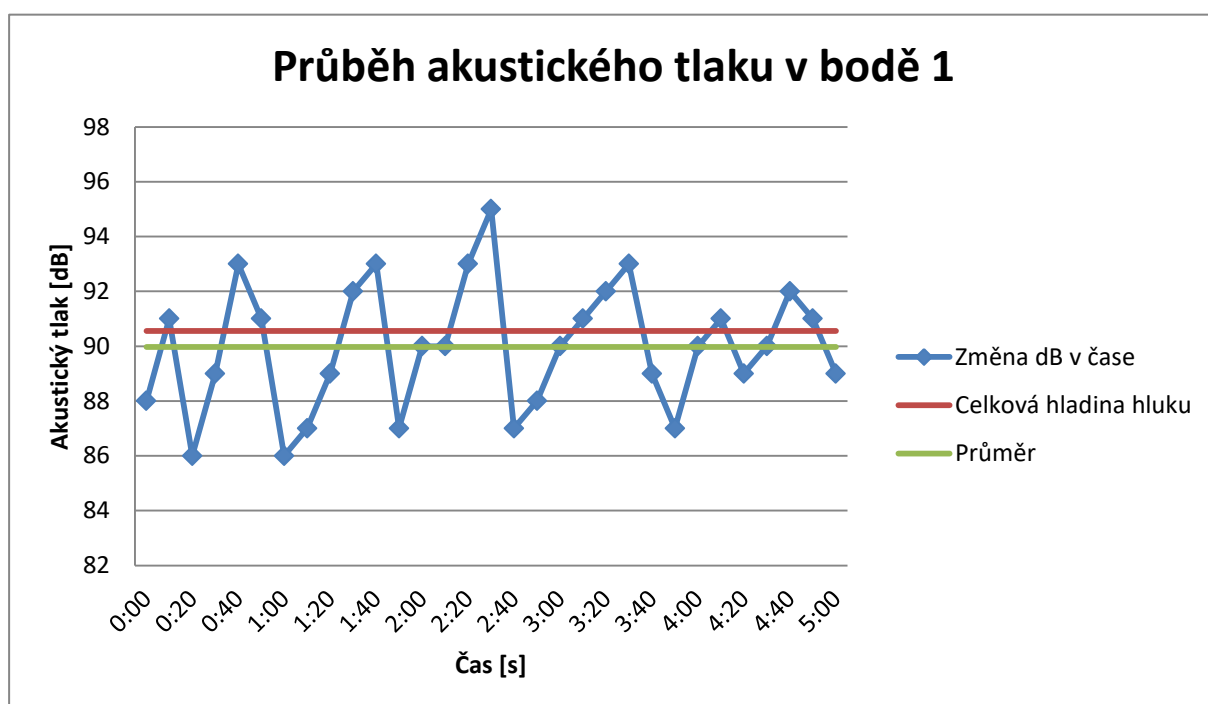
Naměřené hodnoty v dB jsou: 88, 91, 86, 89, 93, 91, 86, 87, 89, 92, 93, 87, 90, 90, 93, 95, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 89, 87, 90, 91, 89, 90, 92, 91 a 89.

Poté byl proveden výpočet celkové hladiny hluku v měřeném bodě podle vzorce daného normou ČSN EN ISO 9612:

$$L_{p,A,eqT} = 10 \lg * \left( \frac{1}{31} * (10^{0,1*88} + 10^{0,1*91} + 10^{0,1*86} + \dots + 10^{0,1*89}) \right) = 90.6 \text{ dB}$$

Pro ukázkou rozdílu mezi průměrnou hodnotou hladiny hluku a celkovou hladinou hluku byl vypočítán i průměr, který je v tomto bodě 90 dB. Maximální hodnota je 95 dB.

Na základě výše uvedených hodnot byl sestaven graf s průběhem hladiny hluku, celkovou hladinou hluku a průměrnou hodnotou v daném bodě. Ilustrační příklad je na následujícím obrázku.

