

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Zemědělská a dopravní technika

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Diplomová práce

Téma

Hlučnost výrobních strojů ve vybraném podniku

Vedoucí práce Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor Bc. Jiří Vojta

České Budějovice, 2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří VOJTA**
Osobní číslo: **Z16521**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělská a dopravní technika**
Název tématu: **Hlučnost výrobních strojů ve vybraném podniku**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

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

V literární rešerši zpracujte:

1. Hluk, jeho vlastnosti, vznik hluku a jeho šíření
2. Vliv hluku na lidský organizmus
3. Měření a hodnocení hluku, nejistoty měření hluku
4. Platnou legislativu a přípustné hygienické limity hluku na pracovišti
5. Metody snižování hluku

V praktické práci proveďte:

1. Popis a charakteristiku vybraného výrobního objektu, vybraných výrobních strojů (půdorysné schéma výrobních strojů - pracovních míst obsluhy)
2. Zjištění hlukové zátěže na pracovním místě obsluhy měřením hladin akustického tlaku
3. Zjištění hlukové zátěže pracovního prostoru v určité vzdálenosti od zdroje hluku formou měření hladin akustického tlaku
4. Vyhodnocení hlukové zátěže pracovních míst obsluhy podle platné legislativy
5. Návrh vhodných opatření vedoucích ke snížení hlukové zátěže pracovníků obsluhy

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

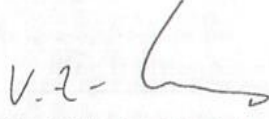
Seznam odborné literatury:

- Nový, R. (2009) Hluk a chvění. Praha: Ediční středisko ČVUT. 389 s. ISBN 80-02246- 3.
- Nový, R., Kučera, M. (2000) Snižování hluku a chvění. Praha: Ediční středisko ČVUT.
- Barron, R. (2003) Industrial Noise Control and Acoustics. New York: Marcel Dekker, Inc. 534s. ISBN 0-8247-0701-X.
- SMETANA, C. et al. (1998) Hluk a vibrace: Měření a hodnocení. Praha: Sdělovací technika, 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
- BHATIA, A. (2012) Overview of Noise Control and HVAC Acoustic in Buildings. Vibrationdata [online]. [cit. 2014-04-11]. Dostupné z: <http://www.vibrationdata.com/tutorials2/m206content.pdf>.
- MIŠUN, V. (2005) Vibrace a hluk. Brno: VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. ISBN 80-214-3060-5.
- Metodický návod pro měření a hodnocení hluku a vibrací na pracovišti a vibrací v chráněných vnitřních prostorech staveb. Věstník Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2013.

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

Datum zadání diplomové práce: 10. února 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018


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


JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Študentská 1658, 370 06 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 28. března 2017

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě – v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných zemědělskou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 8. 4. 2019

.....
Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za odborné konzultace a rady v průběhu zpracování této diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval panu Prodělalovi a panu Štolbovi z firmy Mondi Bupak za poskytnuté informace a pomoc při zpracování diplomové práce.

Hlučnost výrobních strojů ve vybraném podniku

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá tématem měření hluku. V teoretické části jsou obsaženy poznatky získané studiem odborné literatury. Popisoval jsem zde akustiku, vznik zvuku a hluku, zdravotní a legislativní souvislosti hlukové zátěže a dále metody snižování hluku. V praktické části jsou uvedeny informace o firmě a jednotlivých strojních zařízeních, výsledky měření a jejich vyhodnocení podle platné legislativy. Navrhnul jsem zde vhodná opatření ke snížení hlukové zátěže pracovníků obsluhy.

Klíčová slova: hluk; zvukoměr; sluchové ústrojí; decibel

Noise of production machines in selected company

Abstract

The diploma thesis deals with noise measurement. The theoretical part contains the knowledge gained by studying literature. I have described acoustics, sound and noise, noise and health and legislative contexts as well as noise reduction methods. The practical part contains information about the company and individual machinery, the results of measurements and their evaluation according to valid legislation. I have suggested appropriate measures to reduce the noise burden on operators.

Keywords: noise; sound level meter; auditory system; decibel

Obsah

1	Úvod	7
1.1	Cíle práce	8
2	Literární přehled.....	9
2.1	Akustika.....	9
2.1.1	Akustické vlnění.....	9
2.1.2	Základní veličiny v akustice	10
2.2	Zvuk	11
2.3	Hluk.....	11
2.4	Lidské ucho	11
2.5	Účinky hluku na lidský organismus	12
2.6	Účinky hluku a jejich kritéria	16
2.7	Metodiky při měření a hodnocení hluku, nejistoty měření	17
2.7.1	Požadavky na měření	17
2.7.2	Přehled a veličiny měření	18
2.8	Hodnocení proměnných hluků	20
2.8.1	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A	20
2.8.2	Decibelové vyjádření dalších veličin	22
2.9	Nejistoty měření	23
2.10	Legislativa hluku	24
2.10.1	Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.	24
2.10.2	Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.	30
2.10.3	Další legislativa týkající se hluku.....	31
2.11	Metody snižování hluku	32
3	Metodika práce	35
4	Mondi Bupak s. r. o.	36
4.1	Místa a popis měření	36

4.2	Brüel & Kjaer typ 2270-S	37
5	Charakteristika a výsledky měření u vybraných strojů a zařízení.....	39
5.1	Pracovní pozice č. 1 – stroj MARTIN MIDLINE 924.....	39
5.2	Pracovní pozice č. 2 – stroj MARTIN TRANSLINE 1228	42
5.3	Pracovní pozice č. 3 – stroj BOBST PACIFIC 1.7	45
5.4	Pracovní pozice č. 4 – paletizační linka.....	47
5.5	Pracovní pozice č. 5 – stroj MASTERCUT 2,1	49
5.6	Pracovní pozice č. 6 – zvlňovací stroj	51
5.7	Měření hluku v odpočinkové místnosti	53
5.8	Nejistota měření, třída přesnosti měření.....	54
5.9	Doporučení na ochranu sluchu pro obsluhu výrobních strojů.....	54
5.9.1	Společnost uvex.....	54
5.9.2	Společnost Pevi s. r. o.	57
6	Závěr.....	60
	Přehled literatury	62
	Seznam obrázků	64
	Seznam grafů	64
	Seznam tabulek	64
	Přílohy.....	65

1 Úvod

Příčiny vzniku a růstu hlučnosti jsou různé. Z hlediska ochrany člověka před nadměrným hlukem je dobré věnovat pozornost opatřením proti hluku. Sem zařazujeme opatření technická, organizační, zdravotnická nebo jiná náhradní, což mohou být například ochranné pomůcky. Legislativní opatření jsou vydávána jako rámeček pro předchozí opatření, ale jsou to i samostatně stojící opatření. Řízení hluku v životním prostředí lze rozdělit podle typu prostředků pro řízení hluku v prostředí do 2 hlavních skupin. První se týká řízení v oblasti zdrojů hluku. Jedná se o regulaci v emisní oblasti, kde tato část problematiky řízení hluku zahrnuje limitní nebo alespoň informativní požadavky na emise hluku dopravních prostředků, strojů, výrobků a zařízení. Druhá skupina souvisí s řízením v oblasti příjmu hluku. Jedná se o regulaci v imisní oblasti, především o hluk v mimopracovním prostředí s dopadem na člověka, který se pohybuje uvnitř budov nebo ve venkovním prostředí. [9]

V technické literatuře se můžeme setkat s tím, že vzrůst hlučnosti v životním prostředí činí přibližně 1 dB za rok. Jedná se samozřejmě o údaj, který je pouze hrubý. Tento údaj nám ukazuje na prudký nárůst hlučnosti. Zároveň nás varuje před dalším možným nepříznivým vývojem. O nadměrném hluku se v minulosti hovořilo pouze u některých profesí. Patřili sem například kováři a kotláři. Hluku byla vystavena pouze úzká skupina obyvatelstva. V současné době je situace opačná. V souvislosti s rozvinutou vědeckotechnickou revolucí jsme ovlivňováni hlučnými strojními a elektrickými zařízeními. Významnější skupinu lidí, která není denně vystavována ve značné míře akustickou energií, bychom v dnešní době těžko našli. V mimopracovní době je velká většina obyvatelstva ve městech vystavována dopravnímu hluku. Špatná situace je například v Praze, kde v některých místech hluk dosahuje běžně hladin akustického tlaku A 85 dB. [1]

1.1 Cíle práce

Cílem této diplomové práce je provést měření hluku zvukoměrem společnosti Brüel & Kjaer typu 2270-S na vybraných pracovištích ve firmě Mondi Bupak s. r. o. U naměřených hodnot bude provedena analýza hladin hluku a vyhodnocení. Na základě výsledků hodnocení budou navrženy opatření ke snížení hlukové zátěže pracovníků ve firmě.

2 Literární přehled

2.1 Akustika

Akustiku považujeme za rozsáhlý vědní obor, který se zabývá komplexně zvukem od jeho vzniku až po vnímání lidskými smysly. Patří sem celá řada podkategorií, například hudební akustika zkoumá fyzikální základy hudby, hudebních nástrojů a prostorů, stavební akustika zvukové jevy a souvislosti v uzavřeném prostoru. Prostorová akustika se zabývá šířením zvuku v obecném prostoru, fyziologická akustika vznikem zvuku v hlasovém orgánu člověka a jeho vnímání v uchu, psychoakustika vnímáním zvuku v mozku. [10]

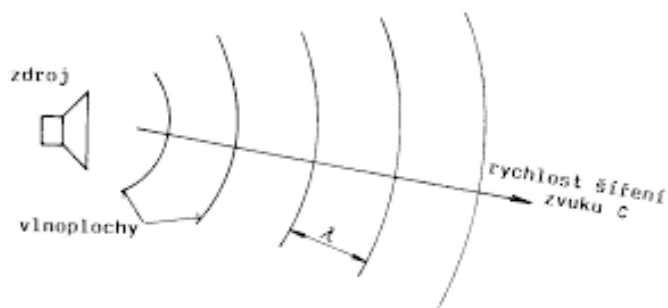
2.1.1 Akustické vlnění

Šíření zvuku je možné v plynech, kapalinách i pevných látkách ve formě akustického vlnění. Přímochárym způsobem se vlnění šíří v homogenním izotropním prostředí. Vlnění rozdělujeme na podélné a příčné podle toho, jestli částice prostředí kmitají ve směru šíření vlnění nebo kolmo k němu. U podélného vlnění je směr kmitů jednoznačně dán směrem šíření vlnění. U příčného vlnění je potřebné udávat též rovinu, ve které dochází k příčným kmitům. Lineárně polarizované vlnění je takové vlnění, pokud fungují všechny kmity v jedné rovině.

Částice se jednosměrně nepohybují se šířícím se vlněním. Důležitým poznatkem je, že částice kmitají pouze kolem svých rovnovážných poloh. Šíření akustického vlnění je spojeno s přenosem energie.

S podélným akustickým vlněním se setkáváme pouze u plynů a kapalin. Je to z toho důvodu, že tyto látky jsou pružné pouze ve smyslu objemové stlačitelnosti. S vlněním podélným i příčným se setkáváme u elastických materiálů. Tyto materiály vykazují pružnost v tahu, tlaku a také ve smyku. Ohybové kmitání vzniká kombinací těchto namáhání.

Akustické vlnění postupuje prostředím od zdroje zvuku ve vlnoplochách. Vlnoplocha je charakteristická tím, že v jejích všech bodech je akustický stav v daném časovém okamžiku stejný. Akustickým paprskem nazýváme kolmici na vlnoplochu.



Obrázek 1 - Šíření zvuku od zdroje [1]

K přenosu kmitů může docházet mezi pevnými látkami, plyny a kapalinami. Za tzv. oscilátor může být považován každý hmotný element prostředí. Vychýlení hmotného bodu z jeho rovnovážné polohy způsobí porušení rovnováhy sil. Potom začnou převládat síly, které se snaží hmotný bod vrátit do rovnovážné polohy. Z uvedených faktů vyplývá, že za akustické generátory můžeme považovat nejjednodušší fyzikální oscilátory, jako je například struna, ladička, pružina a jiné. [1]

2.1.2 Základní veličiny v akustice

Ke zhušťování a zředování kmitajících částic pružného prostředí dochází v případě vlnění v akustickém prostředí. Vlnová délka λ [m] značí vzdálenost mezi nejbližšími vlnoplochy se stejnými akustickými stavy kmitajících částic. Můžeme ji také definovat jako vzdálenost, kterou urazí zvuková vlna za dobu jednoho kmitu, tedy periodu T .

Pokud se akustická vlna od zdroje šíří rychlostí zvuku c a vlnění je s frekvencí f , platí pro vlnovou délku vztah

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{1}{T} \text{ [m]}$$

Ve vztahu jsou: f [Hz] – frekvence vlnění, c [m/s] – rychlost šíření vlnění, T [s] – perioda vlnění [2]

2.2 Zvuk

Charakteristickou vlastností zvuku je mechanické kmitání pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu 20 až 20 000 kmitů za sekundu, které se šíří konečnou rychlostí určitým prostředím. Rychlost akustické vlny činí přibližně 340 m/s. Výrazně vyšší rychlost akustické vlny činí ve vodě 1500 m/s. Technická akustika se zabývá frekvenčním rozsahem akustického vlnění, které svým kmitočtovým rozsahem odpovídá rozsahu lidského ucha. V širším frekvenčním pásu se akustika zabývá mechanickými kmity. [1]

Zvuky, které jsou pod slyšitelnou hranicí 0,7 – 16 Hz, označujeme jako infrazvuk. Infrazvuk se vyznačuje velmi nízkou frekvencí, lidské tělo ho vnímá hmatem a je schopný rozvibrovat celý povrch těla či bránici. Zvuky nad slyšitelnou hranicí do 50 kHz označujeme jako ultrazvuk. [10]

2.3 Hluk

Za hluk můžeme považovat každý nežádoucí zvuk. Jedná se o hladinu zvuku, která je pro člověka škodlivá a nepříjemná. Fyzikálně přesněji jinak hluk nemůžeme definovat z toho důvodu, že velmi záleží na vztahu člověka k danému zvuku. Pro někoho může být tento zvuk hlukem, ale na druhou stranu pro jiného jedince bude důležitým zdrojem informací.

Nadměrný hluk se řadí z mnoha faktorů, které ohrožují naše životní prostředí, stále na důležitější místo. Programy na ochranu životního prostředí, na kterých se podílejí vyspělé státy světa, řadí hluk zpravidla ihned za znečištěné ovzduší a ochranu povrchových vod. [1]

2.4 Lidské ucho

Ucho je tvořené vnějším, středním a vnitřním uchem a jedná se o párový sluchový orgán. Vnější ucho se skládá z boltce, vnějšího zvukovodu a ušního bubínku, na který navazuje střední ucho. V něm jsou sluchové kůstky a ústí Eustachovy trubice. K vyrovnání tlaku nám slouží Eustachova trubice. Ve vnitřním uchu se nachází kostěný a blanitý labyrint, který zajišťuje vnímání sluchu a udržení rovnováhy.

Lidské ucho funguje tak, že ušní boltec zachytí zvuk ve formě zvukové vlny. Zevním zvukovodem je přivedena tato zvuková vlna k bubínku. Bubínek vypadá jako blanka, kde jsou srostlé tři kůstky, a to kladívko, třmínek a kovádlínka. Tím, že

zvuková vlna narazí, se bubínek a s ním i kůstky rozkmitají. Tímto způsobem dochází k přenosu zvukové vlny do středního ucha. Kmity se ze středního ucha přenášejí do hlemýždě. Zde se nachází jedna řada vnitřních vláskových buněk a tři řady vnějších buněk, které jsou rozkmitány. Zvukové vlny se převedou na nervové bioelektrické impulsy. Tyto vlny jsou potom odeslány do systému vnitřních vláskových buněk, kterých je však pouze už jedna řada. U každého decibelu dochází k tomu, že se zachycuje jinými vláskovými buňkami. U vysokých tónů se zachycují hned na začátku hlemýždě. U nízkých tónů to funguje tak, že se zachycují až u vrcholu hlemýždě. Z vnitřních vláskových buněk putují impulsy sluchovým nervem do dvou sluchových drah. Tyto dráhy se vzájemně kříží v míše. Impulsy jsou odvedeny sluchovými dráhami do mozkové kůry, kde se nachází centrum sluchu a řeči. Pokud na této dráze není něco v pořádku, projeví se to poruchou nebo ztrátou sluchu. Může se jednat o poruchu dočasnou nebo trvalou. [11]

2.5 Účinky hluku na lidský organismus

Intenzita hluku je základem k určení účinků hluku na člověka. Pokud je hladina akustického tlaku A příliš nízká, člověk se v tomto prostředí necítí příliš dobře. Za hluboké ticho se u člověka považují hodnoty okolo 20 dB. Hodnoty okolo 30 dB se hodnotí jako příjemné ticho. Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví můžeme rozdělit na orgánové účinky, rušení činností a vlivy na subjektivní pocity.

