

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis, služby

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

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

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Šíření akustického tlaku od traktoru JCB Fastrac**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor bakalářské práce: Tomáš Ryšavý

České Budějovice, 2015

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš RYŠAVÝ**  
Osobní číslo: **Z12204**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Šíření akustického tlaku od traktoru JCB Fastrac**  
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V literární rešerši práce se zaměřte na:

1. Historii a vývoj traktoru JCB Fastrac z hlediska jeho konstrukčního uspořádání a hlučnosti.
2. Hluk a jeho šíření, zdroje hluku, zdroje hluku u traktorů.

V praktické části práce proveďte:

1. Charakteristiku sledovaného traktoru (technické parametry, motohodiny atd.).
2. Měření hladin hluku  $L_A$  v místě obsluhy a současně ve více vzdálenostech od stroje.
3. Měření při různých (alespoň třech) pracovních operacích.
4. Výpočet ekvivalentních hladin.
5. Vyhodnocení z hlediska ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq}$ .

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

Günther-Hansen-Veit. : Technische Akustik. Expert Verlag: Esslingen, 1989;  
Paulitz U. : 1000 traktorů. Knižní klub v Praze, 2006;  
Nový R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009;  
Smetana C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Sdělovací technika, Praha, 1998;  
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č.j. HEM -300-11.12.01-34065;  
ČSN ISO 9612 Akustika - směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000;  
Katalogy firmy

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

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

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

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

V Českých Budějovicích dne 18. března 2014

### **Prohlášení autora, souhlas s uveřejněním práce:**

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

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

V Českých Budějovicích dne 15.4.2015

.....  
podpis autora

## **Poděkování:**

Poděkování patří především paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za její cenné rady při tvorbě mé bakalářské práce. Dále své rodině, která mi velice pomohla při měření hodnot pro zpracování praktické části, a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Jaroslavu Jakešovi za možnost naměření hodnot u jeho traktoru.

## **Anotace:**

Cílem této bakalářské práce je zjistit, jak se šíří hluk od traktoru a také hlučnost uvnitř kabiny při různých operacích a následně vypočítat ekvivalentní hladiny akustického tlaku. Pro měření byl vybrán traktor JCB Fastrac 2170. V první části práce je seznámení s problematikou hluku, hluk u traktorů, dále pak vývoj traktorů Fastrac. V následující části práce jsou naměřené hodnoty pozorovaného traktoru shromážděny a vloženy do grafů. Z těchto hodnot jsou poté vypočítány ekvivalentní hladiny akustického tlaku a v závěru práce jsou tyto hodnoty zhodnoceny a porovnány.

**Klíčová slova:** traktor, JCB Fastrac, hluk, měření akustického tlaku

## **Annotation:**

The aim of the bachelor thesis is to determine the way how noise spreads from a tractor, noisiness at operator during different operations and then to enumerate equivalent sound-pressure level. The tractor JCB Fastrac 2170 was used for measurement. The first part of the thesis introduces the noise issue, noise of tractors, and then the development of Fastrac tractors. The next part of the thesis shows measured values of the observed tractor in graphs. Then equivalent sound-pressure levels are enumerated from those measured values. In conclusion, these values are evaluated and compared.

**Key words:** a tractor, JCB Fastrac, noise, measurement of sound-pressure

## Obsah

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Úvod.....  | 10 |
| 2.    | Hluk.....  | 11 |
| 2.1   | Definice hluku a jeho rozdělení.....             | 11 |
| 2.1.1 | Definice hluku.....                              | 11 |
| 2.1.2 | Rozdělení hluku.....                             | 11 |
| 2.2   | Šíření zvuku.....                                | 12 |
| 2.2.1 | Ve volném prostoru.....                          | 12 |
| 2.2.2 | V uzavřeném prostoru.....                        | 12 |
| 2.2.3 | Rychlost šíření zvuku.....                       | 13 |
| 2.3   | Zdroje hluku.....                                | 13 |
| 2.3.1 | Fyzikálně nejjednodušší zdroj hluku.....         | 13 |
| 2.3.2 | Nejčastější zdroje hluku.....                    | 14 |
| 2.4   | Zdroje hluku u traktoru.....                     | 14 |
| 2.4.1 | Hlučnost valivých ložisek.....                   | 14 |
| 2.4.2 | Hluk ozubených převodů a převodových skříní..... | 15 |
| 2.4.3 | Hluk spalovacích motorů.....                     | 16 |
| 2.4.4 | Hluk od pneumatik.....                           | 18 |
| 2.5   | Hluk v kabině traktoru.....                      | 19 |
| 2.5.1 | „Booming“ efekt v kabině:.....                   | 19 |
| 2.6   | Účinky hluku na lidský organismus.....           | 19 |
| 2.6.1 | Účinku hluku.....                                | 19 |
| 2.7   | Metody snižování hluku.....                      | 21 |
| 2.7.1 | Redukce hluku ve zdroji.....                     | 22 |
| 2.7.2 | Metoda dispozice.....                            | 22 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 2.7.3 | Metoda izolace .....  | 23 |
| 2.7.4 | Metoda prostorové akustiky.....   | 23 |
| 2.7.5 | Metoda používání ochranných pomůcek .....   | 23 |
| 3.    | Historie a vývoj.....   | 24 |
| 3.1   | Historie firmy JCB .....  | 24 |
| 3.2   | Historie traktorů Fastrac .....   | 25 |
| 3.3   | Vývoj traktorů Fastrac z hlediska konstrukčního uspořádání .....  | 26 |
| 3.3.1 | Modelová řada 100.....  | 26 |
| 3.3.2 | Modelová řada 1100.....   | 27 |
| 3.3.3 | Modelová řada 2000.....   | 28 |
| 3.3.4 | Modelová řada 3000.....   | 29 |
| 3.3.5 | Modelová řada 8000.....   | 30 |
| 3.3.6 | Modelová řada 7000.....   | 31 |
| 3.3.7 | Modelová řada 4000.....   | 31 |
| 3.4   | Vývoj z hlediska hlučnosti .....  | 32 |
| 4.    | Cíl práce .....   | 33 |
| 5.    | Metodika měření .....   | 34 |
| 6.    | Měření hluku v kabině obsluhy a zároveň ve více vzdálenostech od stroje při třech různých operacích. .... | 36 |
| 6.1   | Charakteristika měřeného traktoru .....   | 36 |
| 6.2   | Měření hluku při sečení .....   | 38 |
| 6.3   | Měření hluku při lisování .....   | 40 |
| 6.4   | Měření hluku při orbě.....  | 42 |
| 6.5   | Měření hluku v kabině traktoru .....  | 44 |
| 6.6   | Výpočet akustického tlaku pro libovolnou vzdálenost od výfuku .....                                       | 47 |
| 7.    | Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A .....  | 48 |



|     |   |    |
|-----|---|----|
| 7.1 | Ekvivalentní hladina akustického tlaku A..... | 48 |
| 7.2 | Vypočtené hodnoty.....                        | 49 |
| 8.  | Závěr .....                                   | 50 |
| 9.  | Seznam použitých zdrojů .....                 | 53 |

# 1. Úvod

Tato bakalářská práce se v první části zabývá historickým vývojem traktorů (tzv. systémových nosičů) značky JCB s označením Fastrac, následující část práce je zaměřena na problematiku hluku.

V dnešní moderní době se s akustickým tlakem setkáváme prakticky každý den, ať už je to například na pracovišti, po cestě na nákup, při běžné konverzaci, apod. Podle velikosti se hluk dělí na pásma. Tato pásma nám určují, jestli má daný hluk vliv na lidský organismus, nebo zda je dokonce nebezpečný. Hlukem označujeme zvuk, který je pro náš sluch nežádoucí. Tato bakalářská práce by měla problematiku hluku přiblížit.