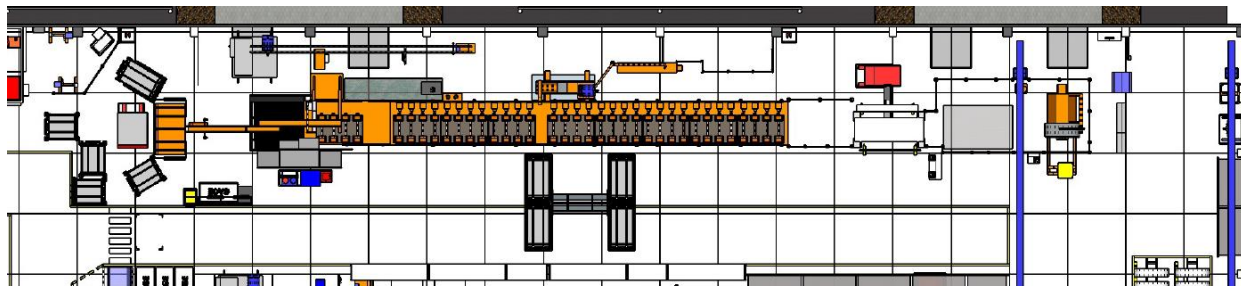


Obrázek 29: Průběh akustického tlaku v bodě 1

#### 4.4 Hluková mapa

Na základě naměřených hodnot byla sestavena hluková mapa na vybraném pracovišti. Hluková mapa byla vytvořena v Excelu. Excel je na tvorbu mapy vhodný z důvodu jeho dostupnosti a jednoduchosti v něm hlukovou mapu vytvořit. Celkem byly vytvořeny 2 hlukové mapy. První z nich je vytvořena na základě vypočítané celkové hladiny hluku v jednotlivých bodech (obrázek 31). Druhá je vytvořena z naměřených maximálních hodnot (obrázek 32). Pro lepší představu, kde je jaká část válcovací linky, je třeba porovnat hlukovou mapu s layoutem, který je uveden na obrázku 30.

Layout a hluková mapa, která zobrazuje celkovou hladinu hluku, jsou uvedeny v zvětšené formě v příloze číslo 2.



Obrázek 30: Layout Roll003

84,5	88,6	88,0	91,9	95,0	93,3	90,5	87,4	86,2	84,4	84,3	86,5	86,5	92,6	95,2	95,8	94,2	90,2	87,7	86,2	84,7
85,0	87,6	88,9	91,8	NEPŘÍSTUPNÁ ČÁST VÁLCOVACÍ LINKY														89,7	88,2	86,0
85,3	89,1	89,2	88,4	90,0	90,5	90,4	89,2	87,7	85,7	84,1	86,3	89,3	92,2	94,8	96,5	95,1	93,4	91,8	90,9	89,0
87,2	89,5	90,6	88,9	89,4	89,8	89,3	89,0	86,9	85,2	83,3	84,1	85,9	87,9	91,4	91,3	91,9	90,9	89,9	90,6	89,2

Obrázek 31: Hluková mapa - celková hladina hluku

89,0	91,0	92,0	97,0	98,0	97,0	95,0	92,0	89,0	88,0	89,0	89,0	89,0	97,0	100,0	101,0	98,0	94,0	91,0	90,0	89,0
89,0	91,0	92,0	96,0	NEPŘÍSTUPNÁ ČÁST VÁLCOVACÍ LINKY														93,0	91,0	91,0
90,0	93,0	92,0	92,0	94,0	95,0	95,0	93,0	91,0	89,0	86,0	89,0	92,0	95,0	99,0	101,0	99,0	97,0	95,0	94,0	93,0
91,0	92,0	95,0	92,0	94,0	93,0	92,0	92,0	90,0	89,0	86,0	89,0	89,0	91,0	95,0	96,0	94,0	93,0	93,0	93,0	91,0

Obrázek 32: Hluková mapa - maximální hodnoty

Hodnoty byly barevně rozděleny. Zelená znamená nejnižší hodnoty a tmavě šedá nejvyšší. Rozdělení je po 2,5 dB (viz obrázek 33).