Orgánové účinky rozdělujeme na specifické a nespecifické. Specifické účinky se projevují poruchami činnosti sluchového analyzátoru. Nespecifické účinky se projevují ovlivněním funkcí různých systémů organismu, často se na nich podílí stresová reakce a ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí. Hlukem tak může dojít ke spuštění nebo urychlení vlastního patologického děje u chorob s multifaktoriálními příčinami.

V současnosti je za dostatečně prokázané nepříznivé zdravotní účinky hluku v denní době považováno poškození sluchového aparátu, vliv na kardiovaskulární systém a nepříznivé působení na osvojování řeči a čtení u dětí. V době spánku a fyziologické regenerace jsou za dostatečně prokázané považovány změny fyziologických reakcí, poruchy spánku a zvýšené užívání léků na spaní.

Nepříznivé účinky hluku se začínají nepříznivě projevovat od hodnot od 65 dB zejména změnami vegetativních reakcí. Trvalé poruchy sluchu potom nastávají

při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku A přesahují 85 dB. Ve větší míře se projevují účinky hluku na vegetativní systém a celou nervovou soustavu.

Hluk nad 130 dB může vyvolat akustické trauma, jehož podstatou je poranění bubínku, sluchových kůstek nebo blanitého labyrintu. K poškození sluchového aparátu dochází při dlouhodobém až celoživotním působení hluku na sluchový aparát, jehož podstatou jsou zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Poruchy se projevují dočasným zvýšením sluchového prahu.

Při dalším působení hluku dochází po určité latenci ke zhoršení sluchu a následnému omezení v porozumění řeči. Poškození sluchu se dostatečně prokazuje u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku a trvání let expozice. Epidemiologické studie potvrdily, že při hodnotách hluku $L_{Aeq24hod}$ do 70 dB nedochází k poškození sluchového aparátu u více než 95 % exponované populace ani při celoživotní expozici hluku v pracovním a životním prostředí a aktivitách ve volném čase. Nedá se vyloučit možnost, že by již při nižší úrovni hlukové expozice mohlo dojít k malému sluchovému poškození u citlivých skupin populace, jako jsou děti, nebo osoby současně exponované vibracím nebo toxickým lékům či chemikáliím. Je také známé, že zvýšená hlučnost v místě bydliště přispívá k rozvoji sluchových poruch u osob profesionálně exponovaných rizikovým hladinám hluku na pracovišti. Poškození sluchu může nezanedbatelným způsobem zvyšovat dlouhodobý poslech velmi hlasité reprodukované hudby.

Vliv hluku na kardiovaskulární systém byl prokázán v řadě epidemiologických a klinických studií v hlučných oblastech kolem letišť, průmyslových závodů nebo hlučných komunikací. Akutní hluková expozice způsobuje aktivaci autonomního nervového a hormonálního systému a vede k přechodným změnám, jako je zvýšení krevního tlaku, tepu a vasokonstrikce. Po dlouhodobé expozici u citlivých jedinců dochází k trvalým účinkům, jako je hypertenze a ischemická choroba srdeční. Všeobecný závěr WHO uvádí, že kardiovaskulární účinky jsou spojeny s dlouhodobou expozicí ekvivalentní hladině hluku v rozmezí 65-70 dB a více, pokud se jedná o letecký nebo dopravní hluk. Uvádí se, že pro zdraví člověka jsou škodlivé hodnoty hlukového ukazatele pro den-večer-noc L_{dvn} 50 dB pro vysoký krevní tlak a 60 dB pro ischemickou chorobu srdeční.

Vysoké hodnoty hluku způsobují u člověka nepříznivé ovlivnění spánku. Působení hluku v době spánku se projevuje změnami fyziologických reakcí během spánku. Mezi tyto změny patří například změna tepové frekvence, změny v trvání stádií spánku, zvýšená pohyblivost ve spánku, obtížné usínání, probuzení v noci nebo příliš brzy ráno a zkrácení spánkového času. Hluk kromě rušení spánku navíc vede k dalšímu negativnímu ovlivnění našeho zdraví a životní pohody. U fyzického zdraví člověka je popisováno několik následků rušení spánku nočním hlukem: změny v hladinách stresových hormonů, kardiovaskulární onemocnění, deprese a jiné psychické poruchy, obezita, zkrácení očekávané délky života a zvýšený výskyt pracovních úrazů. Psychologicko-sociální rovina zahrnuje problémy, jako jsou ospalost a únava, rozmrzelost a zvýšená denní dráždivost, snížená výkonnost, zhoršení poznávacích schopností, narušení sociálních kontaktů a stížností. Pro výše uvedené psychologické a fyziologické následky narušení spánku existují pouze omezené důkazy. Do senzitivní skupiny populace řadíme děti, starší osoby, nemocné, těhotné ženy a lidi pracující na směny. K přízpusobení se obyvatel na rušení spánku hlukem nedochází v hlučných lokalitách ani po více letech.

Hluk může velmi vážným způsobem narušit mezilidskou komunikaci řeči, popřípadě překrývat jiné informačně důležité signály jako jsou domovní zvonek, telefon, alarm. Podstatné u tohoto jevu je jeho maskovací proces. Vysoká hladina hluku v pozadí vede ke zvyšování hlasitosti řeči u mluvčího, následně k jeho hlasové únavě a ke ztrátě srozumitelnosti u posluchače. Rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí řeči by měl být alespoň 15 dB, aby se umožnilo porozumět komplikovaným zprávám. Při řečové hladině 50 dB by hodnota akustického tlaku interferujícího hluku neměla překročit 35 dB. Zhoršení komunikace řeči má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů. To vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní výkonnosti a pocitům nespokojenosti. Mezi nejvíce citlivou skupinu lidí patří staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Jedná se tak o podstatnou část populace. Neúplné porozumění řeči u dětí způsobuje ztížení procesu osvojení řeči a výuku čtení a cizích jazyků. Prahová hodnota pro vliv na výuku se uvádí jako ekvivalentní hladina akustického tlaku L_{Aeq} 50 dB. Zvýšená citlivost je u dětí s poruchami sluchu, potížemi s učením a u dětí, pro které vyučovací jazyk není jejich mateřským jazykem.

Nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem se doposud sledovalo převážně v laboratorních podmínkách u dobrovolníků, kteří byli vystaveni dennímu hluku při vykonávané činnosti. Za zvláště citlivé na působení hluku považujeme duševní práci a plnění úkolů spojených s nároky na paměť a pozornost. Ve školách v okolí letišť se pozorovala v řadě studií u dětí chronicky exponovaných leteckému hluku snížená schopnost k motivaci, nižší výkonnost při poznávacích úlohách a deficit v osvojení čtení jazyka. U části těchto účinků je možné, že souvisí se zhoršením komunikace řečí vlivem hluku. Narušení spánku nočním hlukem se nepříznivě ovlivňuje výkonnost člověka.

Nemůžeme předpokládat, že hluk je příčinou duševních nemocí, ale pravděpodobně se může podílet na zhoršení jejich symptomů nebo urychlit rozvoj latentních duševních poruch. Zvýšenou citlivost vůči rušivým účinkům hluku můžeme považovat za indikátor subklinické duševních poruchy.

Mezi další účinky expozice hluku patří vlivy na funkci imunitního systému s následnou nižší odolností vůči infekci, zánětlivá onemocnění, některá onemocnění zažívacího traktu a snížená porodní váha novorozenců u matek exponovaných hluku v době těhotenství. [12]

Již v době těhotenství je dítě vystaveno akustickým podnětům. Novorozenec má sluchové ústrojí vyvinuto dobře. Vnímá tak zvuky příjemné i nepříjemné. Kojenec postupně rozlišuje jednotlivé zvuky. Zvuk řeči tak pro něj nabývá signálního významu. U sluchového pole dochází k postupnému zvětšování. Od okamžiku samostatného posazování a chůze získává schopnost určit směr, ze kterého přichází zvuk. Proto je důležité, aby dítě bylo od narození chráněno před působením všech negativních vlivů. Jedná se například o zakouřené a prašné prostředí, styk s infekcemi zejména virovými a v neposlední řadě nadměrný hluk. Před poškozením z hluku je nutné dodržovat preventivní opatření u malých dětí, u větších dětí je nezbytné omezit zatížení sluchu prudkými a neúměrnými akustickými podněty nad 100 dB. [13]

S nočním hlukem jsou spojovány vlivy na obezitu, depresi u žen, pracovní úrazy a zkrácení očekávané délky života. Studie, které popisují tyto účinky, nejsou dostatečně průkazné a konzistentní, proto tyto účinky nejsou považovány za dostatečně prokázané.

Hluk je nebezpečný v tom, že lidský organizmus nemá v podstatě proti působení akustických signálů významnější obranné funkce. Následkem nadměrné hlukové expozice u pracujících lidí je snížení kvality a produktivity práce. Při nadměrných hodnotách hluku je významně také ohrožena bezpečnost při práci.

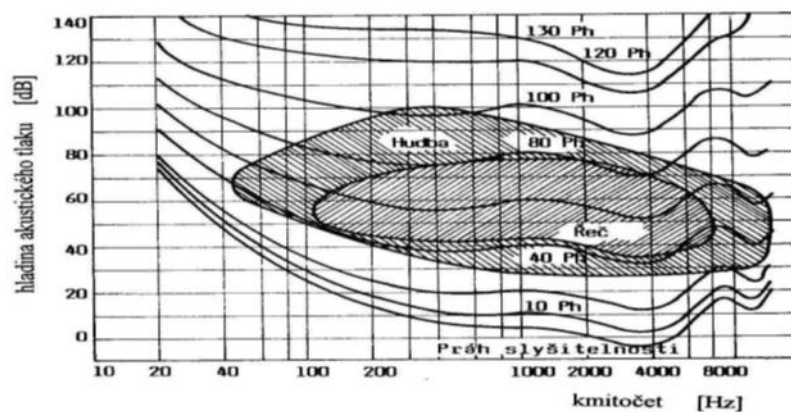
Není překvapením, že ztráta sluchu patří v zemích Evropské unie mezi jednu z nejčastějších nemocí z povolání. Ta vzniká při práci, kde je zaměstnanec vystaven nadměrné expozici hluku. Jedná se o expozici, při které hladina hluku za osmihodinovou pracovní směnu překročí 85 dB a v případě, když špičková hladina frekvenčně neváženého hluku překročí 140 dB. [12]

K pozitivním účinkům sluchových vjemů patří především informační zisk včetně vnímání estetických zvukových zážitků. Dále sem patří aktivizace CNS, vliv rytmizovaných zvuků na usnadnění určitých fyzických činností, vliv hluku na vznik endorfinů, kdy se jedná o působení s morfinovým účinkem, které se tvoří v mozkové tkáni. Dalšími pozitivním účinkem je možnost využívat indiferentního zvuku jako akustické clony za účelem soustředění pozornosti. [3]

2.6 Účinky hluku a jejich kritéria

Kritéria pro přesné stanovení fyzikálních akustických vlastností hluků rozdělujeme z hlediska jejich účinků podle ostroty sluchu na bezpečné a na ty, které jsou v podstatě nebezpečné. Z tohoto hlediska byla navržena řada maximálních hladin pro daný kmitočet zvuku. Tento kmitočet můžeme připustit pro dané časové období bez nebezpečí poškození sluchu. Tyto přípustné hladiny nazýváme kritérii nebezpečí poškození pro sluch.

Kritéria nebezpečí poškození mají své výhody v několika směrech. Slouží nám v těchto směrech. Prvním směrem jsou plánovaná opatření k ochraně sluchu osob zaměstnaných v průmyslu a ve vojenských službách. Druhý směr jsou postupy a příslušné techniky k potlačení hluku, uplatňované na prostředí strojoven, dílen a třetí směr je úřední rozhodnutí v případech poskytování náhrad pracovníkům. [6]



Obrázek 2 - Kmitočtové a amplitudové složení lidské řeči a hudby [1]

2.7 Metodiky při měření a hodnocení hluku, nejistoty měření

Při měření hluku je důležité, aby měření bylo průkazné. Ve zprávách či protokolech se často udává řada podmínek měření, způsobu snímání signálu, času a doby měření. Dále se zaznamenává, jaké hodnoty byly použity a jakým způsobem byly dále zpracovávány. Podle účelu a průkaznosti měření se uvádí řada kritérií při měření.

2.7.1 Požadavky na měření

- metoda měření: uvádíme normu a předpis,
- přístrojové vybavení: měřicí, kalibrační a pomocné zařízení, popřípadě blokové schéma,
- měřené, zaznamenávané veličiny: jednotlivé údaje nebo statistické hodnocení – počet, četnost, vzorkovací doba, třídní intervaly, rozptyl, směrodatná odchylka – udává jednoznačnost udávaných jednotek,
- způsob měření: kmitočtové pásmo, spektrum, dynamické charakteristiky,
- měřicí místo: snímač – umístění v prostoru, vzdálenost od zdroje, poloha, směrování a případně počet míst či pohyb snímače po dráze,
- druh a charakter sledovaného hluku: náhodný, ustálený, proměnný, tónovost, impulzní charakter, uvádí se i emisní a imisní hluk,
 - typ zdroje hluku: plošný, bodový, liniový,
 - měření ve zvukovém poli: volné, difúzní, doba dozvuku,
- rušivé signály: dodržení odstupu hluku na pozadí pro průkaznost naměřených hodnot,
- u hluku zařízení konkrétního, náhradního či referenčního uvádíme:
 - provozní podmínky, například otáčky,

- upevnění,
- ustavení
- dopravní provoz: hustota, složení, průměrná rychlost, niveleta, povrch,
- doba měření: datum, čas a doba měření,
- okolí: odrazivé a pohltivé plochy, zástavba, porosty, zvlnění terénu, popřípadě náčrt nebo fotografie,
- klima: teplota, vlhkost, směr a síla větru, povětrnost,
- korekce hodnot: zjišťují se různé vnější podmínky, použití normování dat nebo jestli byly vyloučeny extrémní hodnoty,
- přípustné a limitní hodnoty: uvádí se místní podmínky, například zóna a druh činnosti,
- prezentace naměřených výsledků: hodnoty, tabulky, grafy, časový záznam, mapa izobar, odhad dosažené přesnosti [4]

2.7.2 Přehled a veličiny měření

Efektivní výměna akustických údajů mezi zainteresovanými stranami je vyžadována při snižování hluku strojů a zařízení. K těmto stranám patří výrobci, montážní podniky a uživatelé strojů a zařízení. Pro získání akustických údajů se provádí měření. Výsledky akustických měření jsou použitelné pouze za stanovených podmínek měření. Musí být vyjádřeny definovanými akustickými veličinami a získány přístroji, které jsou v souladu s požadavky norem. Vyzařování hluku strojů a zařízení se zpravidla řídí veličinami, které se vzájemně doplňují. Patří sem hladina akustického výkonu a emisní hladina akustického tlaku v daných místech.

Hladina akustického výkonu je nezávislá na okolních podmínkách. Je charakterizována akustickými vlastnostmi zkoušeného stroje, dále je užitečná a též někdy nezbytná. Patří sem několik různých činností:

- výpočet přibližné hladiny akustického tlaku v určité vzdálenosti od stroje pracujícího v daném prostředí,
- porovnání hluku vyzařovaného stroji u stejného druhu a velikosti,
- porovnání hluku vyzařovaného stroji u různých druhů a velikostí,
- rozhodnutí o splnění stanoveného limitu stroje z hlediska vyzařování hluku,

- plánování pro stanovení velikosti přenosového útlumu nebo protihlukových opatření,
- stavba strojů jako součást vývoje tichých strojů a zařízení

Velké množství mezinárodně normalizovaných postupů je věnováno k určení významu hladin akustického výkonu. Podle kterékoli ze základních mezinárodních norem určíme hodnoty hladin akustického výkonu. Hodnoty jsou nezávislé na prostředí, ve kterém jsou získány.