Pro řidiče traktorů je hluk na jejich denním pořádku. V dřívější době, kdy byly obsluhovány starší stroje, se hluk v jejich kabinách pohyboval v hodnotách i nad 80 dB, což mohlo být pro obsluhu nepříjemné a dokonce i nebezpečné. V té době se ale na následky spíše nehledělo. Postupem času docházelo k modernizaci a při snižování hygienických norem hluku byli výrobci nuceni hluk v kabinách pomocí tlumicích materiálů snižovat.

Sbírka zákonů č. 272/2011 udává maximální přípustnou hodnotu ekvivalentní hladinu akustického tlaku pro obsluhu na pracovišti 85 dB a to maximálně po dobu 8 hodin. V dnešní době se u moderních traktorů pohybuje hladina akustického tlaku většinou pod hodnotou 80 dB. V praktické části této bakalářské práce se lze dozvědět více, jak o hluku v kabině, tak i o šíření hluku od traktoru značky JCB Fastrac 2170 při různých operacích.

## 2. Hluk

### 2.1 Definice hluku a jeho rozdělení

#### 2.1.1 Definice hluku

Hlukem rozumíme každý zvuk, který svou intenzitou nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka nežádoucími, nepříjemnými nebo škodlivými účinky. Hluk se z hlediska ohrožení člověka řadí ihned za znečištění ovzduší a ochranu povrchových vod. Hluk působí negativně na kvalitu spánku. Obecně způsobuje rozmrzelost, zhoršení sociálního chování a snižování psychického výkonu. Při svém dlouhodobém působení způsobuje stres, únavu, nespavost a lze ho považovat za potenciálního patogenního činitele, který může ovlivnit zvýšený výskyt dalších nemocí. Většinu hluku způsobuje doprava a to 85-90%. ([www.fyzika.fce.vutbr.cz](http://www.fyzika.fce.vutbr.cz))

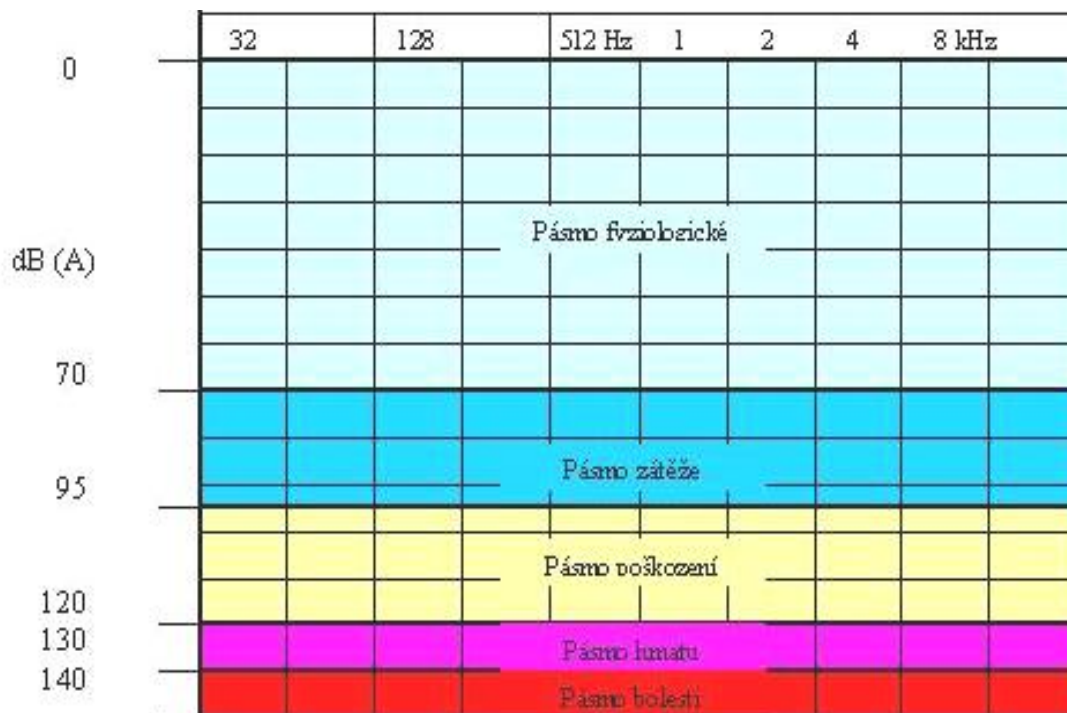
#### 2.1.2 Rozdělení hluku

Podle časového průběhu a kmitočtového složení:

- Hluk ustálený – takový hluk, jehož hladina nevykazuje změny o více než 5 dB
- Hluk proměnný – má větší změny intenzity než 5 dB
- Hluk impulsní – tvořen jednotlivými impulsy nebo sledem impulsů 1 až 200 ms dlouhých, s intervaly mezi pulsy delšími než 10 ms
- Hluk vysokofrekvenční – může být způsoben neakustickými rušivými vlivy (vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole atd.) ([www.envi.upce.cz](http://www.envi.upce.cz))

Podle pásem:

- Pásmo fyziologické do 69 dB
- Pásmo zátěže 70 až 94 dB
- Pásmo poškození 95 až 119 dB
- Pásmo hmatu 120 až 129 dB
- Pásmo bolesti 130 dB a více ([www.envi.upce.cz](http://www.envi.upce.cz))



Obrázek č. 1 Rozdělení hluku dle pásem

Zdroj: <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>

## 2.2 Šíření zvuku

### 2.2.1 Ve volném prostoru

Zvuk se šíří ze zdroje pouze pružným látkovým prostředím libovolného skupenství. Nejčastěji se jedná o vzduch, kde se šíří jako podélné postupné vlnění. Dochází k periodickému stlačování a rozpínání vzduchu, což se projeví periodickými změnami tlaku vzduchu. Ve všech prostředích se zvuk šíří jako postupné podélné vlnění, i když v pevných látkách může vznikat vlnění příčné, které má ale jinou rychlost. Dobrymi vodiči zvuku jsou například beton, ocel a sklo. ([www.fyzika.jreichl.com](http://www.fyzika.jreichl.com))

### 2.2.2 V uzavřeném prostoru

Ze zkušenosti víme, že mluvené slovo je v uzavřené místnosti silnější a srozumitelnější, než v exteriéru, stejně tak i hudba daleko lépe vyzní v uzavřeném prostoru než venku. Podle zvuku i zkušený herec nebo hudebník okamžitě pozná,

v jakém prostoru se ocitl. Důvodem je skutečnost, že zvuk vycházející ze zdroje zvuku se mnohonásobně odráží od stěn a předmětů v místnosti a více či méně rovnoměrně vyplní celý prostor. Ztráty energie únikem do prostoru jsou tedy menší než venku, a proto vnímáme zvuk v uzavřeném prostoru s větší hlasitostí. Ve většině případů je existence odrazu zvuku v místnosti na poslech příznivá, jsou ale i extrémní případy, kdy odrazy poslech zhoršují. (www.fyzika.jreichl.com)