<85.0	85.0; 87.5	87.5; 90.0	90.0; 92.5	92.5; 95.0	95.0; 97.5	97.5; 100.0	>100.0
-------	------------	------------	------------	------------	------------	-------------	--------

Obrázek 33: Barevné rozdělení

## 5 Zhodnocení výsledků

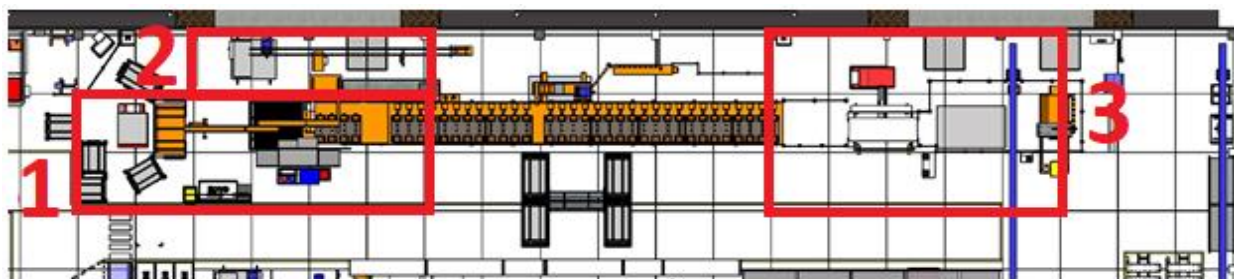
### 5.1 Shrnutí měření

Na základě měření a snímku pracovního dne byly vybrány nejvíce problematické oblasti.

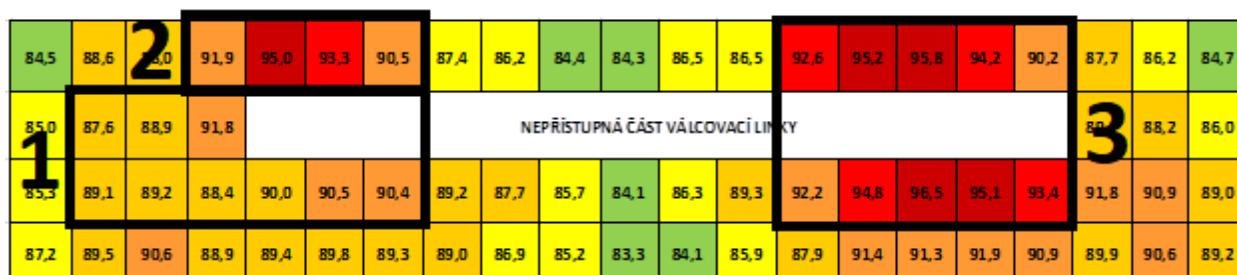
Oblasti jsou následující:

1. Kontrolní stůl
2. Pohon válcovací linky
3. Předděrovací lis

Oblasti byly vybrány na základě vysoké celkové hladiny hluku a na době, po kterou se v dané oblasti vyskytují jednotliví pracovníci. Výběr byl také konzultován s firmou Shape Corp. Vybrané oblasti jsou zobrazeny v layoutu (obrázek 34) i v hlukové mapě (obrázek 35).



Obrázek 34: Vyznačené oblasti v layoutu



Obrázek 35: Vyznačené oblasti v hlukové mapě

#### 5.1.1 Kontrolní stůl

Okolí kontrolního stolu je problémovou oblastí z důvodu vyšší celkové hladiny hluku a časem, který zde pracovníci tráví. Oblast je vyznačena číslem 1. Celková hladina hluku je v rozmezí 87,6 až 91,8 dB a maximální hodnota 91 až 96 dB. Pracovníci v této oblasti musí používat osobní ochranné pracovní pomůcky – špunty do uší. Většina hluku je v tomto bodě způsobena stříhací hlavou, dopadem válcovaného profilu na dopravník ke kontrolnímu stolu a také pohonem válcovací linky.

#### 5.1.2 Pohon válcovací linky

Oblast okolo pohonu válcovací linky je problémovou z důvodu vysoké celkové hladiny hluku a možného ovlivnění první oblasti. Oblast je vyznačena číslem 2. Pohon je umístěn na zadní straně a jeho funkcí je přenášet výkon do válcovací linky. Nejčastěji se zde pohybují pracovníci údržby, kteří zde každou směnu kontrolují čistotu a hladinu kapaliny v hydraulické