Hladiny akustického tlaku v jedné nebo více polohách situovaných okolo stroje a nad strojem či zařízením nazýváme emisní hladiny akustického tlaku. Tyto hodnoty jsou způsobovány pouze hlukem, který vyzařují stroje nebo zařízení kvalitně namontované v určitém akustickém prostředí současně s vykonávající stanovenou činností za daných provozních podmínek. Pro pracoviště se určují emisní hladiny akustického tlaku, která se ve zkušebním předpisu obvykle specifikují, čímž se rozumí jedno nebo více míst obsluhy a další místa, kde mohou čas do času pracovat další pracovníci. Pro měření můžeme využít následující příklady:

- pracovní místo, které se nachází v blízkosti zkoušeného stroje, což se týče velkého množství průmyslových strojů a domácích spotřebičů,
- pracovní místo uvnitř kabiny, které je pevnou součástí zkoušeného stroje, patří sem mnoho průmyslových dopravních zařízení a zemních strojů,
- pracovní místo uvnitř částečného nebo úplného krytu (nebo za zástěnou), který dodá výrobce jako pevnou součást zkoušeného stroje nebo zařízení,
- pracovní místo uvnitř částečného nebo úplného krytu vedle zkoušeného stroje nebo zařízení, s touto situací je možné se setkat u některých velkých průmyslových strojů,
- místo pomocníka, který osobně nezodpovídá za provoz zkoušeného stroje, ale vyskytuje se v bezprostředním okolí stroje, buď občas nebo trvale,
- další stanovená místa, například pro místo obsluhy nebo pomocníka

Pracovním místem se též rozumí místa na stanovené dráze, po které se obsluha stroje pohybuje. [4]

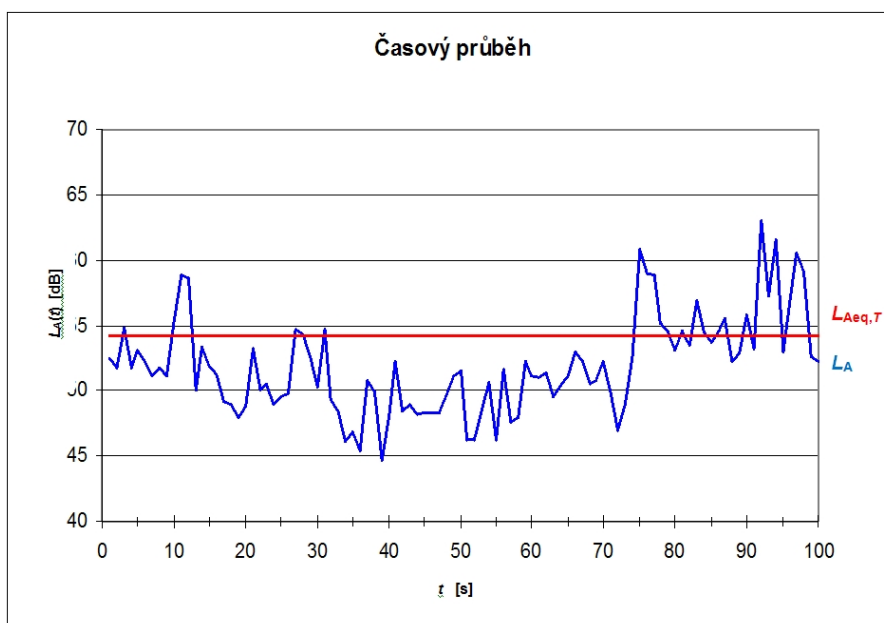
2.8 Hodnocení proměnných hluků

2.8.1 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

S několika případy hlukové expozice se můžeme setkat v technické praxi. O nejjednodušší případ se jedná v případě, pokud je zvukový signál časově ustálený. Potom lze předpokládat, že se hladina akustického tlaku A nezmění o více než o 5 dB.

Pokud se hladina akustického tlaku A v daném místě a ve sledovaném časovém intervalu mění v závislosti na čase o více než 5 dB, jedná se o hluk proměnný.

O hluku proměnném přerušovaném mluvíme tehdy, pokud při přerušovaném provozu některých zařízení, například kompresoru, se v konkrétním místě náhle mění hladina akustického tlaku A a v průběhu hlučného intervalu je zvuk ustálený. Nelze jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A v situacích, kdy hluk výrazněji kolísá s časem. Z toho důvodu se pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedla ekvivalentní hladina akustického tlaku A L_{AeqT} (dB). Jedná se o fiktivní ustálenou hladinu akustického tlaku A. Ta má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas.



Obrázek 3- Typický časový průběh akustického signálu a jeho ekvivalentní hladina [22]

Při hodnocení hluku se řídíme hypotézou, že celkový negativní účinek hluku je úměrný celkové imisi akustické energie za sledovaný čas T. Tuto hypotézu je možné vyjádřit rovnicí. V praxi se častěji setkáváme s upraveným vzorcem, který vychází z časového rozložení (histogramu) hladin zvuku L_{pA}

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_{pAi}} \cdot \eta_i$$

kde je: η_i [-] relativní četnost výskytu hladiny zvuku L_{pAi}

L_{pAi} [dB] střední hladina zvuku v i-tém hladinovém intervalu

Za pomoci statistického hladinového analyzátoru určujeme rozložení hladin akustického tlaku A. Princip analyzátoru spočívá v tom, že rozdělíme stupnice hladin na jednotlivé třídy, například po 1 dB(A). Statistický analyzátor nám na svém výstupu ukazuje absolutní nebo relativní četnost výskytu jednotlivých hladin zvuku v těchto třídách. Ze získaných údajů můžeme vytvořit histogram. Vyčíst z něj můžeme mnoho informací, které jsou důležité pro hodnocení hlukové situace. Ekvivalentní hladina akustického tlaku A původně vznikla jako veličina vhodná pro hodnocení hluku od dopravy silniční, železniční a též letecké dopravy. V současnosti za pomoci ekvivalentní hladiny akustického tlaku A hodnotíme i hluk v dalších oblastech životního prostředí. Ekvivalentní hladina nám neumožňuje získat dostatečné množství informací z hlediska maximálně se vyskytujících hladin akustického tlaku. K získání podrobnějších údajů je podstatné pracovat s rozptylem kontrolované veličiny. [1]

Z histogramu určujeme maximální L_{max} a minimální hladiny L_{min} akustického tlaku A. Dále lze určit průměrnou neboli střední hodnotu hladiny L_s , směrodatnou odchylku a pomocí statistických charakteristik je možné určit pravděpodobnost překračování určité predepsané hladiny zvuku.

Vztah zapisujeme po jistých úpravách na tvar:

$$L_{Aeq} = L_{pA} + 0,115 \cdot \sigma^2$$

kde jsou:

L_{pA} [dB] – průměrná hladina akustického tlaku

σ [dB] – směrodatná odchylka od střední hodnoty [2]

V současnosti jsou nejmodernější přístroje, které vyrábí firma Brujel a Kjaer. Tyto přístroje vybavené minipočítačem udávají již na svém výstupu průběžně kromě distribuční četnosti i kumulativní četnost výskytu hladin v jednotlivých třídách i celkovou ekvivalentní hladinu akustického tlaku A a další statistické charakteristiky.

Ekvivalentní hladinu akustického tlaku A v průběhu časového intervalu T můžeme rovněž nazývat intervalovou časově průměrnou hladinu zvuku L_A , T v decibelech. Průměrnou délku časového intervalu lze vyjádřit rozměrem, například 1hodinová průměrná hladina L_A , 1 h. Při práci s ekvivalentní hladinou akustického tlaku A je třeba brát zřetel na dobu trvání T. [1]

2.8.2 Decibelové vyjádření dalších veličin

Při snižování hlučnosti strojů většinou řešíme velikosti akustických výkonů a intenzit. Ty jsou přenášeny určitými konstrukčními prvky. Různé tlumiče hluku, akustické zákryty, zástěny, bariéry a překážky se charakterizují různými veličinami. Patří sem například:

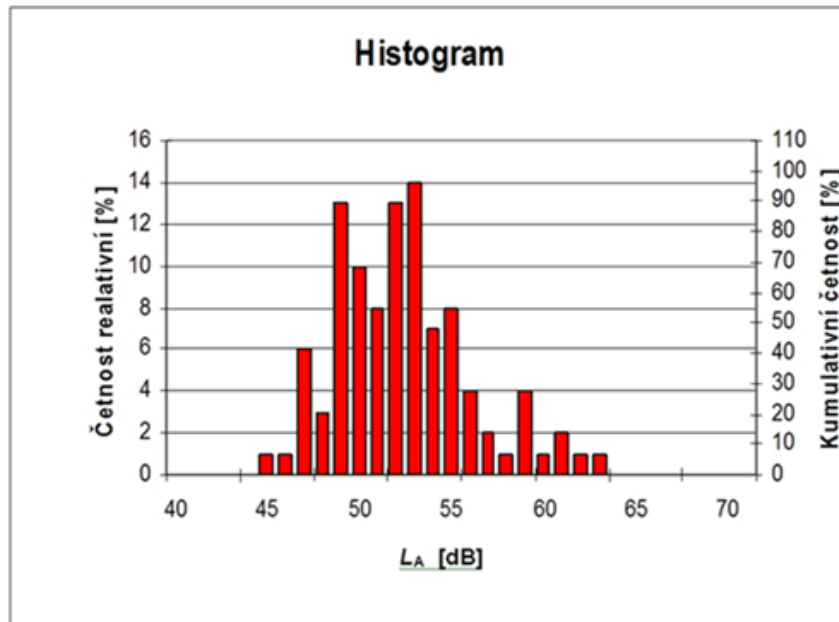
- vložný útlum,
- přenosový útlum,
- činitel vzduchové neprůzvučnosti,
- součinitel pohltivosti

Tyto veličiny jsou ve vztahu obou akustických výkonů. Jedná se o výkon přenášející a dopadající na vložený konstrukční prvek. Pro tyto veličiny používáme decibelové stupnice. Potom lze definovat vložný útlum jistého akustického tlumiče

$$D = L_{w2} - L_{w1} \text{ [dB]}$$

L_{w1} , L_{w2} [dB] – jedná se o hladiny akustických výkonů před a po vložení tlumiče. Podobným způsobem definujeme i další veličiny pomocí decibelových vyjádření. [2]

V současné době považujeme hladinu akustického výkonu za základní informaci o zdrojích hluku. Na jejím základě je možné určit imisní hodnoty v místech, kde se vyskytuje posluchač či hlukem obtěžovaná osoba. V nejčastějších případech je určována hladina akustického tlaku z důvodu citlivosti sluchového orgánu zejména na tlak. [5]



Obrázek 4 - Histogram hladin akustického tlaku akustického signálu - relativní četnost v % [22]

2.9 Nejistoty měření

Normy pro akustická měření uvádějí definici pro maximální možnou nejistotu měření, pokud jsou dodrženy všechny předepsané podmínky uvedené v normě. Výsledné přesnosti měření docílíme tím, jakou normu pro měření si vybereme. Existují 3 třídy přesnosti měření dle příslušných norem. Patří sem měření přesné, technické a provozní. Každá z uvedených norem uvádí podmínky měření a při jejich dodržení je garantována určitá velikost nejistoty. Pokud budeme pečlivě dodržovat metrologické metodiky, můžeme dosáhnout výrazně menších nejistot, než se uvádí v normě. Rozšířená nejistota měření může dosahovat hodnot například kolem 2 dB. [14]

Nejvíce přesné jsou referenční měření hluku v 1. třídě přesnosti. Celková hodnota nejistoty činí 1,6 dB včetně. Ve 2. třídě přesnosti se nejistota pohybuje v pásmu od 1,6 dB do 3 dB včetně. 3. třída je charakteristická tím, že jsou zde nejméně přesná provozní měření hluku v pásmu od 3 dB do 8 dB včetně. [15]

Rozšířená nejistota U se uvádí jako výsledek výpočtu měření. Vztah pro výpočet je následující:

$$U = k_r \cdot u_c$$

kde: U rozšířená nejistota

u_c kombinovaná standardní nejistota

k_r koeficient rozšíření

Kombinovanou standardní nejistotu vypočítáme vzorcem:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

kde: u_A standardní nejistota typu A

u_B standardní nejistota typu B

Výsledky nejistot uvádíme dvěma způsoby:

1/ výsledek \pm rozšířená nejistota (jednotka)

2/ výsledek (jednotka)

kombinovaná standardní nejistota (jednotka) [14]

2.10 Legislativa hluku

2.10.1 Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.

ze dne 24. srpna 2011

o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

ČÁST PRVNÍ

PŘEDMĚT ÚPRAVY

§ 1

Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie,¹⁾ a upravuje

- a) hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, způsob jejich zjišťování a hodnocení a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance,
- b) hygienické limity hluku pro chráněný venkovní prostor, chráněné venkovní prostory staveb a chráněné vnitřní prostory staveb,
- c) hygienické limity vibrací pro chráněné vnitřní prostory staveb,
- d) způsob měření a hodnocení hluku a vibrací pro denní a noční dobu.

§ 2

Základní pojmy

Pro účely tohoto nařízení se rozumí

- a) určujícím ukazatelem fyzikální veličina, která charakterizuje hluk, infrazvuk, ultrazvuk nebo vibrace a používá se k hodnocení nepříznivých účinků hluku, infrazvuku, ultrazvuku a vibrací z hlediska ochrany veřejného zdraví,
- b) hlukem s tónovými složkami hluku, v jehož kmitočtovém spektru je hladina akustického tlaku v třetinooktávovém pásmu, případně i ve dvou bezprostředně sousedících třetinooktávových pásmech, o více než 5 dB vyšší než hladiny akustického tlaku v obou sousedních třetinooktávových pásmech a v pásmu kmitočtu 10 Hz až 160

Hz je ekvivalentní hladina akustického tlaku v tomto třetinooktávovém pásmu vyšší než hladina prahu slyšení stanovená pro toto kmitočtové pásmo v příloze č. 1 k tomuto nařízení; hlučím s tónovými složkami je vždy hudba nebo zpěv; pokud nelze hlučím s tónovými složkami identifikovat na základě uvedené definice, lze použít definici vycházející z úzkopásmové analýzy,

c) vysokoenergetickým impulsním hlučím hlučím tvořený zvukovými impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem jsou výbuchy v lomech a dolech, sonické třesky, demoliční a průmyslové procesy s pomocí výbušnin, střelba z těžkých zbraní, zkoušky výbušnin, další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost trinitrotoluenu překračuje 25 g, a podobné zdroje, a které v místě posouzení splňují kritéria stanovená v příloze č. 4 k tomuto nařízení,

d) vysoce impulsním hlučím hlučím tvořený zvukovými impulsy ve venkovním prostoru, vznikajícími při střelbě z lehkých zbraní, explozí výbušnin s hmotností pod 25 g ekvivalentní hmotnosti trinitrotoluenu a při vzájemném nárazu pevných těles, a které v místě posouzení splňují kritéria stanovená v příloze č. 4 k tomuto nařízení,

e) proměnným hlučím hlučím, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě mění v závislosti na čase o více než 5 dB,

f) ustáleným hlučím hlučím, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě nemění v závislosti na čase o více než 5 dB,

g) hladinou špičkového akustického tlaku L_{peak} nejvyšší okamžitá hladina akustického tlaku v daném časovém intervalu,

h) maximální hladinou akustického tlaku L_{max} nejvyšší hladina akustického tlaku v daném časovém intervalu,

i) přípustným expozičním limitem limit vyjadřující expozici zaměstnance hlučím nebo vibracím přepočtenou na osmihodinovou směnu,

j) hygienickým limitem limit expozice hlučím nebo vibracím při práci pro směnu kratší nebo delší než osmihodinová směna nebo jako požadavek na pracoviště,

k) sledovaným obdobím pro hodnocení průměrné expozice hlučím týdenní, měsíční i delší doba ve smyslu určené normy podle ČSN ISO 1999, kterou se odhaduje ztráta sluchu vlivem hlučím,

l) sledovaným obdobím pro hodnocení průměrné expozice vibracím týdenní, měsíční i delší doba ve smyslu určené normy podle ČSN EN ISO 5349-1, kterou se měří a hodnotí expozice vibracím přenášeným na ruce,

m) charakteristickým letovým dnem průměrné provozní podmínky na letišti odvozené pro posouzení dlouhodobé expozice hlučím, které se určí jako průměrný 24 hodinový počet vzletů a přistání letadel na daném letišti, vypočtený z celkového počtu vzletů a přistání všech letadel na daném letišti od 1. května do 31. října kalendářního roku; přitom se oddělí počet pohybů pro dobu denní a dobu noční,

n) starou hlučímovou zátěží hlučím v chráněném venkovním prostoru a chráněných venkovních prostorech staveb působený dopravou na pozemních komunikacích nebo drahách, který existoval již před 1. lednem 2001 a překračoval hodnoty hygienických limitů stanovené k tomuto datu pro chráněný venkovní prostor a chráněný venkovní prostor stavby,

o) uceleným úsekem pozemní komunikace nebo dráhy úsek vymezený podle jiných právních předpisů staničením,⁴) a není-li takto ucelený úsek vymezen, považuje se za něj úsek homogenní z hlediska hodnocení hluku,

p) stacionárními zdroji hluku zejména stavby, objekty, provozovny a areály sloužící průmyslové a zemědělské výrobě, obchodní a administrativní činnosti a službám, včetně dopravy v těchto areálech, nepohybující se stroje a zařízení pevně fixované na své místo nebo ty, jejichž akční rádius je při pracovním nasazení omezen, dále přenosné a převozní stroje a zařízení, které se při svém použití jako celek nepohybují; za stacionární zdroje hluku se pro účely tohoto nařízení nepovažují zdroje související s činnostmi spojenými s běžným užíváním bytu, bytového domu, rodinného domu, stavby pro rodinnou rekreaci a pozemků k nim náležejících, s výjimkou zařízení pro větrání a vytápění,

q) prolukou nezastavěný prostor ve stávající souvislé zástavbě včetně nezastavěného nároží, který je určen k zastavění,

r) údržbou a rekonstrukcí železničních drah činnosti související s výměnou nebo obnovou železničního svršku, spodku a souvisejících zařízení, podbíjení a broušení kolejí, případně přidání koleje, předelektrizační úpravy, elektrizace dráhy a jiné související úpravy, při kterých nedochází ke zhoršení stávající hlučnosti v chráněném venkovním prostoru a chráněném venkovním prostoru staveb,

s) prostorem významným z hlediska pronikání hluku prostor před výplní otvoru obvodového pláště stavby zajišťující přímé přirozené větrání, za níž se nachází chráněný vnitřní prostor stavby, pokud tento chráněný prostor nelze přímo větrat jinak.