### **2.2.3 Rychlost šíření zvuku**

V kapalinách a pevných látkách je velikost rychlosti zvuku větší než ve vzduchu. Velikost rychlosti šíření zvuku v daném materiálu závisí jednak na hustotě daného materiálu, ale také na jeho pružnosti. Pružnost je přitom ovlivněna velikostí vazebních sil, kterými jsou jednotlivé molekuly materiálu k sobě vázány. Šíření zvuku je ovlivněno i překážkami, na něž zvukové vlnění dopadá – projevuje se odraz i ohyb zvukového vlnění. Zvláštním případem odrazu zvuku od rozlehlé překážky (skalní stěna, velká budova, apod.) je ozvěna. Ta je důsledkem vlastnosti lidského sluchu, kterým rozlišíme dva po sobě následující zvuky, pokud mezi nimi uplyne doba alespoň 0,1s. To je zhruba doba, kterou potřebujeme k vyslovení jedné slabiky a za kterou zvuk urazí (ve vzduchu) zhruba 34 metrů, to je 17 metrů k překážce a 17 metrů zpět k pozorovateli. Pokud je pozorovatel (mluvčí) vzdálen od překážky 17 metrů, vzniká jednoslabičná ozvěna, při vzdálenosti větší může vznikat i ozvěna víceslabičná. (www.fyzika.jreichl.com)

## **2.3 Zdroje hluku**

### **2.3.1 Fyzikálně nejjednodušší zdroj hluku**

Ve volném prostoru se vytváří různá typická zvuková pole podle typu zdroje hluku. Fyzikálně nejjednodušším zdrojem hluku je pulzující koule. Takovýto zdroj se nazývá monopól, unipól nebo kulový zářič. Pulzující koule vyzařuje akustickou energii do všech směrů se stejnou amplitudou a fází, a vytváří tak zvukové pole kulových vln. Akustická intenzita klesá s druhou odmocninou vzdálenosti  $l$  [m] od zdroje, akustický tlak v poli kulových vln klesá úměrně se vzdáleností.

Jako kulový zářič se chová většina zdrojů hluku. Ve větší vzdálenosti se tak chovají i celé “soustavy” zdrojů hluku, tzn. celé stroje, a ve vzdálenostech relativně k rozměrům i například celá továrna. (Smetana, 1998)

### **2.3.2 Nejčastější zdroje hluku**

Nejčastějšími zdroji hluku jsou:

- doprava
- průmysl
- stavební činnost
- hlasitá hudba
- hluk spojený s bydlením, rekreační hluk

Ve velkých městech je jednoznačně nejvýznamnějším zdrojem nadměrného hluku, působícího na velký počet obyvatel, doprava (v převážné většině automobilová).

Hluk spojený s bydlením (např. domácí spotřebiče) nebo hudební hluk si buď způsobuje člověk sám, nebo mu je vystaven jen krátkou dobu. Hluk ze stavební činnosti může být nepříjemný, ale trvá jen po dobu stavby. Hluk z dopravy je ale něco zcela jiného. V postižených oblastech působí bez přestání celý rok a ti, kteří bydlí poblíž frekventované silnice se hluku z dopravy nevyhnou a může to mít nepříznivý vliv na jejich zdraví. ([www.ptbpconzult.cz](http://www.ptbpconzult.cz))

## **2.4 Zdroje hluku u traktoru**

### **2.4.1 Hlučnost valivých ložisek**

Snaha konstruktérů stále zvyšovat kvalitativní a ekonomické ukazatele strojních zařízení vede k neustálému zvyšování výkonu strojů při současném snižování jejich váhy. To znamená, že konstruktéři zvyšují výkon především pomocí zvyšování otáček. U vysokootáčkových strojů značná část příkonu připadá na mechanické ztráty. Praxe prokázala, že značný podíl na hlučnosti mají nedokonalá valivá ložiska. (Nový, 2009)

#### Příčiny hluku valivých ložisek lze shrnout do několika bodů:

- Vinou výroby mají oběžné dráhy a valivá tělesa ložisek odchylky od ideálního geometrického tvaru. Při vzájemném pohybu jednotlivých elementů ložiska potom vznikají mechanické rázy, které můžeme považovat za nežádoucí hluk.
- Prokluz, který je průvodním jevem nedokonalého odvalování.
- Vnitřní nevyvážené hmoty v ložisku, které při vysokých otáčkách působí velké dynamické budící síly.
- Uložení ložisek. Vzhledem k tomu, že ložiska jsou poměrně malého rozměru, což má vliv na malý činitel vyzařování, připadá značná část akustické energie na sekundárně vyzařovanou složku z okolní konstrukce. Účinným zdrojem hluku se ložisko může stát pouze tehdy, když je dokonale mechanicky vázáno s konstrukcí stroje. Chvění se potom přenesou do tyčí a desek, které v důsledku svých větších rozměrů mohou vyzařovat akustickou energii do okolí. (Nový, 2009)

#### **2.4.2 Hluk ozubených převodů a převodových skříní**

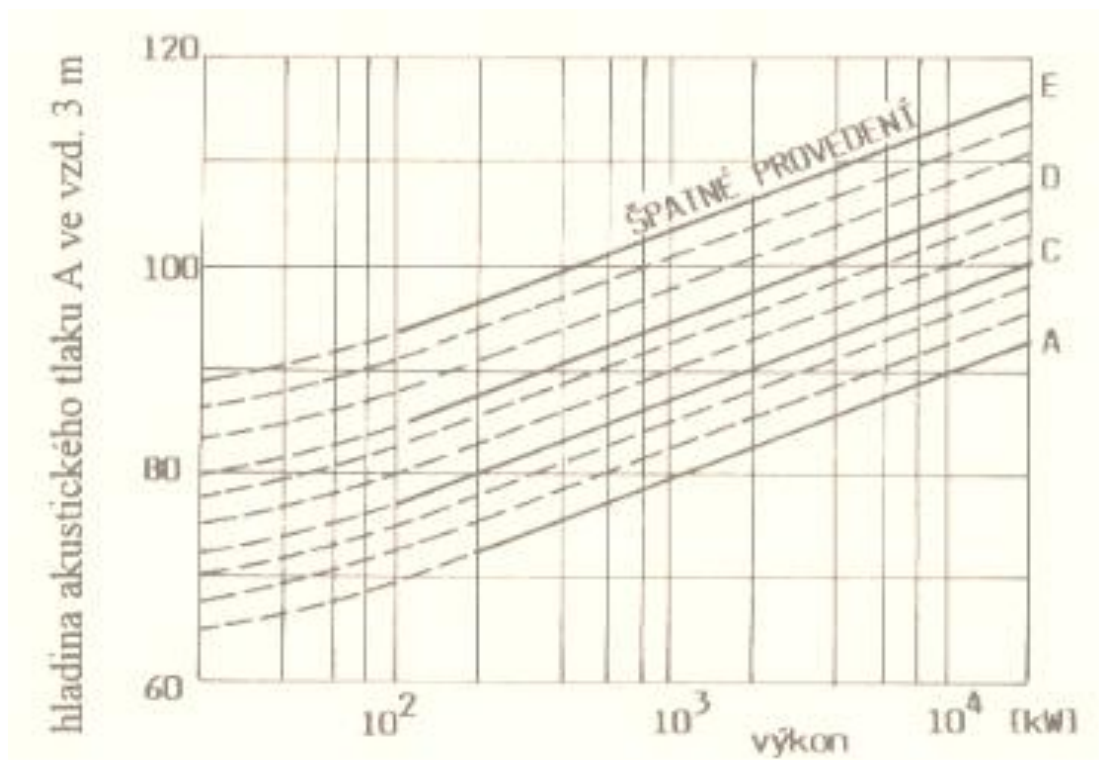
Dynamické síly vznikají postupným záběrem jednotlivých zubů a rozechvívají jednotlivé části převodovky. Chvění přenesené zejména na její plášť je potom intenzivně vyzařováno do okolních přístrojů a do okolního prostředí. Z principu ozubených převodů vyplývá, že nelze zcela zamezit vzniku rázů při záběru jednotlivých zubů.