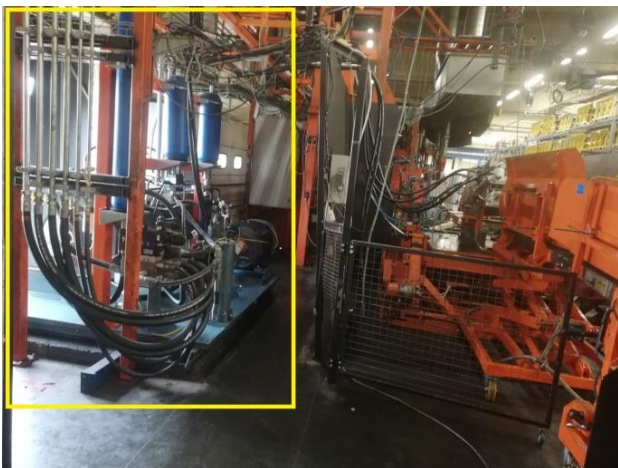
části. Podle dokumentace výrobce by tato část válcovací linky měla vytvářet stálý akustický tlak 93 dB ve vzdálenosti 50 centimetrů. Měření to potvrdilo. Celková hladina hluku je v rozmezí 90,5 až 95,0 dB a maximální hodnota 95 až 98 dB. Vyšší hodnota je způsobena okolním hlukem, především se jedná o stříhací hlavu a dopad válcovaného profilu.

### 5.1.3 Předděrovací lis

Nejproblematictější místem je lis, který se nachází na začátku válcovací linky. Každých 7 vteřin udeří a vyrazí otvory do plechu. Generuje tedy vysokou okamžitou hodnotu hladiny hluku, která se pravidelně opakuje. Jedná se především o body: 11, 12, 40, 56, 67. Naměřená maximální hodnota je 101 dB. Celková hladina hluku v okolí lisu je v rozmezí 94,3 až 96,7 dB. Lis ovlivňuje významnou část výrobní haly. Pracovníci by tedy v okolí lisu měli používat mušlové chrániče sluchu. Pracovníci v okolí lisu tráví menší část pracovní doby než v předchozích oblastech.

## 5.2 Možnosti zlepšení aktuální situace

První možností, jak snížit celkovou hladinu hluku na vybraném pracovišti, je odhlučnění pohonu stroje. Tuto část válcovací linky by bylo vhodné uzavřít do protihlukového boxu (viz obrázek 37). Toto řešení bylo aplikováno na jiné válcovací lince (viz obrázek 36) a došlo ke snížení zhruba o 3 dB. Náklady jsou přibližně 300 000 Kč.



Obrázek 36: Pohon válcovací linky



Obrázek 37: Protihlukový box

Další možností je nastavení pravidelné údržby všech částí válcovací linky. Během měření bylo zjištěno, že dochází k velkým únikům vzduchu z důvodu prodřených hadic. Únik vzduchu je hlučný a jeho eliminace sníží celkovou hladinu hluku na pracovišti. Dalším zdrojem hluku jsou chybějící nebo poškozená těsnění v okolí lisu. Povolené šrouby také mohou způsobit nezanedbatelný hluk, tím jak se vzájemně pohybují dvě špatně spojené části stroje. Pravidelná údržba by měla eliminovat všechny výše uvedené problémy a tím i celkovou hladinu hluku na pracovišti. Bylo by vhodné ji nastavit i pro ostatní pracoviště.



## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vypracování hlukové mapy na vybraném pracovišti a případně navrhnout nápravná opatření, která povedou ke snížení hladiny hluku na daném pracovišti.

V úvodu byly představeny jednotlivé rizikové faktory, se kterými se na pracovišti lze setkat. Rizikové faktory jsou rozděleny do základních kategorií: fyzikální, biologické, chemické, fyziologické a psychologické.

Další část bakalářské práce se věnovala samotnému hluku. Bylo vysvětleno, jak působí na člověka, jaké jsou jeho druhy a jak se měří. Poté byly ukázány hlukové limity v České republice, které vyplývají z příslušných zákonů. Na závěr této části bylo vysvětleno, co je hluková mapa a k čemu ji lze použít. Také byly prezentovány jednotlivé možnosti, jak bojovat proti hluku.

Tato práce byla vypracována ve firmě Shape Corp. a tato společnost a její výrobní program byly krátce představeny. Další částí bylo popsání pracoviště, které bylo vybráno k sestavení hlukové mapy včetně snímku pracovního dne obsluhy. Byla to válcovací linka s názvem ROLL003.