ČÁST DRUHÁ

HLUK NA PRACOVÍŠTI

§ 3

Ustálený a proměnný hluk

(1) Přípustný expoziční limit ustáleného a proměnného hluku při práci vyjádřený

a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo

b) expozicí zvuku $A E_{A,8h}$ se rovná 3640 Pa²s,

pokud není dále stanoveno jinak.

(2) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště, na němž je vykonávána práce náročná na pozornost a soustředění, a dále pro pracoviště určené pro tvůrčí práci vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,8h}$ se rovná 50 dB.

(3) Hygienický limit ustáleného a proměnného hluku pro pracoviště ve stavbách pro výrobu a skladování, s výjimkou pracovišť uvedených v odstavci 2, kde hluk nevzniká pracovní činností vykonávanou na těchto pracovištích, ale je způsobován větracím nebo vytápěcím zařízením těchto pracovišť vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $A L_{Aeq,T}$ se rovná 70 dB.

(4) Hodnocení ustáleného a proměnného hluku podle průměrné expozice se provádí, pokud pracovní doba ve sledovaném období je proměnná nebo když se hladina hluku

v průběhu sledovaného období mění, avšak jednotlivé denní expozice hluku se neliší o více než 10 dB v $L_{Aeq,8h}$ od výsledků opakovaných měření a při žádné z expozic není překročena hladina akustického tlaku L_{Amax} 107 dB.

(5) Při stanovení průměrné expozice hluku na pracovišti za sledované období se vychází z celkového počtu směn v daném období a počtu směn, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

(6) Postup podle odstavce 5 se použije také v případě pravidelných nebo nepravidelných směn s odlišnou dobou trvání než 8 hodin, při proměnlivém počtu hodin za sledované období, avšak jednotlivé denní expozice hluku je třeba nejprve přepočítat na pracovní dobu 8 hodin.

(7) Průměrná týdenní expozice hluku $L_{Aeq,w}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,w} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{5} \left(\sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,8h,k})} \right) \right], [dB],$$

kde n je počet směn během týdenní pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

(8) Průměrná měsíční expozice hluku $L_{Aeq,s}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,s} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{s} \left(\sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,8h,k})} \right) \right], [dB],$$

kde n je počet směn během měsíční pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku, a s je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

(9) Podle vztahu uvedeného v odstavci 8 se postupuje obdobně při výpočtu průměrné expozice zaměstnance hluku za sledované období delší než jeden měsíc.

§ 4

Impulsní hluk

(1) Přípustný expoziční limit impulsního hluku vyjádřený

a) ekvivalentní hladinou akustického tlaku A $L_{Aeq,8h}$ se rovná 85 dB, nebo

b) expozicí zvuku A $E_{A,8h}$ se rovná 3640 Pa²s.

(2) Přípustný expoziční limit impulsního hluku vyjádřený

a) špičkovým akustickým tlakem C p_{Cpeak} se rovná 200 Pa, nebo

b) hladinou špičkového akustického tlaku C L_{Cpeak} se rovná 140 dB.

(3) Pro pracoviště podle § 3 odst. 2 a 3 platí hygienický limit impulsního hluku obdobně.

(4) Hodnocení impulsního hluku podle průměrné expozice se použije, pokud pracovní doba ve sledovaném období je proměnná nebo když se hladina hluku v průběhu sledovaného období mění, avšak jednotlivé denní expozice hluku se neliší o více než

10 dB v ekvivalentní hladině akustického tlaku A od výsledků opakovaných měření a při žádné z expozic není překročena hladina maximálního akustického tlaku A L_{Amax} 107 dB.

(5) Výpočet průměrné týdenní expozice impulsního hluku se stanoví podle § 3 odst. 5.

§ 5

Vysokofrekvenční hluk

Přípustný expoziční limit vysokofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 8 kHz, 10 kHz, 12,5 kHz a 16 kHz $L_{teq,8h}$ se rovná 75 dB; vysokofrekvenčním hlukem je slyšitelný zvuk v pásmu kmitočtů vyšších než 8 kHz.

§ 6

Ultrazvuk

Přípustný expoziční limit ultrazvuku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku $L_{teq,8h}$ v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 kHz, 25 kHz, 31,5 kHz a 40 kHz $L_{teq,8h}$ se rovná 105 dB.

§ 7

Infrazvuk a nízkofrekvenční hluk

(1) Přípustný expoziční limit infrazvuku a nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku G $L_{Geq,8h}$ se rovná 116 dB.

(2) Přípustný expoziční limit infrazvuku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 1 Hz až 16 Hz $L_{teq,8h}$ se rovná 110 dB.

(3) Přípustný expoziční limit nízkofrekvenčního hluku vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 Hz až 40 Hz $L_{teq,8h}$ se rovná 105 dB.

(4) Při krátkodobé expozici nízkofrekvenčnímu hluku do 8 minut vyjádřenému hladinami maximálního akustického tlaku L_{max} v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 1 Hz až 16 Hz nesmí překročit 137 dB a v třetinooktávových pásmech o středních kmitočtech 20 Hz až 40 Hz L_{max} nesmí překročit 132 dB.

§ 8

Hygienický limit hluku, infrazvuku a ultrazvuku na pracovištích pro jinou než osmihodinovou směnu

(1) Hygienický limit expozice hluku, infrazvuku, nízkofrekvenčnímu a vysokofrekvenčnímu hluku a ultrazvuku vyjádřený hladinou akustického tlaku A pro jinou než osmihodinovou směnu v minutách se určí tak, že se ke stanoveným přípustným expozičním limitům $L_{Aeq,8h}$, $L_{teq,8h}$, nebo $L_{Geq,8h}$ přičte korekce K_T , která se stanoví podle vztahu

$$K_T = 10 \cdot \lg(480/T), [dB].$$

(2) Hygienický limit expozice zvuku A se pro jinou než osmihodinovou směnu určí tak, že se hodnota $E_{A,8h}$ 3640 Pa²s vynásobí činitelem k_T , který se stanoví podle vztahu

$$k_T = 480/T, [-],$$

kde T je jiná než osmihodinová směna v minutách.

§ 9

Hodnocení rizika hluku a minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnanců

(1) Při hodnocení rizika hluku zaměstnavatel přihlíží zejména k

- a) úrovni, typu a době trvání expozice včetně expozic impulsnímu hluku,*
- b) přípustným expozičním limitům a hygienickým limitům hluku,*
- c) účinkům hluku na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, zejména mladistvých zaměstnanců, těhotných žen, kojících žen a matek do konce devátého měsíce po porodu,*
- d) účinkům na zdraví a k bezpečnosti zaměstnanců, jež jsou důsledkem současné expozice faktorům, které jsou součástí technologie a mohou tak zvyšovat nebezpečí poškození zdraví, zejména sluchu,*
- e) nepřímým účinkům vyplývajícím z interakcí hluku a výstražných signálů nebo jiných zvuků, které je nutno sledovat v zájmu snížení rizika úrazů,*
- f) informacím o hlukových emisích, které uvádí výrobce stroje, nářadí nebo jiného zařízení,*
- g) existenci alternativních pracovních zařízení navržených ke snížení hlukové emise stanovených jinými právními předpisy,³⁾*
- h) prodloužení doby expozice hluku nad osmihodinovou směnu,*
- i) příslušným informacím, které vyplývají ze zdravotního dohledu, a dostupným publikovaným informacím,*
- j) dostupnosti chráničů sluchu s náležitými útlumovými vlastnostmi.*

(2) Uspořádání pracoviště, na němž je nebo bude vykonávána práce spojená s expozicí hluku, umístění výrobních prostředků a zařízení, volba pracovního nářadí, pracovní postupy a metody práce musí směřovat ke snižování rizika hluku u jeho zdroje.

(3) Školení zaměstnanců, kteří vykonávají práci spojenou s expozicí ustálenému nebo proměnnému hluku, jehož ekvivalentní hladina akustického tlaku $A_{L_{Aeq,8h}}$ překračuje 80 dB, nebo práci spojenou s expozicí jiným druhům hluku, jehož hodnoty překračují jejich přípustný expoziční limit, musí obsahovat zejména informace o

- a) správném používání výrobních prostředků, zařízení a pracovního nářadí,*
- b) zdrojích hluku na pracovišti,*
- c) druhu a účincích daného hluku a jeho přípustných expozičních limitech,*
- d) výsledcích měření hluku,*
- e) opatřeních přijatých k omezení úrovně míry a doby expozice hluku,*
- f) správném používání osobních ochranných pracovních prostředků,*
- g) vhodných pracovních postupech stanovených k minimalizaci expozice hluku,*
- h) postupech při zjištění možného poškození sluchu,*

i) účelu lékařských preventivních prohlídek zajišťovaných poskytovatelem pracovnělékařských služeb.

(4) Protihlukové zástěny nebo protihlukové systémy se umísťují tak, aby byl takový hluk pohlcován nebo bylo sníženo šíření hluku mimo tato pracoviště.

(5) Pravidelná a řádná údržba výrobních prostředků, zařízení a pracovního nářadí na pracovištích, kde je vykonávána práce spojená s expozicí hluku, musí zajistit, aby míra jejich opotřebení nebyla příčinou zvyšování hluku.

(6) Bezpečnostní přestávka se uplatní tehdy, pokud je práce vykonávána v expozici hluku překračujícímu přípustný expoziční limit. První přestávka v trvání nejméně 15 minut se zařazuje nejpozději po 2 hodinách od započetí výkonu práce. Následné přestávky v trvání nejméně 10 minut se zařazují nejpozději po dalších 2 hodinách od ukončení předchozí přestávky. Poslední přestávka v trvání nejméně 10 minut se zařazuje nejpozději 1 hodinu před ukončením směny. Po dobu bezpečnostních přestávek nesmí být zaměstnanec exponován hluku překračujícímu přípustný expoziční limit.

§ 10

Minimální rozsah opatření k omezení expozice hluku

(1) Pokud se vyhodnocením změřených hodnot prokáže, že přes uplatněná opatření k odstranění nebo minimalizaci hluku překračují ekvivalentní hladiny hluku A stanovené pro osmihodinovou směnu přípustný expoziční limit 80 dB, nebo že průměrná hodnota špičkového akustického tlaku C je větší než 112 Pa, musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky k ochraně sluchu účinné v oblasti kmitočtů daného hluku.

(2) Jestliže je překročen přípustný expoziční limit 85 dB, respektive nejvyšší přípustná hodnota 200 Pa, musí zaměstnavatel zajistit, aby osobní ochranné pracovní prostředky zaměstnanci používali. [7]

2.10.2 Nařízení vlády č. 217/2016 Sb.

ze dne 15. června 2016,

kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací

Čl. I

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, se mění takto:

1. V § 1 se odstavec 2 včetně poznámky pod čarou č. 2 zrušuje a zároveň se zrušuje označení odstavce 1.

2. § 2 včetně nadpisu a poznámky pod čarou č. 4.

3. V § 3 odstavec 5 zní:

„(5) Při stanovení průměrné expozice hluku na pracovišti za sledované období se vychází z celkového počtu směn v daném období a počtu směn, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.“

4. V § 3 se doplňují odstavce 6 až 9, které znějí:

„(6) Postup podle odstavce 5 se použije také v případě pravidelných nebo nepravidelných směn s odlišnou dobou trvání než 8 hodin, při proměnlivém počtu hodin za sledované období, avšak jednotlivé denní expozice hluku je třeba nejprve přepočítat na pracovní dobu 8 hodin.

(7) Průměrná týdenní expozice hluku $L_{Aeq,w}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,w} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{5} \left(\sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,8h,k})} \right) \right], [dB],$$

kde n je počet směn během týdenní pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku.

(8) Průměrná měsíční expozice hluku $L_{Aeq,s}$ se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,s} = 10 \cdot \lg \left[\frac{1}{s} \left(\sum_{k=1}^n 10^{0,1 \cdot (L_{Aeq,8h,k})} \right) \right], [dB],$$

kde n je počet směn během měsíční pracovní doby, při kterých je zaměstnanec exponován hluku, a s je celkový počet pracovních dnů v daném měsíci.

(9) Podle vztahu uvedeného v odstavci 8 se postupuje obdobně při výpočtu průměrné expozice zaměstnance hluku za sledované období delší než jeden měsíc. “.

5. V § 8 se odstavec 5 označuje jako odstavec 2.

6. V § 8 odst. 2 se slova „ T je osmihodinová směna“ nahrazují slovy „ T je jiná než osmihodinová směna v minutách“.

7. V § 9 odst. 3 písm. i) se slova „zařízením závodní preventivní péče“ nahrazují slovy „poskytovatelem pracovnělékařských služeb“. [8]

2.10.3 Další legislativa týkající se hluku

1. Zákon č. 258/2000 Sb. - Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
2. Vyhláška č. 561/2006 Sb. - Vyhláška o stanovení seznamu aglomerací pro účely hodnocení a snižování hluku
3. Vyhláška č. 315/2018 Sb. - Vyhláška o strategickém hlukovém mapování [12]

2.11 Metody snižování hluku

Metoda redukce hluku ve zdroji se provádí odstraněním zdroje hluku nebo snížením jeho hlučnosti. Jedná se o nejúčinnější opatření způsobu boje s hlukem, která vyžadují zejména mnohem nižší finanční náklady než opatření dodatečná. Metodu redukce hluku přímo u zdroje je možné použít při konstrukci a stavbě strojů, technologických a dopravních zařízení, dopravních prostředků. Tlumením vibrací se podařilo snížit vyzařování hluku u některých pneumatických strojů. Na dalších strojích to může být mnoho jiných úprav jako tlumení sání a výfuku kompresorů a spalovacích motorů, nebo také nahrazení určitého technologického úkonu jiným úkonem, který je méně hlučný.

Za současné situace v technické akustice není možné navrhovat stroje a strojní zařízení zcela bezhlučná. To by nebylo v mnoha případech žádoucí z toho důvodu, že zvuk vyzařovaný strojním zařízením může sloužit k indikaci technického stavu stroje. Velkou nezbytností je používat i sekundární opatření.

Metoda dispozice je charakteristická vhodným situováním hlučných strojů a zařízení. Vhodné situování je podstatné u celých hlučných prostorů od chráněných a méně hlučných. Je důležité na to dbát hlavně při územním plánování, projekci průmyslových závodů, letišť, dopravních tepen, a to tím způsobem, aby hlučné provozy a stroje nepříznivě neovlivňovaly akustickou pohodu ve chráněných prostorech, jako jsou například sídliště, nemocnice, školská zařízení, jesle a rekreační oblasti.

Uvnitř budov je důležité situovat chráněné místnosti na straně odlehle od místnosti, ve kterých jsou zdroje hluku, pokud nejsou dostatečně izolovány jak proti šíření hluku vzduchem, tak i konstrukcí stavby.

Metoda izolace se vyznačuje zvukovým odizolováním hlučného stroje, zařízení nebo celého hlučného prostoru od prostoru chráněného. Tato metoda se využívá zejména ve stavební akustice, která se zabývá výpočtem, navrhováním a stavbou zvukoizolačních příček, stropů a krytů. Ve strojírenství se v mnoha případech dávají hlučné stroje pod zvukoizolační kryty nebo zákryty, jejichž hlavní účel spočívá v zamezení šíření hluku do okolního prostoru. Často se jedná o případy, kdy není možné snížit hlučnost přímo ve zdroji.

Další metoda se zabývá využitím poznatků z prostorové akustiky, především potom využívá zvukové pohltivosti. Jedná se o vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo. Tato metoda má využití při snižování hlučnosti uvnitř místností a v určitých akusticky náročných prostorech.

Cílem další metody je používání osobních ochranných pracovních pomůcek. Tato metoda se uplatňuje jen v případech, když předcházející uvedené metody nebylo možné z určitých důvodů použít nebo pokud nedosahují dostatečného snížení hlukové expozice člověka. V těchto případech je povinností pracovníka používání osobních protihlukových pomůcek. Patří sem různé tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče a přilby.

Pro snižování hlučnosti se nejlepších výsledků dosahuje při využití vhodné kombinace všech uvedených metod. Přednost ve využití mají ty metody, které při daném řešeném problému umožňují nejvyšší snížení hluku, a přitom jsou z hlediska ceny dostupné. Méně účinné způsoby snižování hluku mohou být vynechány v častých případech z navržených opatření tehdy, pokud umožňují pouze řádově nižší útlumy hluku.