##### Způsoby snížení hlučnosti ozubených převodů:

- U ozubení se zmenšují záběrové rázy zvětšením poddajnosti zubů drážkami ve věnci kola.
- Zmenšením vůlí v mechanismu lze významně snížit rázy.
- Použitím vhodného mazacího prostředku se často sníží hluk o 4 až 6 dB.
- Kladeným požadavkům vyhovují kola se šikmým ozubením. Časovým průběhem sil působících v ozubení je pozvolný a plynulejší než u přímých zubů. Zmenšuje se taky vliv nepřesnosti, neboť u kol se šikmým ozubením je více zubů v záběru.

V praxi se ukazují šikmá ozubení o 5 dB méně hlučná, než ozubení s přímými zuby. Na hluk má také značný vliv obvodová rychlost kol.

Problémem protihlukových úprav převodových skříní se zabýval Welp. Teoretické řešení je ale velice složité a nedá se pro praktický návrh použít. Patrný vliv na snížení hluku má žebrování na převodových skříních oproti skříním bez žebrování. Závažný je i vliv místa působení budící síly, který při nesprávném umístění působí zvýšení hluku až o 6 dB. (Nový, 2009)



Obrázek č. 2 Hladina zvuku ve vzdálenosti 3 m od převodovky podle způsobů provedení – Třídy kvality převodových ústrojí podle VDI 2155 (A – extrémně dobré provedení, C – vysoké výrobní náklady, D – normální výrobní náklady, E – špatné provedení)

Zdroj: Hluk a chvění (Nový, 2009)

### 2.4.3 Hluk spalovacích motorů

Spalovací motor je mechanická soustava několika na sobě závislých systémů začleněných do jednoho tělesa – bloku motoru. Zdroje hluku spalovacího motoru můžeme rozdělit do tří základních skupin z hlediska jejich vzniku. (www.vutbr.cz)



### Hluk tvořený termodynamickým cyklem:

Pístový spalovací motor s vnitřním spalováním využívá chemickou energii obsaženou v uhlovodíkovém palivu, a to tak, že v uzavřeném prostoru válce motoru dochází k hoření, a tím následně i ke zvýšení teploty a tlaku v daném místě. Velký nárůst tlaku plynů ve válci je dán zapálením směsi vzduchu a odpovídajícího množství paliva. Tato směs je stlačena pohybem pístu do horní úvrati a dále pak zapálena (u vznětových motorů se sama vznítí nárůstem teploty). Tím dochází k ještě razantnějšímu nárůstu tlaku plynů a vývinu tepla. Rychlé zvýšení tlaku je také doprovázeno hlukem. (www.vutbr.cz)

### Hluk proudění plynů a kapaliny:

Ve spalovacích motorech proudí také kapaliny, jedná se o chladicí kapalinu a mazací olej, které protékají spalovacím motorem a jeho příslušenstvím a jsou také zdrojem vibrací a hluku. Při výměně směsi ve válci proudí vzduch a výfukové plyny potrubím a hlavou válce a tím přispívají k celkovému hluku.

Jako nejvýznamnější se jeví hluk odcházejících výfukových plynů z válce motoru ihned po otevření výfukového ventilu. Tehdy dochází k prudkému poklesu tlaku ve válci. Důvodem je otevření výfukového ventilu před dokončením expanzního zdvihu. Příčinu představuje především využití tlakové energie zbylé na konci expanzního zdvihu pro rychlejší odvod spalin z válce. Tento hluk je podstatně snížen tlumiči hluku umístěnými ve výfukovém potrubí. Hluk, který tvoří vzduch nasávaný do válců, je účinně tlumen vhodnou volbou objemů, průřezů a celkovou stavbou sacího traktu spalovacího motoru. Chladicí kapalina, která prochází nuceně motorem, svým prouděním vytváří také vibrace a hluk. Z hlediska diagnostiky mechanických vad motorů se jeví hluk proudění chladicí kapaliny jako nepodstatný. (www.vutbr.cz)

### Hluk mechanických podnětů

Interakce kovových ploch mezi sebou při chodu způsobuje vibrace, které se šíří motorem a jsou vyzářeny do okolí jako hluk. Rozruch se šíří tuhou strukturou bloku motoru a hlavou válce.

### Příklady jednotlivých zdrojů hluku motoru za chodu:

- Dosednutí ventilů do sedel při jejich zavírání.
- Vymezování vůle ventilového rozvodu při otevírání ventilů (jak sacího, tak výfukového ventilu).
- Pohyb pístních kroužků v drážce pístu.
- Klopení pístu v úvratích vratného pohybu.
- Vymezování vůle v uložení pístního čepu.
- Vymezování vůle v uložení hlavního ojničního ložiska.
- Tření vačky po kontaktní ploše ventilového zdvihátka.
- Hluk kluzných ložisek (hlavní ložiska klikového hřídele).
- Olejové čerpadlo.
- U vznětových motorů palivové čerpadlo.
- Vstřikovače paliva. ([www.vutbr.cz](http://www.vutbr.cz))

### **2.4.4 Hluk od pneumatik**

Míru hluku vznikajícího na povrchu komunikace určuje struktura vozovky a vzorek pneumatik. „Protihlukový“ povrch vozovky může teoreticky snížit hluk vznikající na vozovce o polovinu až tři čtvrtiny oproti běžnému asfaltovému povrchu. Optimálního snížení hluku je pak dosaženo použitím tichých pneumatik na protihlukové vozovce. Dvouvrstvý porézní povrch vozovky (který může být vyroben z recyklovaných pneumatik) může dosáhnout snížení 12 dB oproti běžnému povrchu. Některé země, jako jsou například Dánsko, Německo a Japonsko již vyvíjejí tišší povrchy vozovek, které zároveň splňují nároky na cenu, bezpečnost a trvanlivost.

Hluk z motoru převažuje při nižších rychlostech vozidel a to do 30 km.h<sup>-1</sup> u osobních a do 50 km.h<sup>-1</sup> u nákladních. Při vyšších rychlostech dominuje hluk pneumatik. Pro emise celkového hluku z vozidel platí v EU limit 74 dB pro osobní a 80 dB pro nákladní automobily. ([www.hluk.eps.cz](http://www.hluk.eps.cz))

## 2.5 Hluk v kabině traktoru

Kabina tvoří pracovní prostředí obsluhy a kvalita jeho řešení ovlivňuje pracovní nasazení řidiče a nesporně i jeho zdraví.