V další části byl navržen postup měření. Celkem měření probíhalo v 70 měřících bodech – celkem na 756 metrech čtverečních a v každém bodě se měřilo 5 minut. Na základě měření byly vypracovány hlukové mapy pomocí programu Excel. Hlukové mapy byly vypracovány dvě. První z nich zobrazuje celkovou hladinu hluku na vybraném pracovišti a druhá naměřené maximální hodnoty v daných bodech. Díky celkové analýze pracoviště a hlukovým mapám lze identifikovat možná problémová místa a navrhnout nápravná opatření, které povedou ke snížení hluku v daném místě. Nápravná opatření by měla vést ke snížení hlukové zátěže na pracovišti a tím i zvýšení výkonnosti pracovníků.

## 7 Bibliografie

- [1] Znalostní systém prevence rizik BOZP. [Online] [Citace: 3. Leden 2020.] <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/rizikove-factory/336-rizikove-factory>.
- [2] *Dokumentace BOZP*. [Online] [Citace: 2. Březen 2020.] <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/osvetleni-pracoviste/>.
- [3] Kolektiv autorů. *Chemická rizika*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2018. ISBN 978-80-87676-24-0.
- [4] Kolektiv autorů. *Psychická zátěž*. Praha : Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2014. ISBN 978-80-87676-09-7.
- [5] Bezpečnost práce. [Online] [Citace: 12.. Červen 2020.] <https://www.bezpecnostprace.info/dokumentace/kategorizace-praci/>.
- [6] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. [Online] MZV ČR. [Citace: 17. Březen 2020.] [http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/hluk-a-jeho-ucinky-na-cloveka\\_3414\\_30.html](http://www.mzcr.cz/hlukovemapy/obsah/hluk-a-jeho-ucinky-na-cloveka_3414_30.html).
- [7] Nový, Richard. *Hluk a chvění*. Praha : ČVÚT, 2009. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [8] Beran, Vlastimil. *Chvění a hluk*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2010. ISBN 978-80-7043-916-6.
- [9] WHO. *Burden of disease from environmental noise*. s.l. : WHO, 2011. ISBN 978 92 890 0229 5.
- [10] Drápěla, Jiří a Šlezinger, Jan. *Měření hlukových emisí elektrických strojů*. Brno : VUT, 2013.
- [11] ČSN EN ISO 9642 *Akustika - Určení expozice hluku na pracovišti - Technická metoda*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [12] Vláda ČR. *Narizení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011*
- [13] Poslanecká sněmovna. *Vyhláška č. 432/2003 Sb. ze dne 4. prosince 2003*
- [14] Wikipedie. [Online] Wikipedie.org. [Citace: 9. Červenec 2020.] [https://cs.qwe.wiki/wiki/Noise\\_map](https://cs.qwe.wiki/wiki/Noise_map).
- [15] Hardman. [Online] [Citace: 4. Červenec 2020.] <https://www.hardman.cz/ochrana-sluchu-hlavy-a-obliceje-2/>.
- [16] Shape corp. *Web Shape corp*. [Online] SHAPE. [Citace: 8. Červen 2020.] <https://www.shapecorp.com/cs/>.

## **Seznam příloh**

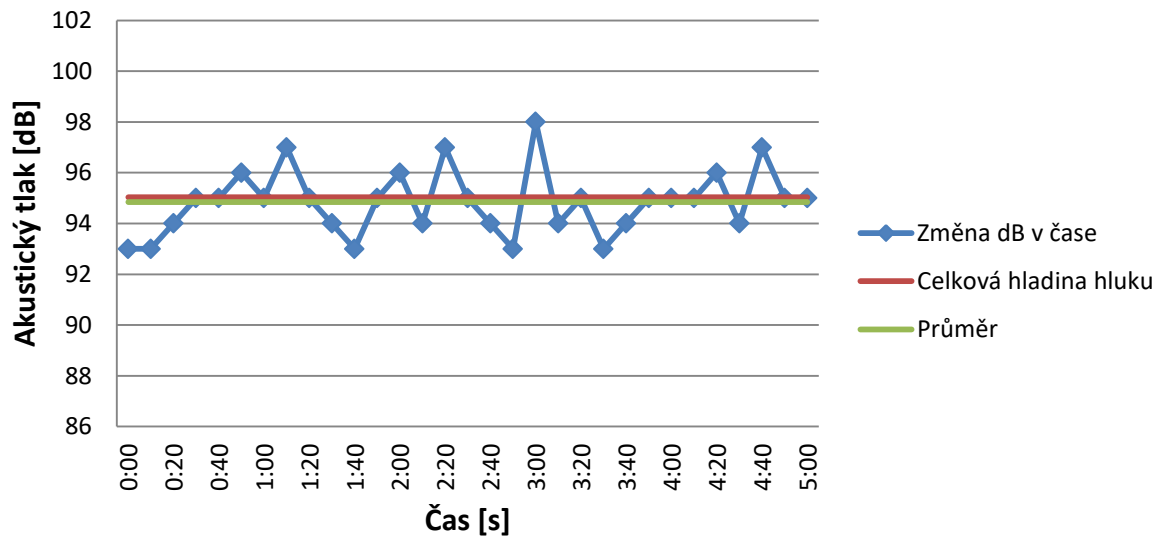
Příloha č. 1 – Grafy průběhu akustického tlaku v problémových místech