Často se setkáváme s otázkami nákladnosti a ekonomického hodnocení při plánování a použití technických či jiných opatření proti hluku. Podíl akustických opatření zde roste až na 5 % celkových nákladů. Tam, kde v projektu byla opomenuta hluková otázka, se náklady na dodatečná akustická opatření prudce zvyšují a značně překračují částku. Jedná se o částku, která by byla potřebná pro běžný projekt. Zpravidla technická zařízení budov nebo jiná strojní zařízení nejsou uvedena do provozu. Při kolaudačním řízení se potom ukáže, že dané zařízení vyvolává v chráněných místech hladiny vyšší, než jsou hygienickým předpisem maximálně povolené hladiny zvuku. V současnosti to neznamená pouze navrhnout jiné řešení. Podstatné je výrazné prodloužení stavební činnosti, což spojujeme s vyměřením pokuty dodavatele.

Hlavní úkol spočívá v zastavení růstu hlučnosti v životním prostředí a dále v omezení na přijatelnou míru nepříznivých účinků hluku na člověka. Tento úkol se často daří plnit na pracovištích. S nepříznivou tendencí růstu hlučnosti se setkáváme ve venkovním prostoru, zejména v ulicích měst a okolí dopravních magistrál.

Pokud chceme snížit hluk v oblasti konstrukce a výroby strojů, je třeba správně určit pravou příčinu vzniku hluku. K tomu používáme speciální měřicí metody, které umožní na základě fázové a směrové analýzy rozeznat, který konstrukční díl zařízení vyzařuje zvuk. Za zdroje hluku považujeme celá velká zařízení nebo stroje. Pravdou je, že vlastní vyzařování zvuku mohou způsobovat pouze určité detaily. Existují dvě základní příčiny vzniku akustické energie. V prvním případě se jedná o chvějící se povrch tuhých těles, jehož kmitavý pohyb se obvykle přenáší na okolní vzduch. Takto do vzduchu předávanou akustickou energii dáváme do souvislosti většinou s rozměry zdroje a veličinami, které charakterizují kmitání zdroje. Za základní příčinu vzniku hluku u tohoto typu zdroje považujeme jeho kmitání. To může být způsobené nevyvážeností rotujících částí nebo vzájemnými nárazy mechanismů, nerovnoměrným přenosem sil.

Druhá příčina vzniku hluku je neustálé proudění plynného nebo kapalného prostředí v technických zařízeních. Za vlastní zdroj považujeme část prostoru, kde se setkáváme s neustálým prouděním a kde dochází k největším změnám rychlosti a objemu.

Jako typický příklad zdroje tohoto hluku můžeme uvést ventilátory, čerpadla, ejektory, výustky, výfuky pístových i proudových strojů, potrubní armatury, zejména vypouštěcí ventily. S oběma principy vzniku hluku se můžeme setkat u velmi hlučných strojů a zařízení. Příkladem může být elektromotor, který vyzařuje hluk do okolí ze svého povrchu v důsledku jeho chvění a z ventilačního systému, který má za úkol jeho chlazení.

Nadměrný hluk někdy vzniká i u zařízení, které s konkrétním technologickým procesem nesouvisí. Jako příklad lze uvést nevhodná navržená větrací, klimatizační a otopná zařízení. Hluk těchto zařízení může být srovnatelný nebo i vyšší než hluk vlastních výrobních strojů. Často potom dochází k tomu, že provozovatel upřednostní nízké hlučnosti před dodržením ostatních veličin, které určují pohodu prostředí. Dále potom provozovatel hlučné zařízení vypne a dlouhodobě neprovozuje. Opatření, která řeší hlukovou situaci na pracovištích i v oblasti komunální hygieny je možné popsat v následujících bodech:

- a) konstrukční úpravy strojů, které vedou ke snížení hluku,
- b) použití krytů a překážek proti hluku,

- c) použití tlumičů hluku,
- d) použití izolátorů chvění,
- e) použití speciálních materiálů, které omezují vyzařování hluku,
- f) změna technologie,
- g) vhodné rozmístění zdrojů hluku a chráněných prostor,
- h) organizace práce a provozu zařízení

Výše uvedená opatření mohou pracovníci použít v oblasti strojírenství a projekce strojních zařízení. Z tohoto důvodu je důležité pro tyto úkoly v budoucnosti vyškolit v dostačující míře specialisty v technické akustice. Zaškolení by měli být také pracovníci, kteří by se buď přímým nebo nepřímým způsobem mohli zapojit do řešení této problematiky. [1]

3 Metodika práce

V literárním přehledu jsem popisoval akustiku, vznik zvuku a hluku, zdravotní a legislativní souvislosti hlukové zátěže a dále metody snižování hluku. Pro vypracování této diplomové práce jsem použil odborné knižní zdroje, internetové zdroje v českém i anglickém jazyce, příslušnou legislativu týkající se hluku a vnitropodnikové materiály firmy Mondi Bupak s. r. o.

Měření hluku bude provedeno v souladu s ČSN ISO 1996 – 1,2 Popis a měření hluku prostředí a v souladu s ČSN EN ISO 9612 Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti – technická metoda. Pro měření hluku, vzdálenosti od stroje a teploty budu používat následující zařízení a software:

- modulový přesný analyzátor Brüel & Kjaer typ 2270-S,
- měřící mikrofon Brüel & Kjaer typ 4189,
- akustický kalibrátor Brüel & Kjaer typ 4231,
- laserový dálkoměr,
- meteorologická stanice

4 Mondi Bupak s. r. o.

Firma Mondi Bupak s. r. o. se řadí mezi přední výrobce vysoce kvalitních kartonů z vlnité lepenky s dlouholetou tradicí. Specializace firmy je zaměřená na inovativní a inteligentní obalové řešení pro celou řadu průmyslových odvětví, včetně potravinového a spotřebního průmyslu. Do portfolia produktů lze zařadit standardní slotrované kartony a tvarově vysekávané obaly. Patří sem také displeje a obaly s velmi kvalitním vícebarevným flexo-potiskem, balení s aplikovanou trhací nebo vyztužovací páskou, obaly s bariérou proti vlhkosti a olejům, voděodolné slepení vlnité lepenky.

Součástí firemní politiky jsou kvalita výrobků, péče o životní prostředí a bezpečnost práce. Díky integrovanému systému kvality se daří tyto cíle splnit. Logistické služby poskytují všechny běžné i nadstandardní požadavky na dodání výrobků od přímých dodávek až po dodávky přes externí sklad.

Měření hladin hluku bylo provedeno na vybraných pracovištích ve výrobních prostorech haly umístěné na parcele č. 1284/6, k.ú. České Budějovice 7 náležící firmě Mondi Bupak, s. r. o. se sídlem na adrese: Papírenská 587/41, České Budějovice. Měření bude sloužit jako podklad pro kategorizaci pracovišť. [17]

4.1 Místa a popis měření

- pracovní pozice č. 1 – stroj MARTIN MIDLINE 924,
- pracovní pozice č. 2 – stroj MARTIN TRANSLINE 1228,
- pracovní pozice č. 3 – stroj BOBST PACIFIC 1.7,
- pracovní pozice č. 4 – paletizační linka,
- pracovní pozice č. 5 – stroj MASTERCUT 2.1,
- pracovní pozice č. 6 – zvlňovací stroj,
- odpočinková místnost

Stroje a zařízení jsou umístěny stacionárně. Jedná se o práci periodicky se opakující. Na každé strojní zařízení připadá jedno pracovní místo, kromě pracovní pozice – obsluha zvlňovacího stroje, kdy pracovník z celkové pracovní směny trvající 7,5 hodiny stráví 0,5 hodiny v odpočinkové místnosti. Pracovní doba na pracovní pozici č. 6 je bez půlhodinové obědové přestávky 7,5 hodiny = celková expozice hluku na pracovníka. Pracovní doba na pracovní pozici č. 1 až č. 5 je bez půlhodinové

obědové přestávky 7,0 hodin = celková expozice hluku na pracovníka. Pro všechny stroje a zařízení bylo provedeno samostatné měření hladin akustického tlaku.

Doba trvání každého měření je dostatečně dlouhá (okolo 1-2 minut), aby reprezentovala průměrnou ekvivalentní hladinu akustického tlaku aktuálního měření. U každého stroje jsem provedl 2 až 3 měření. Měření probíhalo v pracovním místě obsluhy tak, že umístění mikrofonu bylo ve vzdálenosti 0,15 ($\pm 0,1$) m od pravého ucha zaměstnance, výška mikrofonu byla ve středové rovině hlavy zaměstnance na přímce procházejícíma očima. Mikrofon byl směřován ve směru pohledu pracovníka. V průběhu měření se pohyboval mikrofon stále s pracovníkem a byl vždy směřován ve směru pohledu. Měření proběhlo s použitím stálého strojního zařízení, a to postupně na řešených pracovních místech. Po celou dobu měření hladiny hluku byly řešené stroje v nepřetržitém běžném provozu (bez odstávky). U vybraných strojů bylo provedeno měření hluku v určité vzdálenosti od strojů a zařízení. Z fyzikálního hlediska se vždy jednalo o proměnný hluk.

Tabulka 1 - Meteorologické podmínky v době měření hluku

Datum a čas	Teplota vzduchu	Vlhkost vzduchu	Tlak vzduchu
20. 7. 2017 7:00 – 10:30 Interiér	25, 5 °C	45 %	968 hPa

Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

4.2 Brüel & Kjaer typ 2270-S

Typ 2270-S je kompaktní a robustní, dvoukanálový zvukoměr třídy 1 se všemi funkcemi jaké mají modely 2250-S a 2250-W. Výhodou tohoto zvukoměru jsou 2 nezávislé kanály. Pomocí dvou mikrofonů, dvou akcelerometrů nebo současně mikrofonu a akcelerometru je možné provést měření. Díky tomu se čas měření může zkrátit na polovinu.

Funkčnost přístroje je možné rozšířit přidáním dalších aplikací tak, aby byly splněny všechny požadavky na hodnocení hluku nebo vibrací včetně specializovaných aplikací pro stavební akustiku, analýzu FFT, hodnocení tónových složek, identifikaci zdroje hluku, intenzity zvuku, průmyslové aplikace a měření vibrací. [16]

Provozní kalibrace zvukoměrné techniky byla provedena před a po měření. Hodnoty byly naměřeny hlukovým analyzátozem Brüel & Kjaer 2270. Měřicí přístroj

byl nastaven do režimu „Záznam“ s periodou ukládání 1 sekunda, včetně záznamu zvuku. Naměřené hodnoty byly uloženy do paměti měřicího přístroje.



Obrázek 5 - Zvukoměr Brüel & Kjaer typ 2270-S [16]

Symboly a použité zkratky

- LAeq – výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku A,
- LCpeak – hodnota špičkového akustického tlaku C,
- LAFmax – hodnota maximálního akustického tlaku A,
- LAFmin – minimální hladina akustického tlaku A

5 Charakteristika a výsledky měření u vybraných strojů a zařízení

5.1 Pracovní pozice č. 1 – stroj MARTIN MIDLINE 924

Charakteristika pracoviště

Linka Martin Midline 924 je umístěna v hale zpracovatelských strojů kartonáže z vlnité lepenky, mezi dráhou pro tabule z VL a strojem Martin Transline 1228 č. 2. Stroj je určen k potisku, slotrování, případně tvarovému vysekávání, lepení a skládání slotrovaných obalů (klopových krabic).

Základní technická data

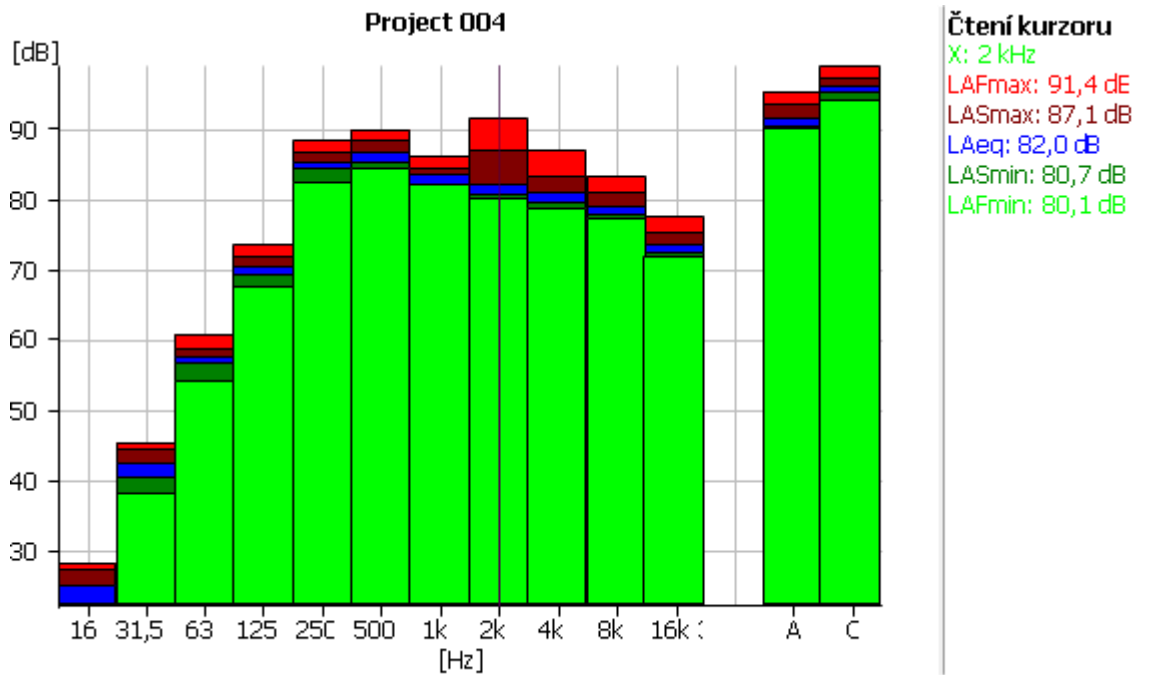
- výrobce Martin, Villeurbanne, Francie,
- rok výroby 2000, 2002, 2004,
- parametry stroje max. mechanická rychlost 18 000 ks/hod.,
- formáty zpracování obalů:
 - min. rozměr přířezu 505 x 255 mm,
 - max. rozměr přířezu 2400 x 900 mm,
 - min. velikost strany obalu 120 mm,
 - max. tloušťka slož. obalu 25 mm,
 - max. tloušťka lepenky 10 mm

Popis technologie výroby

1. přísun stohů polotovarů na válečkovou dráhu Dücker pomocí transferového vozíku,
2. přísun stohů polotovarů po válečkové dráze k navážecímu vozíku,
3. přísun stohů polotovarů po navážecímu vozíku k přednakladači,
4. nakládání archů do nakladače stroje Midline 924,
5. automatická výroba obalu (nakládání, potisk, sušení, tvarový výsek, slotrování, lepení, skládání),
6. automatické počítání a vykládání,
7. páskování svazků na vázacím zařízení CEMA,
8. ruční skládání svazků na paletu na paletizačním poloautomatickém stroji AUTOPAL

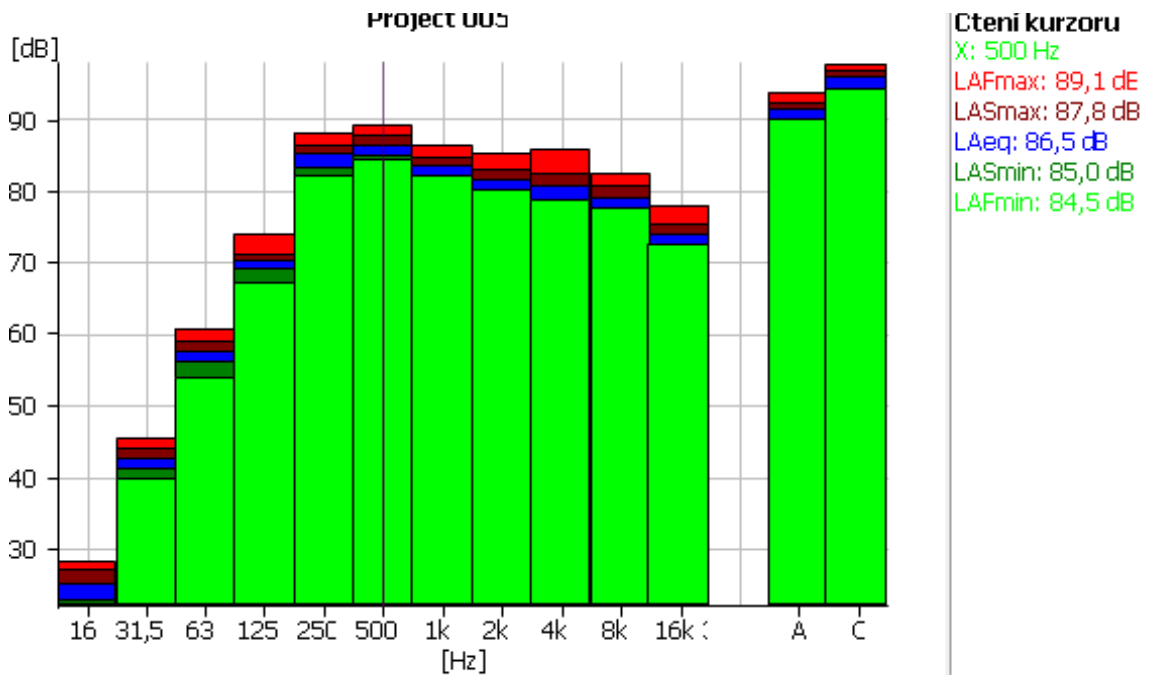
9. doprava stohů hotových obalů po odvázací dráze na transfer vozík [18]

Graf 1 – Měření v pracovním místě obsluhy stroje MARTIN MIDLINE 924



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Graf 2 - Měření hluku stroje MARTIN MIDLINE 924 v určité vzdálenosti



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Měření hlukové zátěže bylo provedeno u stroje MARTIN MIDLINE 924. Nejprve měření proběhlo v místě pracovní obsluhy, potom ve vzdálenosti naměřené laserovým dálkoměrem, která činila 4,7 m.