Hluk a jeho nepříznivé účinky se projevují například na soustředěnosti, únavě, poruchách spánku a nedoslýchání člověka. Předpisy rozeznávají vnitřní a vnější hlučnost. Vnitřní hlučnost nemá přesáhnout 90 dB, respektive 86 dB v závislosti na metodice měření. Vnější hlučnost je limitována 89 dB u traktorů nad 1,5 t. Hodnoty hladiny vnitřního hluku se u moderních traktorů pohybují pod 80 dB. (Bauer, 2006)

### 2.5.1 „Booming“ efekt v kabině:

Mezní velikost permanentního hluku ohrožující zdraví lidského ucha je 85 decibelů. Kabiny moderních traktorů nabízejí prostředí s průměrnou hlučností 74 decibelů. Při rychlostech mezi 40 – 60 km.h<sup>-1</sup> se dostavuje fyzikální jev, který je popisován jako „booming noise efekt“ a dochází při něm v kabině řidiče k náhlému zvýšení hluku. Lze to přirovnat k situaci v osobním autě při rychlosti 130 km.h<sup>-1</sup>. Tento jev ovlivňuje několik faktorů. Jedním z nich je fakt, že dezénové figury na pneumatice při jízdě vytváří rázy, které se přenáší do kabiny řidiče ve formě vibrace. Mezi rychlostmi 40 – 60 km.h<sup>-1</sup> vzniká interakce ještě s dalšími vibracemi vytvářenými přímo traktorem, respektive jeho motorem, nebo ve spojení s tím dochází ke kritické frekvenci 110 až 120 hertzů. Následkem je ostré zvýšení hluku, které řidič vnímá jako pronikavé hučení. ([www.mechanizaceweb.cz](http://www.mechanizaceweb.cz))

## 2.6 Účinky hluku na lidský organismus

### 2.6.1 Účinku hluku

#### Účinky obtěžující:

Jsou velmi nesnadno kvantifikovatelné, protože jejich dopad se různí podle pocitů, dojmů a zdravotní dispozice osob zasažených hlukem. Také zdroje hluku

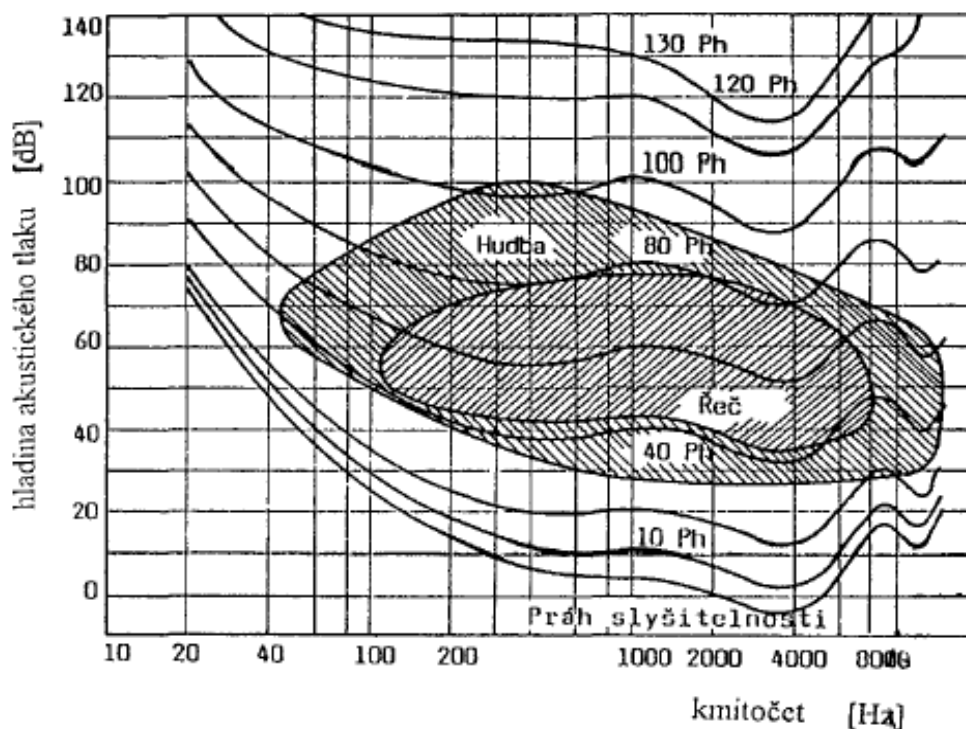
mají různý rušivý účinek, například silniční hluk je méně rušivý než hluk letecký a naopak ruší více než hluk z běžného železničního provozu. (Nový, 2009)

### Účinky škodlivé:

Jsou to účinky, které jsou vyvolány nepřijatelnou hladinou akustického tlaku.

Základem určujícím účinek hluku je jeho intenzita. Pro hodnocení hlukové expozice se používá hladina akustického tlaku korigovaná filtrem A, jehož útlumová charakteristika přibližně odpovídá citlivosti zdravého lidského sluchového orgánu. Člověk se necítí dobře v prostředí s nezvykle nízkou hladinou akustického tlaku A. Hodnoty okolo 20 dB považuje většina lidí již za hluboké ticho. Hladinu 30 dB hodnotí lidé jako příjemné ticho.

Od 65 dB výše se začínají již nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí. Při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku A přesahují 85 dB již vznikají trvalé poruchy sluchu. Současně se ve větší míře projevují účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu. (Nový, 2009)



Obrázek č. 3 Kmitočtové a amplitudové složení lidské řeči a hudby

Zdroj: Hluk a chvění (Nový, 2009)

Při 130 dB se obvykle účinky hluku mění na bolesti ve sluchovém orgánu. K protržení bubínku dochází při hladinách cca 160 dB. Určitý přehled o kmitočtových i amplitudových oblastech, například při lidské řeči či hudbě podává diagram na obrázku č. 3.

Nebezpečnost hluku spočívá v tom, že lidský organismus nemá prakticky proti působení akustických signálů významnější obranné funkce. (Nový, 2009)

**Tabulka č. 1 Příklady k určitým hladinám hluku**

|        |  |
|--------|--|
| 0 dB   | práh vnímání zvuků a bezzvukovost – nejslabší zvuk, který slyší lidské ucho  |
| 20 dB  | šeptaný hlas, zvuky v tiché knihovně   |
| 30 dB  | zahrady, tichá obydlí  |
| 40 dB  | tiché kanceláře  |
| 50 dB  | normální hovor, tiše jedoucí automobil, tiché ulice  |
| 60 dB  | středně hlučné ulice, šicí stroj, zvuky psacího stroje   |
| 70 dB  | statické (nehybné) stroje  |
| 80 dB  | auta, motocykly, hlučné ulice, posluchačem vnímaný zvuk orchestru, křik  |
| 90 dB  | hlučné křižovatky, pneumatická vrtačka, sekačka na trávu – maximálně 8 hodin denně bez následků na sluch   |
| 100 dB | v blízkosti vlaků, těžkých nákladních aut, lanovek, řetězová pila – maximálně 2 hodiny denně bez ochrany sluchu  |
| 110 dB | přádelny, hlučné dílny, uvnitř velkého orchestru, klakson auta – maximálně 15 minut denně bez ochrany a bez rizika poškození sluchu  |
| 120 dB | válcovací stolice, buchary, velmi hlučné dílny, nízko přeletující letadla, rachot hromu  |
| 130 dB | koťlární apod., ale i vypouštění páry a plynů pod tlakem   |
| 140 dB | proudová letadla, některé sirény, např. sirény námořních lodí, střelné zbraně, petardy zábavné pyrotechniky - tento hluk už způsobuje bolest a i krátká expozice může vážně poškodit sluch |
| 150 dB | některé sopečné výbuchy  |
| 160 dB | start kosmických lodí (až 200 dB)  |

Zdroj: [http://envi.upce.cz/pisprace/prezenci/27\\_08\\_3.doc](http://envi.upce.cz/pisprace/prezenci/27_08_3.doc)

## 2.7 Metody snižování hluku

Při snižování hluku je třeba se soustředit především na oblast výroby a použití strojů, kde se mohou realizovat nejúčinnější protihluková opatření.