Příloha č. 2 – Zvětšený layout a hluková mapa

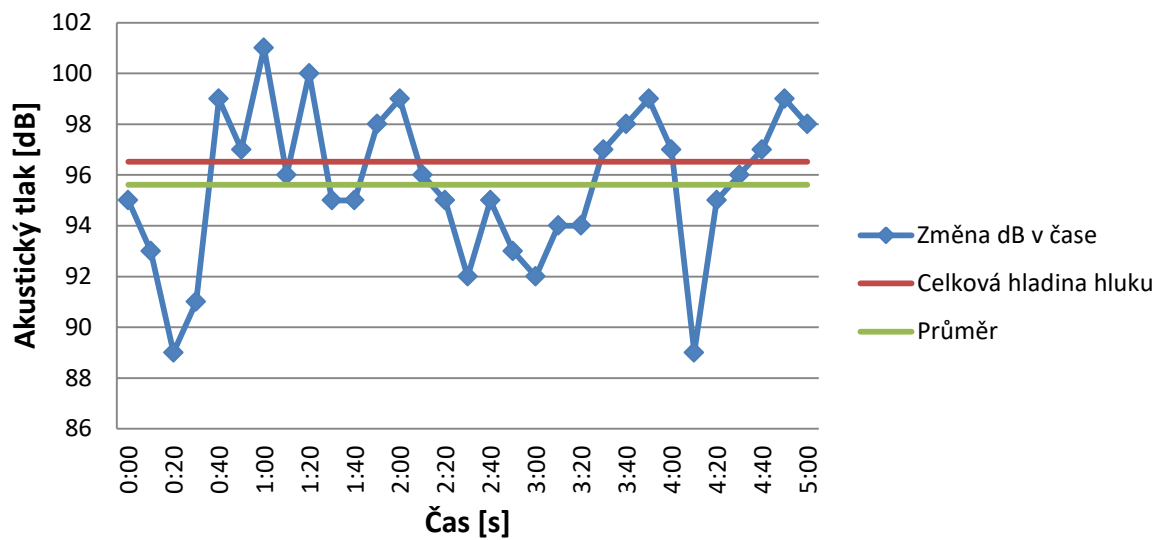
## **Příloha č. 1**

**Grafy průběhu akustického tlaku v problémových místech**

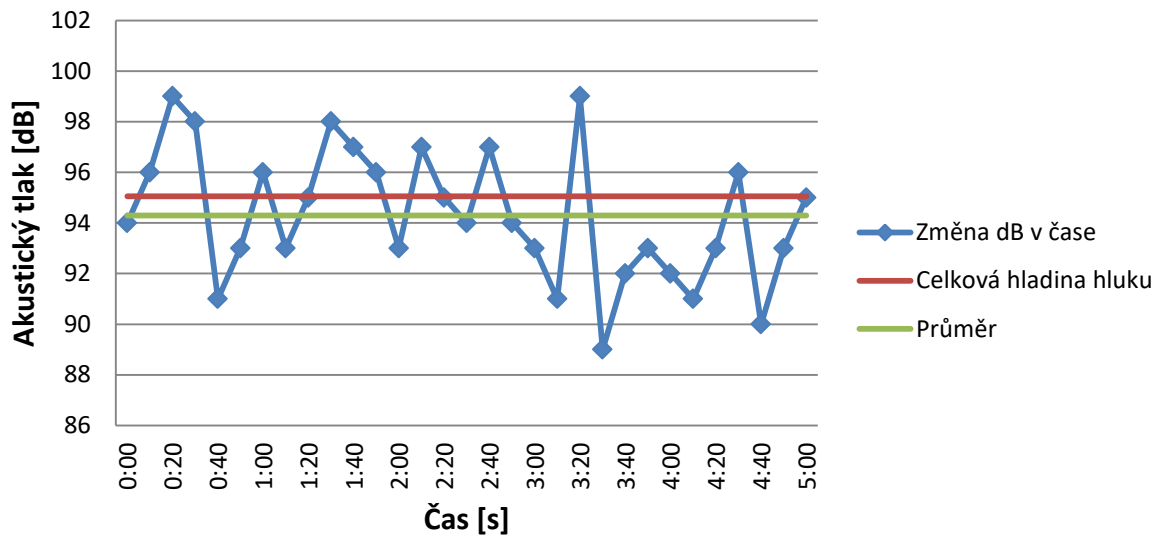
### Průběh akustického tlaku v bodě 10



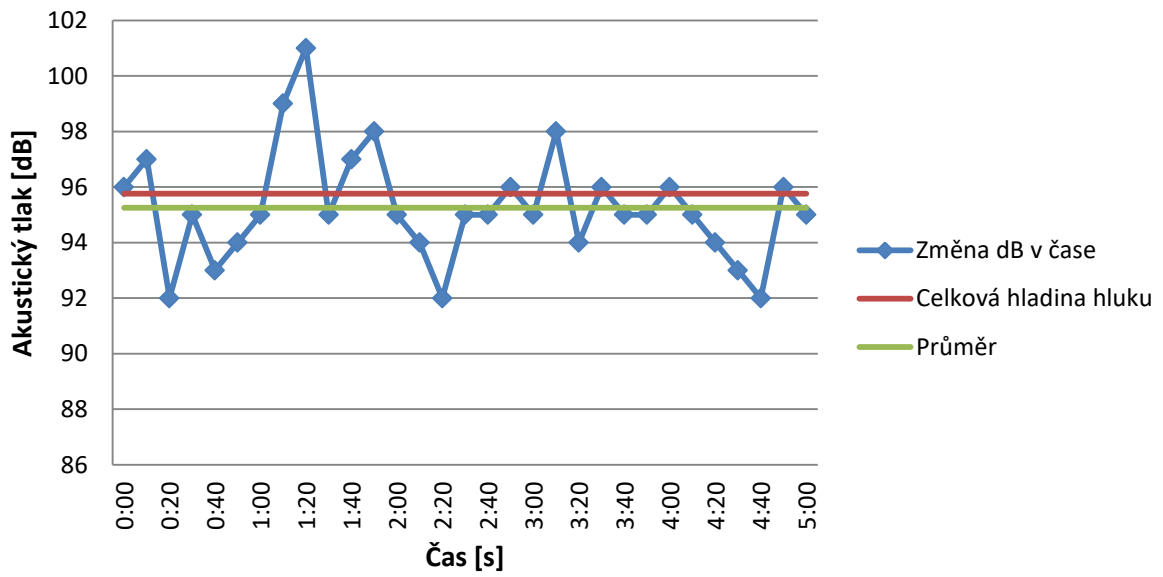
### Průběh akustického tlaku v bodě 11



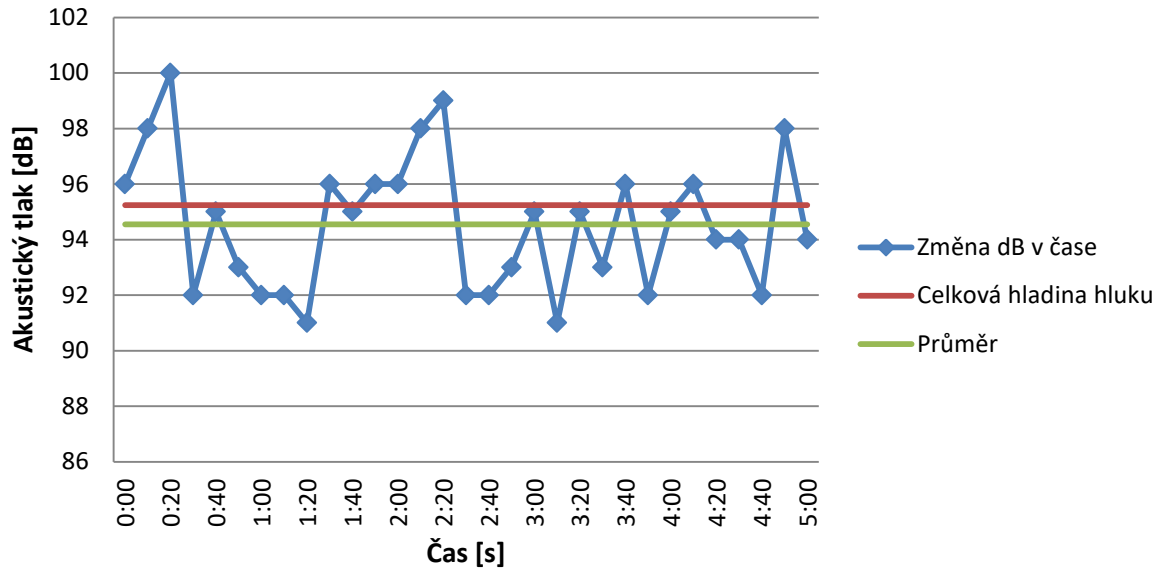