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 7:10:22 - 7:11:25. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 91,6 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 95,4 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 90,1 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku L_{Cpeak} byla 110,5 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 2 kHz a to 91,4 dB.

Další měření proběhlo ve vzdálenosti 4,7 m od stroje v 7:12:25, délka měření byla 00:01:13. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 91,5 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 93,8 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 90,1 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku L_{Cpeak} byla 109,6 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 500 Hz a to 89,1 dB.

Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že v pracovním místě obsluhy se hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} příliš nelišila od měření ve vzdálenosti 4,7 m od stroje. Maximální hladina hluku L_{AFmax} dosahovala ve vzdálenosti 4,7 m od stroje nižší hodnoty o 1,6 dB než v pracovním místě obsluhy. Při měření byla v místě obsluhy i v naměřené vzdálenosti od stroje překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB. V tomto případě se jedná o silný hluk, který hraničí se zdravotním rizikem pro sluch. Z tohoto důvodu je vhodné použít ochranné pomůcky, například ochranná sluchátka.

5.2 Pracovní pozice č. 2 – stroj MARTIN TRANSLINE 1228

Charakteristika pracoviště

Linka Martin Transline 1228 je umístěna v hale zpracovatelských strojů kartonáže z vlnité lepenky, mezi linkami Martin Midline 924 a Bobst Expertline FFG 820. Linka je určena k výrobě slotrovaných obalů (klopových krabic) - potisku, slotrování, případně tvarovému vysekávání, lepení, skládání a paletování.

Základní technická data

- výrobce: stroj-Martin, Villeurbanne, Francie,
- doplňková zařízení – Dücker Německo, Alliance Holandsko, Dücker, Corrpal Švédsko
- rok výroby: 2000, 2002, 2004, 2016, 2018,
- formáty zpracování obalů:
 - min. rozměr přířezu 885 x 420 mm,
 - max. rozměr přířezu 2800 x 1500 mm,
 - min. velikost strany obalu 140 mm,
 - max. tloušťka slož. obalu 25 mm,
 - max. tloušťka lepenky 10 mm
- parametry stroje: max. mechanická rychlost 15 000 ks/hod

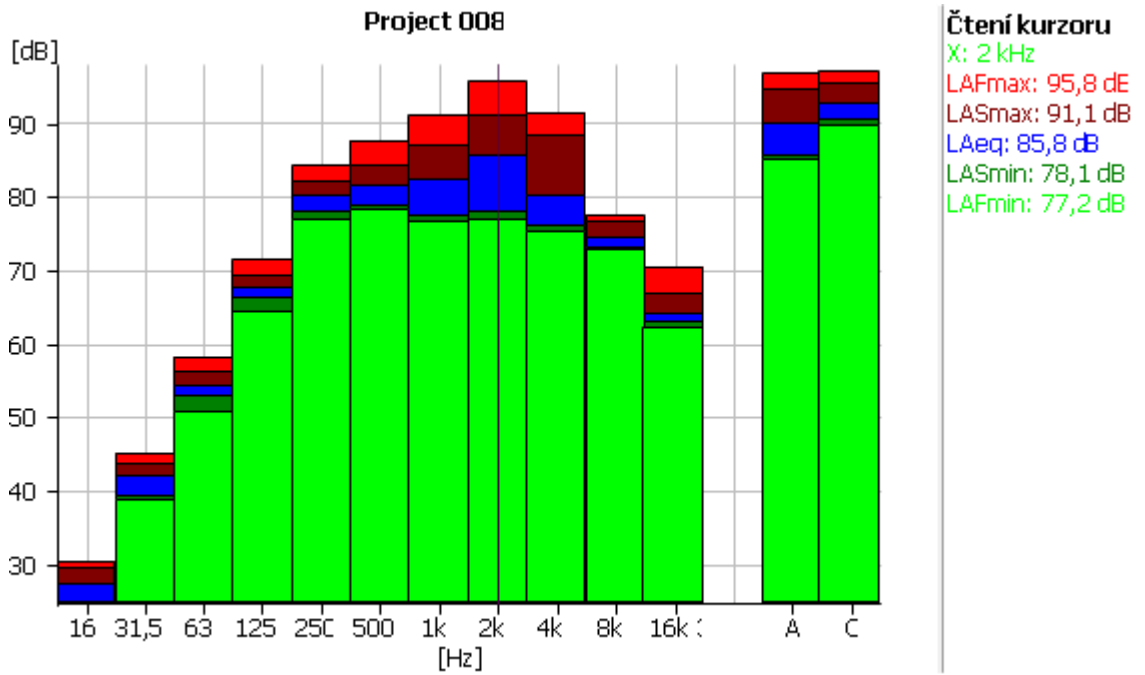
Popis technologie výroby

Technologický proces výroby klopových obalů lze rozdělit do jednotlivých následujících částí:

1. přísun stohů polotovarů na dopravník Dücker pomocí transferového vozíku,
2. přísun stohů polotovarů po dopravníku k navážecímu vozíku,
3. přísun stohů polotovarů po navážecímu vozíku k přednakladači,
4. nakládání archů do nakladače stroje,
5. automatická výroba obalu (nakládání, potisk, tvarový výsek, slotrování, lepení, skládání),
6. automatické počítání a vykládání,
7. páskování svazků na vázacím zařízení,

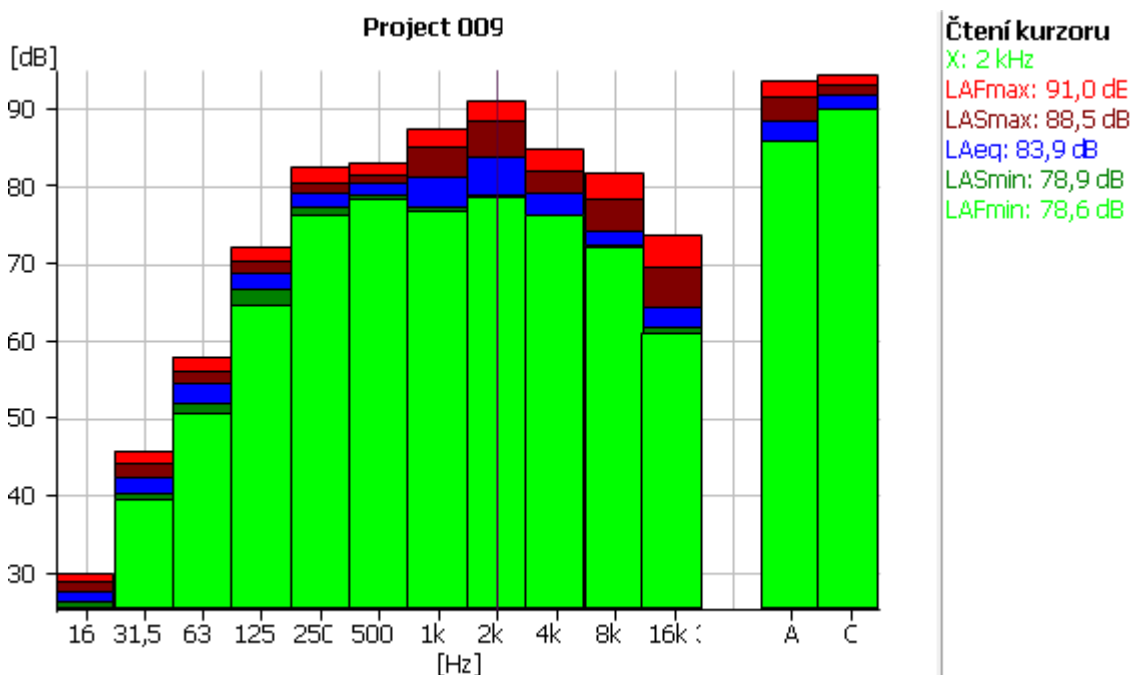
8. automatické skládání svazků do tvaru palety,
9. doprava stohů hotových obalů po odvážecí dráze na transfer vozík [18]

Graf 3 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy stroje MARTIN TRANSLINE 1228



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Graf 4 - Měření hluku stroje MARTIN TRANSLINE 1228 v určité vzdálenosti



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Měření hlukové zátěže bylo provedeno u stroje MARTIN TRANSLINE 1228. Nejprve měření proběhlo v místě pracovní obsluhy, potom ve vzdálenosti naměřené laserovým dálkoměrem, která činila 4,7 m.

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 7:16:53 - 7:18:40. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla Laeq 90,0 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAF max 96,8 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 85,2dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku LCpeak byla 108,4 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 2 kHz a to 95,8 dB.

Další měření proběhlo ve vzdálenosti 4,7 m od stroje v čase 7:18:51- 7:20:10. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla Laeq 88, 6 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAFmax 93,7 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 85,9 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku LCpeak byla 105,6 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 2 kHz a to 91 dB.

Z výše uvedených hodnot je zřejmé, že v pracovním místě obsluhy se hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku Laeq příliš nelišila od měření ve vzdálenosti 4,7 m od stroje. Maximální hladina hluku LAF max dosahovala ve vzdálenosti 4,7 m

od stroje nižší hodnoty o 3,1 dB než v pracovním místě obsluhy. Při měření byla v místě obsluhy hodnota L_{Aeq} rovna 90 dB a v naměřené vzdálenosti od stroje byla hodnota L_{Aeq} nižší pouze o 1,4 dB. Podle naměřených hodnot se jedná o silný hluk, který hraničí se zdravotním rizikem pro sluch. Z tohoto důvodu je vhodné, aby pracovník použil ochranné pomůcky, například ochranná sluchátka.

5.3 Pracovní pozice č. 3 – stroj BOBST PACIFIC 1.7

Charakteristika pracoviště

Lepička tvarových výseků Bobst Pacific 1.7 je umístěna v hale zpracovatelských strojů kartonáže z vlnité lepenky, mezi stroji Bobst I. a Bobst II. Stroj je určen ke skládání a slepování tvarově vysekávaných obalů různých konstrukcí (především jednobodově, třibodově, čtyřbodově a šestibodově lepených).

Základní technická data

- výrobce: Bobst SA, Lausanne, Švýcarsko,
- rok výroby: 2003,
- formáty zpracování obalů:
 - min. rozměr přířezu 220 x 190 mm (různý pro různé konstrukce obalu),
 - max. rozměr přířezu 1700 x 1600 mm,
 - max. tloušťka lepenky B/C,
 - max. tloušťka slož. obalu 25 mm,
- parametry stroje: výrobní rychlost 250 m/min.

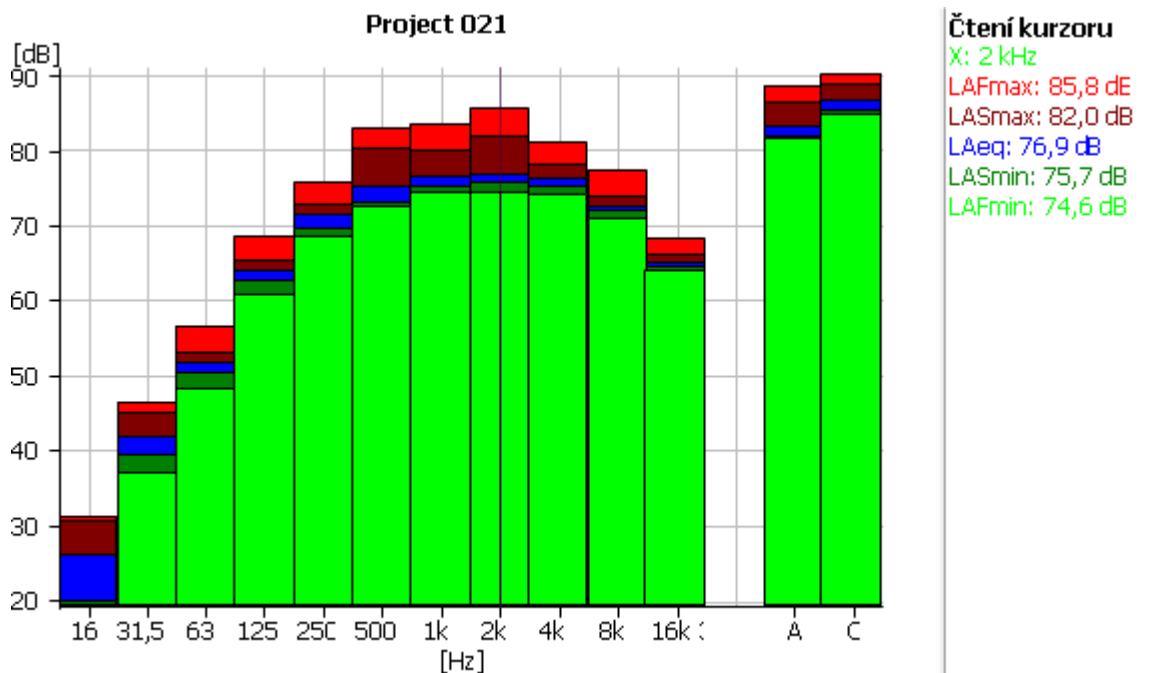
Popis technologie výroby

Technologický proces lepení tvarově vysekávaných obalů lze rozdělit do jednotlivých následujících částí.

1. přísun stohů polotovarů na válečkovou dráhu SHS pomocí transferového vozíku,
2. přísun stohů polotovarů po válečkové dráze do místa nakládání,
3. ruční nakládání archů do nakladače lepičky,
4. automatické skládání a lepení obalu v lepičce Pacific 1.7.,
5. automatické nanášení lepidla systémem HHS Xmelt,

6. automatická aplikace pásky silikonového papíru systémem ENPRO SPA 2.0.
7. automatické vykládání na vykládací stůl vykladače RE 02-PCR
8. ruční odebrání a skládání do svazků
9. páskování svazků na vázacím zařízení MOSCA
10. ruční skládání svazků na paletu na paletizačním stole
11. doprava stohů hotových obalů po odvážecí dráze na transfer vozík [18]

Graf 5 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy stroje BOBST PACIFIC 1.7



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 7:46:41 - 7:47:53. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 83,3 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla L_{AFmax} 88,6 dB a minimální naměřená hladina byla L_{AFmin} 81,6 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku LC_{peak} byla 103,2 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 2 kHz a to 85,8 dB.

U tohoto případu nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 85 dB, což je dle normy mezní přípustná ekvivalentní hladina hluku pro pracovní provoz s osmihodinovou směnou. Z důvodu prevence by pro svou ochranu mohla obsluha využít ochranných pomůcek, například ochranných sluchátek.

5.4 Pracovní pozice č. 4 – paletizační linka

Charakteristika pracoviště

Paletizační linka je umístěna v hale kartonáže, mezi výrobní částí kartonáže a expedičním skladem. S výrobní částí haly kartonáže je funkčně propojena transferovým vozíkem.

Paletizační linka je soubor jednotlivých výrobních zařízení, která jsou sestavena v technologickém sledu do výrobní linky. Paletizační linka slouží k paletizaci jednotlivých stohů výrobků, jejich páskování, případně balení do ochranné ovíjecí fólie.