Nejlepších výsledků se dosahuje při minimálních finančních nákladech kombinací všech dosažitelných opatření. (Nový, 2009)

### **2.7.1 Redukce hluku ve zdroji**

Tato metoda spočívá buď v úplném odstranění zdroje hluku nebo ve snižování jeho hlučnosti. Tento způsob boje s hlukem dává neúčinnější opatření, která vyžadují především mnohem nižší finanční náklady než opatření dodatečná. Metodu redukce hluku přímo ve zdroji je možno uplatňovat při konstrukci a stavbě strojů, technologických a dopravních zařízení, dopravních prostředků atd. Například u některých pneumatických strojů se podařilo tlumením vibrací snížit vyzařování hluku. Na jiných strojích to mohou být různé jiné úpravy jako tlumení sání a výfuku kompresorů a spalovacích motorů nebo i nahrazení určitého technologického úkonu jiným méně hlučným.

Bohužel není možné za současné situace poznání v oboru technické akustiky navrhovat stroje a strojní zařízení zcela bezhlučná, což by ani nebylo v mnoha případech žádoucí, protože zvuk vyzařovaný strojním zařízením může sloužit k indikaci technického stavu stroje. Je proto nutné používat i další, možno říci sekundární opatření. (Nový, 2009)

### **2.7.2 Metoda dispozice**

Je založena na vhodném situování hlučných strojů a zařízení, respektive celých hlučných prostorů od chráněných a méně hlučných. Je na to třeba pamatovat zejména při územním plánování, projekci průmyslových závodů, letišť, dopravních tepen a to tak, aby hlučné provozy a stroje nepříznivě neovlivňovaly akustickou pohodu v chráněných prostorech, jako jsou například sídliště, nemocnice, školská zařízení, jesle, rekreační oblasti apod.

Uvnitř budov to znamená situovat chráněné místnosti na straně odlehlé od místností, v nichž jsou zdroje hluku, pokud nejsou dostatečně izolovány jak proti šíření hluku vzduchem, tak i konstrukcí stavby. (Nový, 2009)

### **2.7.3 Metoda izolace**

Spočívá ve zvukovém odizolování hlučného stroje, zařízení nebo celého hlučného prostoru od prostoru chráněného. Této metody využívá především stavební akustika, která se zabývá výpočtem, navrhováním a stavbou zvukoizolačních příček, stropů, krytů apod.. Ve strojírenství se často v případech, kdy již není jiných možností snížení hlučnosti přímo ve zdroji, dávají hlučné stroje pod zvukoizolační kryty nebo zákryty, jejichž hlavním účelem je zamezit šíření hluku do okolního prostoru. (Nový, 2009)

### **2.7.4 Metoda prostorové akustiky**

Tato metoda využívá zejména zvukové pohltivosti, což je vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž úkolem je pohlcovat akustickou energii a přeměňovat ji na teplo. Této metody se využívá při snižování hlučnosti uvnitř místností a v určitých akusticky náročných prostorech. (Nový, 2009)

### **2.7.5 Metoda používání ochranných pomůcek**

Spočívá v používání osobních ochranných pomůcek a uplatňuje se teprve tehdy, jestliže předcházející uvedené metody nebylo možno z určitých důvodů použít, nebo nedosahují-li dostatečného snížení hlukové expozice člověka. V těchto případech musí pracovník používat osobní ochranné pomůcky, jako jsou různé tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče a přilby. V některých případech je poslední možností jak omezit hlukovou expozici pracovníka zkrácením jeho pracovní doby v hlučném prostředí.

Nejllepších výsledků při snižování hlučnosti se dosáhne při využití vhodné kombinace všech uvedených metod. Přednostně je třeba využívat ty metody, které při daném řešeném problému dávají nejvyšší snížení hlučnosti a přitom jsou cenově dostupné. Méně účinné způsoby snižování hluku často mohou být vypuštěny z navrhovaných opatření, umožní-li pouze řádově nižší útlumy hluku. (Nový, 2009)

## **3. Historie a vývoj**

### **3.1 Historie firmy JCB**

Historie firmy JCB se píše od roku 1945, kdy si mladý muž Joseph Cyril Bamford (pan JCB) splnil svůj sen a ve své malé pronajaté garáži (3,6 x 4,5 m) vyrobil svůj první výrobek a to sklápěcí zemědělský přívěs z kovového odpadu pomocí svářecí sady. Dnes je JCB v soukromém vlastnictví rodiny Bamfordů a předseda, Sir Anthony Bamford, je nejstarším synem pana JCB. Řízení firmy převzal v lednu 1976 ve věku 30 let. Pan JCB zemřel 1. března 2001 ve věku 84 let.

Na počátku se rozrůstající firma zaměřovala na první hydraulicky sklápěné přívěsy. Prvním produktem, který nesl JCB logo, známé v dnešní době, byl v roce 1953 traktor-bagr.

V 60. letech JCB představilo slavný stroj 3C, jehož se v roce 1964 prodalo přes 3000 kusů. Joe byl výborným obchodníkem, navštívil osobně každého kupujícího nového 3C a sám jej prezentoval.

V 70. letech přichází na trh teleskopický manipulátor a na počátku let 90. je to první Fastrac.

V roce 2003 JCB oznámilo velkou investici do rozvoje a výroby vlastních motorů. Nová firma JCB Power Systems Ltd začala vyrábět motory 1.1.2005 v nové továrně v Derbyshire v Anglii.

V roce 2006 vyrobila firma JCB rychlostní vozidlo JCB Dieselmax, které bylo poháněno dvěma dieslovými motory a dosáhlo rychlosti 563,418 km.h<sup>-1</sup>.

V současné době firma působí na všech šesti světadílech a vyrábí ve 20 – ti závodech ve Velké Británii, Brazílii, Německu, Číně, Severní Americe a Indii. Má více než 2000 prodejců a skladů prodávajících a podporujících její výrobky ve více než 150 - ti zemích a může se pochlubit jedním z nejlepších vývojových zařízení na světě. ([www.fastrac.cz](http://www.fastrac.cz))



## 3.2 Historie traktorů Fastrac

V roce:

- 1991 byl vyroben první prototyp traktoru a poté byla zahájena výroba traktorů řady Fastrac 100
- 1993 dochází k rozšíření traktorů modelové řady 100
- 1995 došlo k zahájení výroby menší řady Fastrac 1100 s rychlostí do 50 km.h<sup>-1</sup>
- 1996 uveden na trh model Quadtronic s řízením všech kol (4WS)
- 1997 rozšíření modelové řady 1100
- 1998 nová modelová řada Fastrac 2000/3000 nahradila řadu 1100/100
- 2000 uvedena na trh mokrá spojka v olejové lázni Smoothshift
- 2001 se začaly na traktory montovat brzdy se systémem ABS, které byly dostupné pro všechny řady
- 2002 nová modelová řada 3000 s novým motorem a vyššími výkony
- 2003 nová modelová řada 2000, nový motor a vyšší výkony
- 2005 zahájení výroby modelu Fastrac 8250 s motorem Cummins 8,3 l a převodovkou V – Tronic
- 2006 zahájení výroby modelů Fastrac 3200 a 3230 s motorem Cummins 6,7 l
- 2007 zahájení výroby modelů Fastrac 2155 a 2170
- 2008 zahájení výroby modelů řady Fastrac 7000 a u modelu 8250 proměna konstrukce
- 2010 zahájení výroby modelů řady Fastrac 3000 Xtra s převodovkou P – Tronic
- 2011 zahájení výroby modelů řady Fastrac 8000 a nových motorů řady 3000 Xtra
- 2014 přichází na trh nová modelová řada Fastrac 4000 s motorem Sisu 66AWF (Jirků, in verb, firemní dokumentace)

### 3.3 Vývoj traktorů Fastrac z hlediska konstrukčního uspořádání

#### 3.3.1 Modelová řada 100

První traktory Fastrac byly osazeny 6ti válcovým motorem Perkins serie 1000 o objemu válců 6 litrů. Dodávány byly 2 typy a to s označením 1006 – 6 YA atmosférický, nebo s označením 1006 – 6T YB přeplňovaný turbodmychadlem.