### Průběh akustického tlaku v bodě 12



### Průběh akustického tlaku v bodě 56



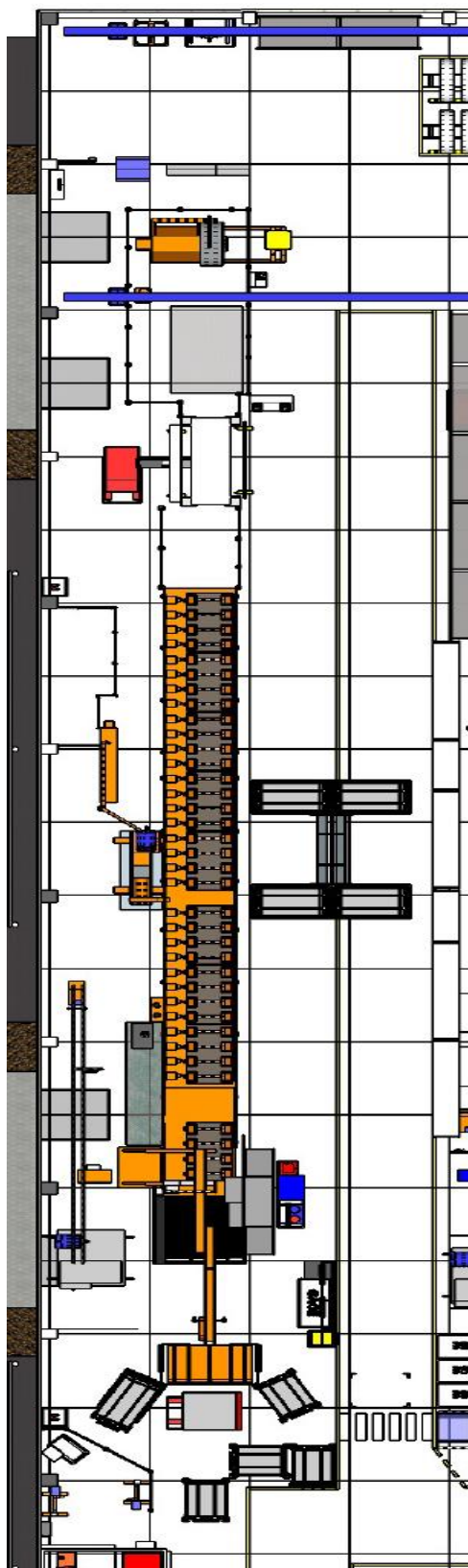
## Průběh akustického tlaku v bodě 57



## **Příloha č. 2**

**Zvětšený layout a hluková mapa vybraného pracoviště**





84,5	88,6	88,0	91,9	95,0	93,3	90,5	87,4	86,2	84,4	84,3	86,5	86,5	92,6	95,2	95,8	94,2	90,2	87,7	86,2	84,7	
85,0	87,6	88,9	91,8	NEPŘÍSTUPNÁ ČÁST VÁLCOVACÍ LINKY																	86,0
85,3	89,1	89,2	88,4	90,0	90,5	90,4	89,2	87,7	85,7	84,1	86,3	89,3	92,2	94,8	96,5	95,1	93,4	91,8	90,9	89,0	
87,2	89,5	90,6	88,9	89,4	89,8	89,3	89,0	86,9	85,2	83,3	84,1	85,9	87,9	91,4	91,3	91,9	90,9	89,9	90,6	89,2	