Technické údaje

- výrobní kapacita max. 80 palet/hod.,
- rozměr palety 1200 x 800 mm

Popis technologie

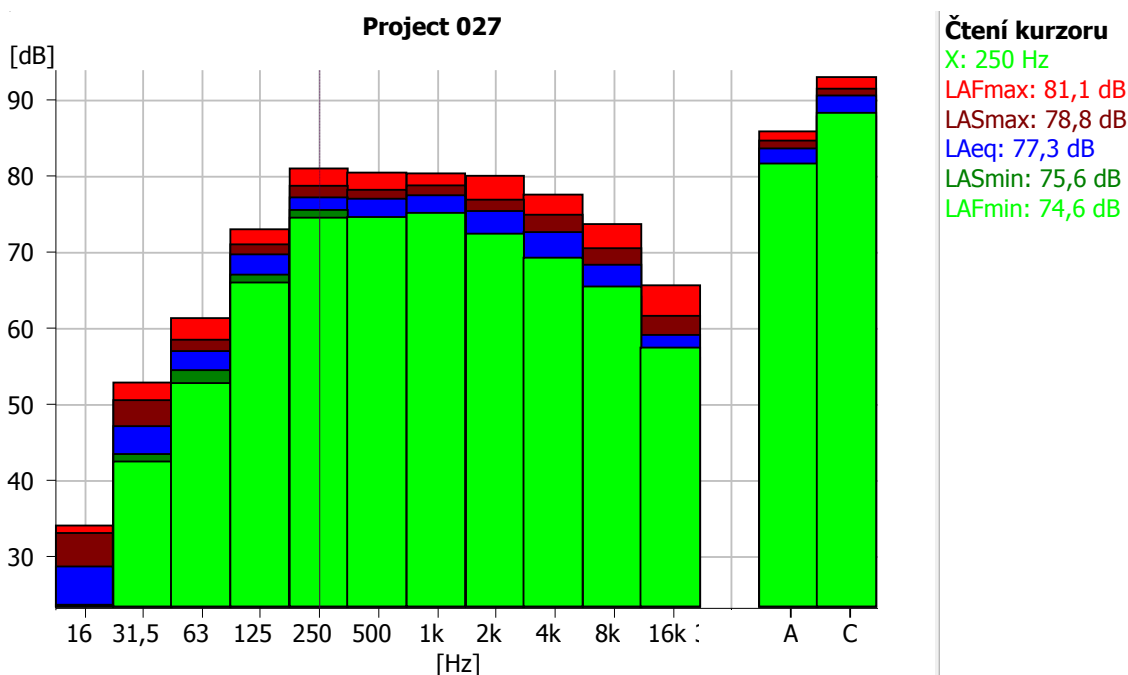
Stoh kartonážních výrobků je transferovým vozíkem vyložen na navážecí pásovou dráhu. Poté obsluha scenerem načte čárový kód stohu na paletovém lístku a zadá do počítače typ palety, rozměr a její ložení, popřípadě balení do ochranné fólie. Na otočné plošině je možné stoh otočit a změnit tudíž jeho orientaci vůči paletě, v centrovací jednotce Inserterline dochází k vystředění stohu.

V zařízení Inserterline dochází k podebrání a uložení většiny stohů na paletu (některé stohy jsou dopravovány na paletách již od kartonážních strojů), kterou připraví robot Kawasaki. Zde jsou obsluhou vkládány na horní část stohů přířezy z vlnité lepenky nebo dřevěné rošty. Mohou být na stohy vloženy i dřevěné euro palety za pomoci vkládacího stroje Dalmec z důvodu ochrany stohu proti poškození vázací páskou.

Stoh je na paletě dopraven do prostoru páskovacích lisů, kde dochází k vlastnímu zapáskování. Páskovací lisy jsou dva, uloženy vedle sebe. Zapáskovaná paleta je pomocí válečkové vyvážecí dráhy dopravena do prostoru odebírání nebo

pomocí podávacích řetězců a válečkových drah dopravena do prostoru balící linky. Balící linky jsou také dvě, po jedné na každé odebírací větvi paletizační linky. Zde je v automatickém režimu ovinuta fólií a válečkovou vyvážecí dráhou dopravena do prostoru odebírání. Z vyvážecích drah jsou palety odebírány vysokozdvížnými vozíky. [18]

Graf 6 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy paletizační linky



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 7:55:52 - 7:57:11. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 83,7 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAF max 86 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 81,7 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku L_{Cpeak} byla 104,5 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 250 Hz a to 81,1 dB.

Podobně jako u lepičky tvarových výseků Bobst Pacific 1.7 nebyla u paletizační linky překročena hodnota L_{Aeq} 85 dB, což je dle normy mezní přípustná ekvivalentní hladina hluku pro pracovní provoz s osmihodinovou směnou. Z důvodu prevence by pro svou ochranu mohla obsluha využít ochranných pomůcek, například ochranných sluchátek.

5.5 Pracovní pozice č. 5 – stroj MASTERCUT 2,1

Charakteristika pracoviště

Linka tvarového výseku MC 2,1 je umístěna v hale kartonáže z vlnité lepenky. Je určena k výseku a potisku archů vlnité lepenky. Jednotlivé pracovní operace, z nichž výroba obalů sestává, jsou prováděny v jednom pracovním sledu.

Základní technická data

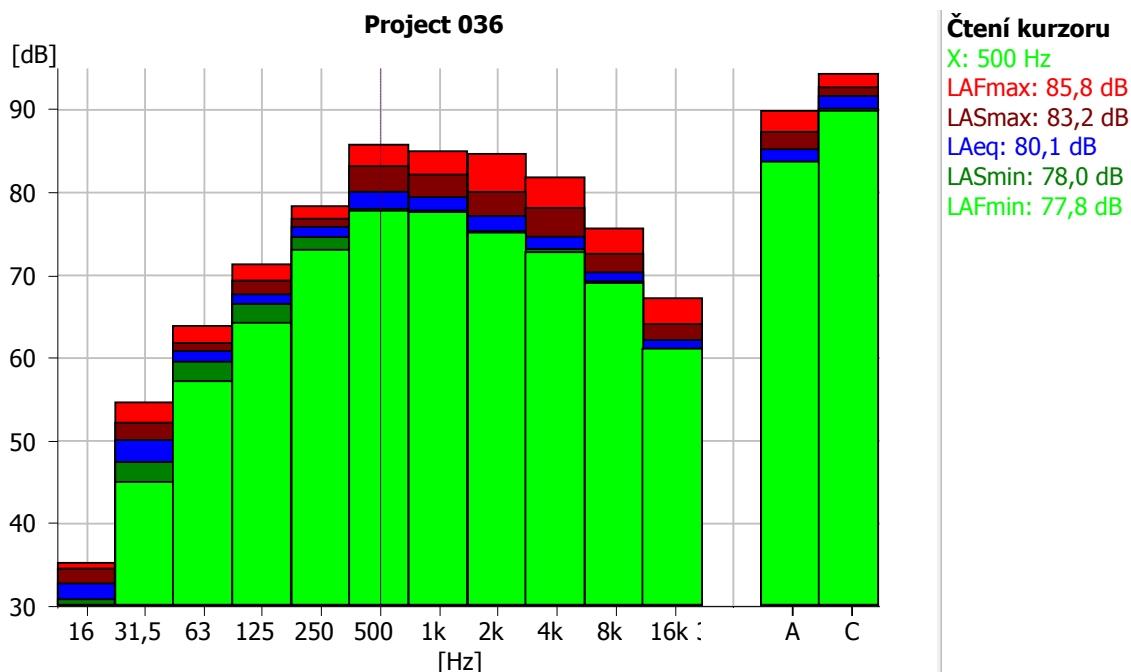
- výrobce: BOBST SA CH - 1001, Lausanne, Švýcarsko,
- rok výroby: 2015,
- formáty zpracování archů Mastercut:
 - min. 700 x 520 mm,
 - max. 2100 x 1300 mm
- potištěná plocha: max. 2100 x 1270 mm,
- tloušťka vlnité lepenky: 0,75 – 9 mm,
- výrobní rychlost: max. 7.000 archů/hod.

Popis technologie výroby

Technologický proces potisku archů lze rozdělit do jednotlivých následujících částí.

1. přísun stohů polotovarových tabulí vlnité lepenky ze skladu polotovarů prostřednictvím dráhy Ducker,
2. postupné naložení stohu nakladačem Göpfert do tiskové části stroje,
3. průchod archů strojem, při kterém dochází k jejich postupnému potisku,
4. automatické vysekávání, vylupování odpadu, odsekávání předního okraje a vyvážení svazků hotových výrobků na odebírací pás,
5. doprava svazků do zařízení Corrpal a případná další manipulace se svazkem výseků a automatické oddělování vysekaných svazků [18]

Graf 7 - Měření hluku u stroje MASTERCUT 2,1



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 8:12:09 – 8:14:21. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla Laeq 85,2 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAF max 89,9 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 83,7 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku LCpeak byla 106,9 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 500 Hz a to 85,8 dB.

V pracovním místě obsluhy se hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku Laeq příliš nelišila od měření ve vzdálenosti 3 m od stroje. Při měření byla v místě obsluhy i v naměřené vzdálenosti od stroje těsně překročena hodnota Laeq 85 dB, což je dle normy mezní přípustná ekvivalentní hladina hluku pro pracovní provoz s osmihodinovou směnou. Z důvodu prevence by pro svou ochranu mohla obsluha zde využít ochranných pomůcek, například ochranných sluchátek.

5.6 Pracovní pozice č. 6 – zvlňovací stroj

Charakteristika pracoviště

Zvlňovací stroj je umístěn v samostatné výrobní hale, která sousedí s halou meziskladu vlnité lepenky, se skladem kotoučů, přípravou lepidla a pomocnými provozy. Ve všech čtyřech stěnách haly zvlňovacího stroje jsou uzavíratelné otvory, se kterými je funkčně spojena se sousedními objekty a venkovním prostorem.

Zvlňovací stroj je soubor jednotlivých výrobních zařízení, která jsou sestavena v technologickém sledu do výrobní linky. Zvlňovací stroj slouží k výrobě vlnité lepenky, o různých typech vlny a různém konečném provedení – dvouvrstvá vlnitá lepenka v kotoučích, rýhované a nerýhované tabule třívrstvé a pětivrstvé vlnité lepenky a rýhované a nerýhované tabule třívrstvé a pětivrstvé vlnité lepenky s krycí vrstvou potištěnou technologií pre-print.

Technické údaje

- výrobce: BHS Corrugated GmbH,
- pracovní šíře: max. 2500 mm,
- typy vln: E, B, C a kombinace B/C, E/C, E/B, E/E,
- konstrukční rychlost: max. 300 m/min,
- výrobní rychlost: max. 270 m/min
- zpracovávané papíry:
 - papír na zvlňnou vrstvu 110 až 200 g/m²,
 - papír na rovinnou vrstvu 110 až 400 g/m²

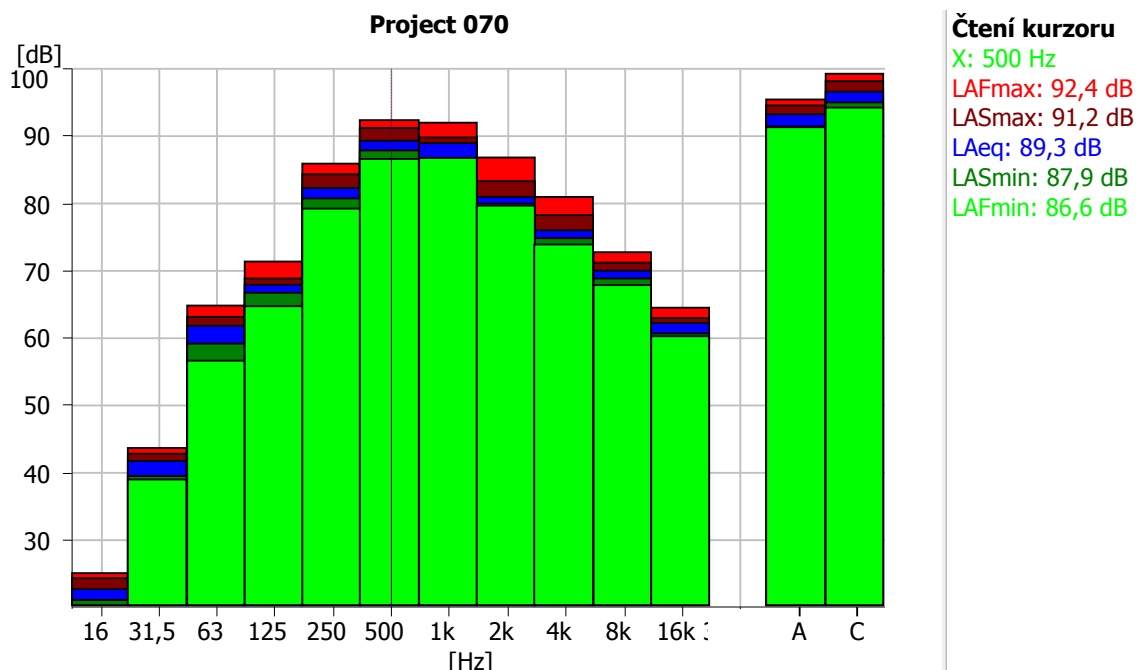
Popis technologie

Výroba vlnité lepenky (VL) sestává z těchto základních operací:

1. doprava kotoučů papíru a jeho zavedení do stroje,
2. zvlňování pásu papíru,
3. přilepení pásu krycího papíru ke zvlňné vrstvě,
4. v případě výroby pouze dvouvrstvé VL - návin vzniklé dvouvrstvé VL do kotoučů,
5. v případě výroby třívrstvé a pětivrstvé VL

- přilepení pásu krycího papíru na otevřenou stranu dvouvrstvé VL, případně přilepení pásu dvouvrstvé VL a pásu krycího papíru na otevřenou stranu dvouvrstvé VL,
- sušení pásu VL,
- podélné řezání,
- příčné řezání,
- stohování tabulí,
- doprava stohu od zvlňovacího stroje [18]

Graf 8 – Měření hluku v pracovním místě obsluhy zvlňovacího stroje



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí –9:42:37 - 9:43:44. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 93,2 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAF max 95,5 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 83,7 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku L_{Cpeak} byla 110,5 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 500 Hz a to 92,4 dB.

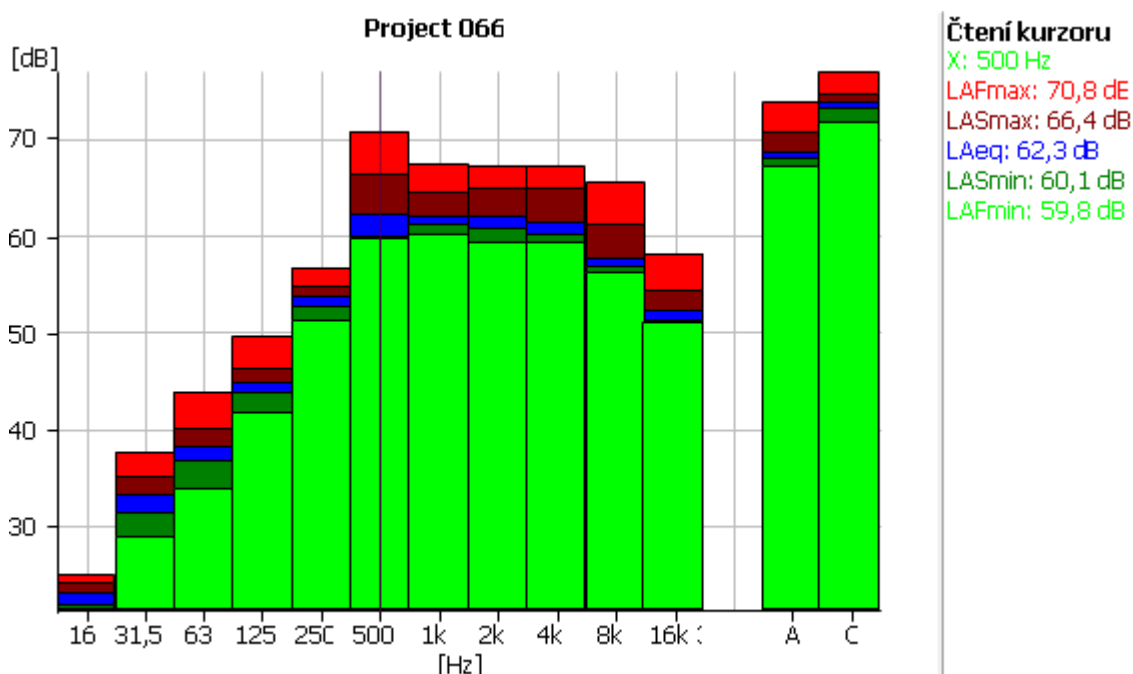
Při měření byla v místě obsluhy od stroje překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB. V tomto případě se jedná o silný hluk, který hraničí se zdravotním rizikem pro sluch. Z tohoto důvodu je vhodné použít ochranné pomůcky, například ochranná sluchátka.

5.7 Měření hluku v odpočinkové místnosti

Charakteristika zdroje hluku

Odpočinková místnost je umístěná ve výrobním prostoru. Slouží k odpočívání, konzumaci jídla a pití (pozice vsedě a vstoje).

Graf 9 - Naměřené hodnoty hladiny hluku v odpočinkové místnosti



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Začátek měření proběhl v pracovním místě obsluhy 20. 7. 2017 v časovém rozmezí 9:35:17 - 9:36:20. Hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku byla L_{Aeq} 68,8 dB. Maximální naměřená hladina hluku byla LAF max 73,8 dB a minimální naměřená hladina byla LAF min 63,7 dB. Maximální vrcholová hladina akustického tlaku LCpeak byla 88,4 dB. Nejvyšší hladina hluku byla dosažena při kmitočtu 500 Hz a to 70,8 dB.

Při měření hluku v odpočinkové místnosti nebyla překročena hodnota L_{Aeq} 90 dB, což je silný hluk na hranici zdravotního rizika pro sluch. Tomuto limitu se hodnoty ani nepřiblížily, proto nehrozí žádná rizika poškození sluchu.

5.8 Nejistota měření, třída přesnosti měření

Celková nejistota měření na pracovním prostoru byla stanovena kvalifikovaným odhadem $\varepsilon = \pm 2,0$ dB. Celková nejistota měření $\varepsilon = 2,0$ dB je parametr, který rozšiřuje naměřenou hodnotu na oblast, v níž se nachází s 95 % pravděpodobností správná hodnota. Z hlediska přesnosti měření byly splněny podmínky pro 1. třídu.