Převodové ústrojí je 6ti stupňové manuální se 4 měnitelnými režimy a to H – high, M – medium, L – low a R – reverse. Možnost řazení rychlostních stupňů je 36 vpřed a 12 vzad.

Tyto traktory se dodávaly o s označením 125, 130, 145 a 150, výkonem 92, 95,5, 107 a 110 kW s maximální rychlostí 30, 40, 55 a 65 km.h<sup>-1</sup>.

Přední odpružení je řešeno pomocí vinutých pružin a tlumičů a zadní náprava je odpružena hydropneumaticky. Každý ze strojů JCB Fastrac je vpředu i vzadu vybaven vnějšími kotoučovými brzdami s možností ABS.



Obrázek č. 4 JCB Fastrac 125

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=32](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=32)

O 2 roky později došlo k rozšíření výkonové řady s označení strojů 125, 135, 145, 150, 155 a 185 s výkony 92, 100, 107, 110, 114 a 136 kW, motory zůstaly stejné, pouze model se 136 kW byl osazen novým motorem s označením Cummins 6BTA 5.9 a u převodového ústrojí došlo ke změně řazení režimů H, M, L, R na elektro – pneumatické. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 5 JCB Fastrac 185 – 65

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=24](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=24)

### 3.3.2 Modelová řada 1100

Od řady 1100 se značí traktory stejně a to tak, že na prvním místě je označení modelové řady a zbylá čísla značí výkon traktoru v koňských silách.

U modelů Fastrac 1115 a 1135 zůstává konstrukce stejná, jako u řady 100, používaný motor je Perkins 1006 – 6T, jediným rozdílem je zmenšení kabiny. Později přibyl model 1125. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 6 JCB Fastrac 1135

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=20](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=20)

### 3.3.3 Modelová řada 2000

Po modelové řadě 1100 přišlo rozdělení traktorů na 2 samostatné skupiny a to na malé s menší kabinou a velké s větší kabinou. První skupinou jsou malé traktory s menší kabinou a označovány jako modelová řada 2000. Tyto modely jsou osazeny motorem Perkins 1006 – 6T HR3.

První modely řady 2000 vyráběny s označením 2115, 2125, 2135, 2150. Později se do modelu 2150 začaly montovat motory Perkins 1006 – 6T WHR, které mají oproti předchozímu typu možnost chlazení turbodmychadlem nasávaného vzduchu. Konstrukce podvozku zůstává stejná jako u předchozích modelů.

Po několika letech vývoje motory Perkins nahradily nové motory Cummins QSB 5.9 Tier 2 a Cummins QSB 6.7 Tier 3, které mají vyšší výkon a plní emisní normu Tier. Mění se označení strojů na 2140, 2155 a 2170.

Používané převodové ústrojí u této modelové řady je Smoothshift – vícelamelová mokrá spojka v olejové lázni s třístupňovým násobičem točivého momentu ve variantách Selectronic, nebo Autoshift. Počet řazených rychlostí vpřed je 54 a vzad 18. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 7 JCB Fastrac 2155

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99  
& Itemid=136&limitstart=8](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=8)

### 3.3.4 Modelová řada 3000

Druhou samostatnou skupinou, která přišla po modelové řadě 2000 jsou velké traktory s větší kabinou označovány jako modelová řada 3000.

První modely této modelové řady jsou osazeny motory Cummins 6BTA s objemem válců 5,9 litru. Označení strojů je 3155 a 3185.

Zanedlouho dochází k navýšení výkonu u modelů 3170, 3190, 3220. Tyto modely jsou poháněny motorem Cummins s označením QSB a objemem válců 5,9 l, který plní emisní normu Tier 2. Převodové ústrojí u těchto modelů zůstává stejné, jako u modelové řady 2000.

Po motoru Cummins QSB 5.9 Tier 2, jsou do traktorů řady 3000 montovány motory Cummins s označením QSB 6.7, které plní emisní normu Tier 3. Převodové ústrojí a odpružení náprav zůstává stejné. Traktory jsou označeny 3200 a 3230.

Posledními traktory v této řadě jsou modely 3200 a 3230 s označením XTRA. Prvními motory v těchto traktorech byly Cummins QSB 6.7 a dalšími byly SISU Power 74 AWI, které plní emisní normu Tier 4. Modely s označením XTRA mají převodové ústrojí označované jako P – tronic, které je vyvinuté a vyrobené společností JCB. Jedná se o převodové ústrojí Powershift u kterého je možnost řazení 24 převodových stupňů vpřed a 9 vzad plně pod zatížením. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 8 JCB Fastrac 3230

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=4](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136&limitstart=4)

### 3.3.5 Modelová řada 8000

V první fázi modelové řady 8000 jsou vyráběny stroje, které jsou postavené na novém prostorovém rámu. Traktory mají označení 8250 a motor Cummins QSCT s objemem 8,3 l, plnicí emisní normu Tier 3. Traktory mají prostornější kabinu.

Převodové ústrojí tohoto modelu je V – tronic. Vario s označením ML 200 CVT s plynulou změnou převodového poměru, kterou je možno ovládat a programovat na dotykové obrazovce uvnitř kabiny. Převravní rychlost je 65 km.h<sup>-1</sup>.

Odpružení náprav se oproti předešlým řadám nemění, ale jsou zaměněny kola a to za kola většího průměru.

V druhé fázi přichází Fastrac s označením 8250 II, který má shodné parametry s modelem 8250, ale s tím rozdílem, že má kabinu posunutou mírně dozadu a zadní kolo větší než přední, to umožňuje větší zatížení zadní nápravy.

Třetí fáze modelové řady 8000 přináší modely 8280 a 8310. Konstrukčně jsou shodné s modelem 8250 II. Modely jsou osazeny motorem SISU s označením AWI – IV – 3B s objemem 8,4 l a použitím systému SCR, které plní emisní normu Tier 4. Mění se pojezdová rychlost na 70 km.h<sup>-1</sup>. Převodové ústrojí zůstává V – tronic. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 9 JCB Fastrac 8310

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136)

### 3.3.6 Modelová řada 7000

Traktory modelové řady 7000 se svým vzhledem nejvíce podobají konvenčním traktorům. Vyrábí se s označením 7170, 7200, 7230, 7270. Dodávány jsou do nich motory jako u řady 2000, nebo 3000 a to Cummins QSB s objemem válců 6,7 l a plněním emisní normy Tier 3. Traktory jsou nově odpruženy stejně jako vzadu, tak i vpředu hydropneumatically. Pojezdová rychlost je 70 km.h<sup>-1</sup>. Převodové ústrojí u této řady je P – tronic s ovládáním pomocí joysticku. Nabízí 24 rychlostních stupňů řazených pod plným zatížením ve čtyřech skupinách pomocí 6ti lamelových spojek. Stroj je vybaven větší, prostornější kabinou. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 10 JCB Fastrac 7270

Zdroj: [http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136](http://www.agro-techweb.cz/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=99&Itemid=136)

### 3.3.7 Modelová řada 4000

Modely řady 4000 nahrazují modelovou řadu 2000. Označení strojů je 4160, 4190 a 4220. Do traktorů je oproti modelové řadě 2000 dodáván motor SISU 66 AWF – 4V o objemu 6,6 l, který plní emisní normu Tier 4. Motor je vybaven systémem SCR, což znamená, že do výfukového potrubí je vstřikována kapalina

s názvem AdBlue na bázi močoviny, která výrazně snižuje oxidy dusíku. Systém SCR je také použit u modelových řad 3000 Xtra a 8000.