5.9 Doporučení na ochranu sluchu pro obsluhu výrobních strojů

Ochrana sluchu je v častých případech opomíjena. Z tohoto důvodu vznikají u zaměstnanců nepříjemné pocity, snížení efektivity a psychická zátěž. Ochranu sluchu rozdělujeme do dvou základních kategorií. Patří sem ochranná pracovní sluchátka a zátkové chrániče sluchu. Hygienické limity hluku na pracovišti se řídí Nařízením vlády 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Když hluk překročí expoziční limit 85 dB, je povinností zaměstnavatele, aby zajistil používání ochranných pracovních prostředků sluchu pro zaměstnance na pracovišti. Chrániče sluchu je třeba vybírat i z hlediska pohodlí při nošení. Sluchátka by neměla při nošení vadit, zejména nesmí tlačit, a hlavně by měly potlačit hladinu hluku na minimum. Při používání sluchátek k ochraně sluchu dochází ke zhoršení komunikace. V současné době je v nabídce i speciální kategorie pro ochranu sluchu, jedná se o komunikační sluchátka. [19]

5.9.1 Společnost uvex

Za inovativní ochranu sluchu považujeme systém uvex i-gonomics, který zajišťuje měřitelné zvýšení pohodlí uživatele. Tento systém je charakteristický svojí maximální funkčností a prvotřídním pohodlím. Tento inovativní produktový systém je známý svojí dokonalou přizpůsobivostí lidské fyziognomii. Vyznačuje se extrémně nízkou hmotností a optimálním řízením zvuku.

Všechny produkty ochrany sluchu tohoto systému vyhovují normě CE. Produkty byly odzkoušeny v souladu s platnými evropskými normami a aktuální legislativou EU. Nepřetržité zajišťování kvality probíhá prostřednictvím normy ISO 9001/1994.

Příslušné normy ČSN EN:

- EN 352: část 1 Mušlové chrániče sluchu,
- EN 352: část 2 Zátkové chrániče sluchu,
- EN 352: část 3 Mušlové chrániče sluchu na průmyslovou ochrannou přilbu

Společnost uvex nabízí mnoho druhů ochrany sluchu, které jsou vhodné pro různé situace. Pokud zaměstnanec pracuje v provozu s vysokou hladinou hluku nebo takovým provozem prochází, potřebuje správnou úroveň ochrany.

Mušlové chrániče sluchu firmy uvex se používají v případě, když hodnota L_{Aeq} přesahuje 100 dB. Z tohoto důvodu je vhodnější navrhnout k ochraně sluchu ušní zátky, jelikož naměřené hodnoty L_{Aeq} v grafech nepřekračovaly 100 dB.

Podstatné je najít správnou rovnováhu mezi potřebou dostatečně chránit sluch před nebezpečným hlukem, aniž by se ztratila schopnost slyšet a komunikovat. Ušní zátky uvex jsou vhodné pro akustické hladiny hluku, které se pohybují kolem hodnot L_{Aeq} 80 až 100 dB. Je nutné, aby ušní zátky dokázaly správně sedět, protože zvukovody se liší svým tvarem a velikostí. Z tohoto důvodu firma uvex zařadila celou škálu možností ochrany sluchu, které jsou vhodné pro různé tvary a velikosti uší.

Pomocí metody SNR vybíráme vhodnou ochranu sluchu. Tu zajistíme u uživatele tak, že efektivní zbytková hladina hluku se bude pohybovat v rozmezí 70 dB až 80 dB. Pokud zvolíme úroveň ochrany příliš vysokou, může to vést k neschopnosti komunikace a riziku, že pracovník není schopný slyšet důležité zprávy, pokyny a signály. Výslednou hladinu hluku s použitím ušních zátek zjistíme následujícím jednoduchým výpočtem:

$$\text{hladina hluku } 90 \text{ dB} \quad - \text{ uvex xact-fit, SNR } 26 \text{ dB} \quad = \quad 64 \text{ dB}$$

Pro ochranu sluchu používáme jednorázové ochranné ušní zátky nebo opakovatelně použitelné ušní zátky uvex. Jako příklad jednorázových ušních zátek můžeme uvést uvex xact-fit, které jsou tvarované tak, aby odpovídaly anatomii zvukovodu. Hodnota SNR u těchto zátek je 26 dB. Díky kónickému tvaru zátky přirozeně sedí bez nadměrného tlaku, což zajišťuje maximální úroveň pohodlí

a ochrany. Držáky zátek, které se nacházejí vlevo a vpravo, zajišťují snazší nasazení zátek a vždy přesně sedí. Náhradní ušní zátky se vydávají pomocí standardního nástěnného dávkovače uvex. Díky neprodyšné PU pěně je snížena možnost kontaminace. Nastavitelná šňůrka na krk se dá upravit dle požadavků uživatele, tím se zvyšuje bezpečnost.



Obrázek 6 - Ušní zátky uvex xact-fit [20]

Příkladem opakovaně použitelných zátek jsou zátky uvex whisper. Hodnota SNR u těchto zátek je 23 dB. Jedná se o ušní zátky se šňůrkou, které se snadno čistí. Hladký, nečistoty odpuzující povrch můžeme snadno čistit mýdlem a vodou. Hygiena ušních zátek je zajištěna uložením v hygienickém boxu. Díky tomu, že ušní zátky mají šňůrku, jsou vždy po ruce a v méně hlučném prostředí je možné zátky pohodlně nosit kolem krku.



Obrázek 7 - Ušní zátky uvex whisper [20]

Pohodlnou ochranu sluchu zajišťují proti hluku zajišťují tlumiče. Konkrétně se jedná o extrémně lehké ušní zátky s náhlavním obloukem uvex xact-band s ergonomickým tvarováním. Hodnota SNR u těchto zátek činí 26 dB. Uživatelé poskytují maximální pohodlí. Hlavní předností integrovaného blokátoru hluku je účinné redukování hluku na pozadí, například při kontaktu s oblečením. Snadnější použití je zajištěno výlisky pro palce. Ušní zátky s náhlavním obloukem mají výhodu v tom, že se snadno používají. Díky tomu jsou pro uživatele přijatelnější a poskytují spolehlivou ochranu sluchu. Tato ochrana zvuku je charakteristická tím, že její hmotnost činí pouhé 4 gramy. [20]



Obrázek 8 - Ušní zátky uvex xact-band [21]

5.9.2 Společnost Pevi s. r. o.

K ochraně sluchu společnost nabízí ušní špunty, které jsou určeny pro nízké úrovně hluku a ochranná sluchátka, která jsou určena pro vyšší úrovně hluku.

Podle toho, jaká je úroveň hluku, musíme chránit náš sluch. Při úrovni hluku L_{Aeq} menší než 85 dB se používají špunty do uší, které jsou dostupné například pomocí zásobníků. Špunty do uší společnost vyrábí v několika variantách. Kromě klasických špuntů vyrábějí i pěnové špunty s plastovou rukojetí, která zajistí snadné a hygienické zavádění do zvukovodu. Špunty spojené bezpečnostním vláknem jsou další variantou, kterou společnost vyrábí. Tyto špunty mají mnoho provedení. Za přechod mezi špunty do uší a sluchátka považujeme špunty do uší se spojkou. Předností těchto špuntů je, že jsou vysoce flexibilní a mají vyměnitelné zátky.

Ochrana sluchu je nezbytná v případě, když se hodnota hluku L_{Aeq} pohybuje nad 85 dB. Pro hluk v této úrovni jsou vhodné špunty do uší, ale i ochranná sluchátka.

Rozmezí hodnot L_{Aeq} 87 až 98 dB lze označit za střední hodnoty hluku. V tomto prostředí se doporučuje používat speciální sluchátka. Typy, které jsou vhodné pro použití:

- sluchátka s krčním obloukem,
- sluchátka k upevnění na ochrannou přilbu,
- sluchátka s velmi plochým mušlovým chráničem



Obrázek 9 - Sluchátka s krčním obloukem [21]



Obrázek 10 - Sluchátka k upevnění na ochrannou přilbu [21]



Obrázek 11 - Sluchátka s velmi plochým mušlovým chráničem [21]

Společnost Pevi s. r. o. se zabývá výrobou sluchátek i pro vyšší hodnoty hluku v rozmezí L_{Aeq} 98-105 dB. Pro úroveň hluku L_{Aeq} 105-110 dB jsou potřebné již vysoce výkonné chrániče sluchu. K ochraně sluchu bych doporučil sluchátka, která se vyrábí pro hodnoty hluku L_{Aeq} do 98 dB. Je to z toho důvodu, že vyšší hodnoty L_{Aeq} jsem při měření ve firmě nezaznamenal. [21]

Dalším způsobem ochrany sluchu pro obsluhu výrobních strojů je dodržování pravidelných přestávek při práci v nadměrném hluku a střídání pracovníků obsluhy hlučných strojů.

6 Závěr

Tato práce se zabývá tématem hlučnosti výrobních strojů ve vybraném podniku. V teoretické části jsem popisoval základní poznatky o akustice, pojmy zvuk a hluk a jejich vznik. Dále jsem se zde zabýval zdravotními a legislativními souvislostmi hlukové zátěže. Uvedl jsem zde různé metody, které vedou ke snížení hluku v pracovním prostoru.

V praktické části jsem se zabýval měřením hluku u výrobních strojů ve firmě Mondi Bupak s. r. o. Firma se řadí mezi přední výrobce vysoce kvalitních kartonů z vlnité lepenky s dlouholetou tradicí. Specializace firmy je zaměřená na inovativní a inteligentní obalové řešení pro celou řadu průmyslových odvětví, včetně potravinového a spotřebního průmyslu.

Před a po měření byla provedena kalibrace zvukoměrné techniky. Měření hluku jsem provedl zvukoměrem Brüel & Kjaer 2270. Měřicí přístroj byl nastaven do režimu „Záznam“ s periodou ukládání 1 sekunda, včetně záznamu zvuku.

Měření proběhlo v místě pracovní obsluhy a v určité vzdálenosti od stroje. Naměřené hodnoty byly uloženy do paměti měřicího přístroje a následně zpracovány pomocí obslužného softwaru pro ruční analyzátoři BZ 5503. Poté jsem pomocí tohoto softwaru vytvořil grafy s naměřenými hodnotami. Dále jsem tyto grafy podle naměřených údajů vyhodnotil na základě platné legislativy.

Z naměřených údajů bylo často zjištěno, že výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku A_{Laeq} přesahovala hodnoty 90 dB. V těchto případech se jednalo o silný hluk, který hraničí se zdravotním rizikem pro sluch. Z tohoto důvodu jsem navrhnul použít ochranné pomůcky. Pro vhodnou ochranu sluchu jsem doporučil ochranné ušní zátky a sluchátka dvou významných společností.

V prvním případě se jednalo o společnost uvex. U této společnosti jsem pro ochranu sluchu vybral různé druhy ušních zátek. Ušní zátky uvex jsou vhodné pro akustické hladiny hluku, které se pohybují kolem hodnot L_{Aeq} 80 až 100 dB.

Dále jsem doporučil zaměstnancům firmy Mondi Bupak s. r. o. sluchátka s krčním obloukem, sluchátka k upevnění na ochrannou přilbu nebo sluchátka s velmi plochým mušlovým chráničem, které vyrábí společnost Pevi s. r. o. Jedná se o ochranná sluchátka, která je vhodná použít při hodnotách hluku L_{Aeq} v rozmezí 87 až 98 dB.

Dalším způsobem ochrany sluchu pro obsluhu výrobních strojů je dodržování pravidelných přestávek při práci v nadměrném hluku a střídání pracovníků obsluhy hlučných strojů. Všechny uvedené způsoby ochrany se týkají všech pracovníků, kteří jsou hluku vystavováni denně. Tyto opatření jsou velmi důležité z hlediska zdraví obsluhy výrobních strojů.

Přehled literatury

1. NOVÝ, R. (1995). *Hluk a chvění*. 1. vyd., Praha: ČVUT, 389 s. ISBN 80-01-01306-5.
2. MIŠUN, V. (1998). *Vibrace a hluk*. 1. vyd., FSI VUT v Brně, 177 s. ISBN 80-214-1262-3.
3. HAVRÁNEK, J. a kol. (1990). *Hluk a zdraví*. 1. vyd., Praha, Avicenum, zdravotnické nakladatelství, 280 s. ISBN 80-201-0020-2.
4. SMETANA, C. a kol. (1998). *Hluk a vibrace: Měření a hodnocení*. 1. vyd., Praha: Sdělovací technika, 188 s. ISBN 80-901936-2-5.
5. JIŘÍČEK, O. (2002). *Úvod do akustiky*. 1. vyd., ČVUT Praha, 146 s. ISBN 80-01-02460-1.
6. BERANEK, L. L. (1965). *Snižování hluku*. 1. vyd., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 740 s.
7. Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. ze dne 24. srpna 2011 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In Sběrka zákonů České republiky. 2011. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272#cast2> „staženo dne: 23. 2. 2019“
8. Nařízení vlády č. 217/2016 Sb. Nařízení vlády, kterým se mění nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In Sběrka zákonů České republiky. 2016. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-217> „staženo dne: 23. 2. 2019“
9. http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf „staženo dne: 19. 3. 2019“
10. http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm „staženo dne: 19. 3. 2019“
11. <https://www.ceskaordinace.cz/ucho-ckr-955-9535.html> „staženo dne: 19. 3. 2019“
12. <https://www.bozp.cz/aktuality/hluk-na-pracovisti-ve-vztahu-k-bozp> „staženo dne: 16. 3. 2019“
13. <http://www.rodina.cz/clanek1801.htm> „staženo dne: 16. 3. 2019“

14. <http://jis.uvssr.fme.vutbr.cz/PDF/11/M%C4%9B%C5%99en%C3%AD%20hl%C4%8Dnosti%20OS.pdf>, staženo dne: 16. 3. 2019“
15. <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku> „staženo dne: 16. 3. 2019“
16. <https://www.bksv.com/en/Search?q=2270> „staženo dne: 16. 3. 2019“
17. <https://www.mondigroup.com> „staženo dne: 28. 3. 2019“
18. PAVLÍN J., CEJPEK J., BERAN V. Technická dokumentace. Česká republika: Mondy Bupak, 2018.
19. <https://www.promex.cz/ochranne-pracovni-pomucky/ochrana-sluchu-k46> „staženo dne: 28. 3. 2019“
20. http://www.uvexsafety.cz/fileadmin/editors/cz_cz/pdf/catalogue_2018/uvex_safety_catalogue_hearing_protection_2018_cz.pdf „staženo dne: 28. 3. 2019“
21. <http://www.pevi.cz/zajimavosti-z-oboru/ochrana-sluchu-na-pracovisti.html> „staženo dne: 28. 3. 2019“
22. http://www.khshk.cz/elearning/kurs2a/kapitola_19__histogram_hladin_akustickho_tlaku.html „staženo dne: 13. 4. 2019“

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Šíření zvuku od zdroje	10
Obrázek 2 - Kmitočtové a amplitudové složení lidské řeči a hudby	17
Obrázek 3 - Typický časový průběh akustického signálu a jeho ekvivalentní hladina	20
Obrázek 4 - Histogram hladin akustického tlaku akustického signálu	23
Obrázek 5 - Zvukoměr Brüel & Kjaer typ 2270-S	38
Obrázek 6 - Ušní zátky uvex xact-fit	56
Obrázek 7 - Ušní zátky uvex whisper	56
Obrázek 8 - Ušní zátky uvex xact-band	57
Obrázek 9 - Sluchátka s krčním obloukem.....	58
Obrázek 10 - Sluchátka k upevnění na ochrannou přilbu.....	58
Obrázek 11 - Sluchátka s velmi plochým mušlovým chráničem	59

Seznam grafů

Graf 1 - Měření v pracovním místě obsluhy stroje MARTIN MIDLINE 924.....	40
Graf 2 - Měření hluku stroje MARTIN MIDLINE 924 v určité vzdálenosti	40
Graf 3 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy stroje MARTIN TRANSLINE 1228.....	43
Graf 4 - Měření stroje MARTIN TRANSLINE 1228 v určité vzdálenosti	44
Graf 5 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy stroje BOBST PACIFIC 1.7	46
Graf 6 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy paletizační linky	48
Graf 7 - Měření hluku u stroje MASTERCUT 2,1	50
Graf 8 - Měření hluku v pracovním místě obsluhy zvlňovacího stroje.....	52
Graf 9 - Naměřené hodnoty hladiny hluku v odpočinkové místnosti	53

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Meteorologické podmínky v době měření hluku.....	37
--	----

Přílohy

Foto 1 - Obsluha u zvlňovacího stroje



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Foto 2 - Odpočinková místnost



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Foto 3 - Obsluha stroje PACIFIC FGL1



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)

Foto 4 - Obsluha stroje EXPERTLINE CMM3



Zdroj: (Vojta, 20. 7. 2017)