Převodové ústrojí je Vario s označením ML 180 CVT TX. Maximální rychlost, které traktor dosahuje je  $60 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Stroj je vybaven zbrusu novou kabinou, která nabízí velký prostor, jak pro řidiče, tak i pro pasažéra a velkou výhodou je také výborný výhled z kabiny. (Jirků, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 11 JCB Fastrac 4190

Zdroj: <https://www.agriland.ie/farming-news/significant-jcb-fastrac-launch-since-1990-today/>

### 3.4 Vývoj z hlediska hlučnosti

U traktorů JCB Fastrac je odhlučnění kabiny provedeno pomocí pryžových dílců uvnitř kabiny, které se ukrývají pod plastovými dílci podlahové části kabiny. Toto umístění je velmi výhodné z toho důvodu, že na pryž nepůsobí vlhkost ani přímé sluneční záření, které by vedlo k vytvrzování a následnému zteření pryže. (www.vutbr.cz)



## **4. Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce bylo v literárním přehledu vypracovat historii a vývoj traktorů JCB Fastrac z hlediska jejich konstrukčního uspořádání a hlučnosti, dále se pak zaměřit na hluk a zdroje hluku u traktoru. V praktické části vybrat konkrétní stroj JCB Fastrac, provést charakteristiku traktoru a v místě obsluhy a vně traktoru provést měření akustického tlaku při různých (alespoň 3 pracovních operacích). Měření vně provést ve více vzdálenostech od stroje, z naměřených hodnot vypočítat ekvivalentní hladiny akustického tlaku a provést vyhodnocení.

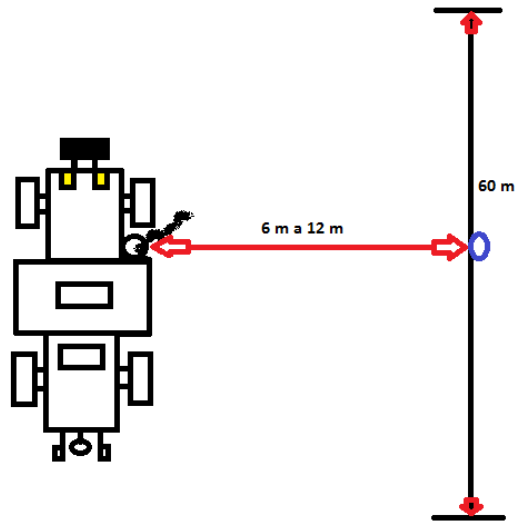
## 5. Metodika měření

Měření akustického tlaku u mnou sledovaného stroje bylo prováděno pomocí přístroje Voltcraft Plus SL-300, který má rozsah měření mezi 30 až 130dB, EN 61672 s třídou přesnosti 2. Ke kalibraci byl použit přístroj Voltcraft 326, IEC 60942:2003 s třídou přesnosti 2. Při měření byl nastaven režim FAST a rozsah měřených decibel byl mezi 50 až 100 a jednotkami měření dB (A). K dispozici byla také meteostanice, která sloužila k měření vlhkosti a teploty vzduchu.

Měření probíhalo na dráze o vzdálenosti 60 m, která byla naměřena pomocí pásma a vytyčena pomocí dřevěných kolíků. Uprostřed této dráhy, tedy ve vzdálenosti 30 m, byl umístěn hlukoměr, který byl na straně výfuku (viz. obrázek č. 12) a to z důvodu větší hlučnosti, než na druhé straně stroje. Vzdálenost hlukoměru byla měřena pomocí digitálního dálkoměru Bosch DLE 50 s přesností +/- 1,5 mm a třídou přesnosti 2.

Měření byly celkem 3 operace, k dispozici jsem měl 2 měřicí přístroje. U každé operace jsem zjišťoval hodnotu akustického tlaku v různých vzdálenostech od stroje a zároveň v místě obsluhy. Samotné měření probíhalo tak, že hlukoměr č. 1 byl umístěn ve vzdálenosti 6 m a poté 12 m na stojanu ve výšce 1 m od země a hlukoměr č. 2 byl přidržován uvnitř kabiny přibližně 20 cm od ucha obsluhy. Při měření v kabině stroje nebylo zapnuto žádné zařízení, které by ovlivnilo úroveň hluku. Naměřené hodnoty byly převedeny z měřicího přístroje do počítače a následně vyhodnoceny.

Všechny operace byly naměřeny na farmě pana Jaroslava Jakeše na Vysočině, přesněji v malebné vesničce s názvem Štítné s nadmořskou výškou 565 m n. m., poblíž Jindřichova Hradce.



Obrázek č. 12 Graficky popsany způsob měření

## **6. Měření hluku v kabině obsluhy a zároveň ve více vzdálenostech od stroje při třech různých operacích.**

### **6.1 Charakteristika měřeného traktoru**

Pro měření hluku při třech různých operacích jsem si vybral traktor JCB Fastrac 2170, který jsem měl možnost měřit na soukromé farmě pana Jaroslava Jakeše.



**Obrázek č. 13 JCB Fastrac 2170**

**Zdroj: <http://www.andymellor.co.uk/popups/view.php?ID=374>**

Traktor JCB Fastrac 2170 byl vyroben v roce 2010 a provozovatelem zakoupen v roce 2011. Po dobu jeho používání má najeto přibližně 1450 Mth.

Traktor je osazen šestiválcovým motorem Cummins QSB o objemu 6700 cm<sup>3</sup>, který je přeplňovaný pomocí turbodmyhadla s chlazením stlačeného vzduchu. Jmenovitý výkon motoru je 133/178 kW/koní při jmenovitých otáčkách motoru 2200 za minutu. Maximální točivý moment motoru dosahuje 675 Nm při 1500 ot.min<sup>-1</sup>. Převodovka JCB Smoothshift umožňuje řazení 54 rychlostních stupňů vpřed a 18 vzad, možnost manuálního řazení 6ti rychlostních stupňů, které lze regulovat třístupňovým násobičem. Maximální rychlost stroje je 60 km.h<sup>-1</sup>. Odpružení přední nápravy je řešeno pomocí vinutých pružin a hydraulických tlumičů a zadní náprava je odpružena hydropneumaticky s automatickým vyrovnáváním. Výkon hydraulického čerpadla je 99 l.min<sup>-1</sup>. Objem palivové nádrže činí 330 l a objem nádrže hydrauliky 120 l. Zvedací závěs s možností elektronického regulování tahu, polohy a sklonění, nastavení polohy pro zdvih a možností vnějšího ovládání zdvihu a sklánění, nosnost zadního závěsu činí 6000 kg. Provedení vývodové hřídele u traktoru je nezávisle s volným doběhem a brzdou, otáčky mohou být 540 za minutu při 1894 ot.min<sup>-1</sup> motoru, nebo 1000 ot.min<sup>-1</sup> při 2088 ot.min<sup>-1</sup> motoru. Brzdy jsou vnější kotoučové u všech 4 kol s možností ABS. Tyto kola jsou všechna stejně velká o rozměrech 540/65 R30. Hmotnost traktoru je 6845 kg, rozvor kol 2880 mm, rozchod kol 1830 mm, výška po střechu kabiny 2880 mm, celková šířka 2350 mm a světlá výška 410mm. (Jakeš, in verb, firemní dokumentace)



Obrázek č. 14 Odpružení přední a zadní nápravy systémového nosiče Fastrac

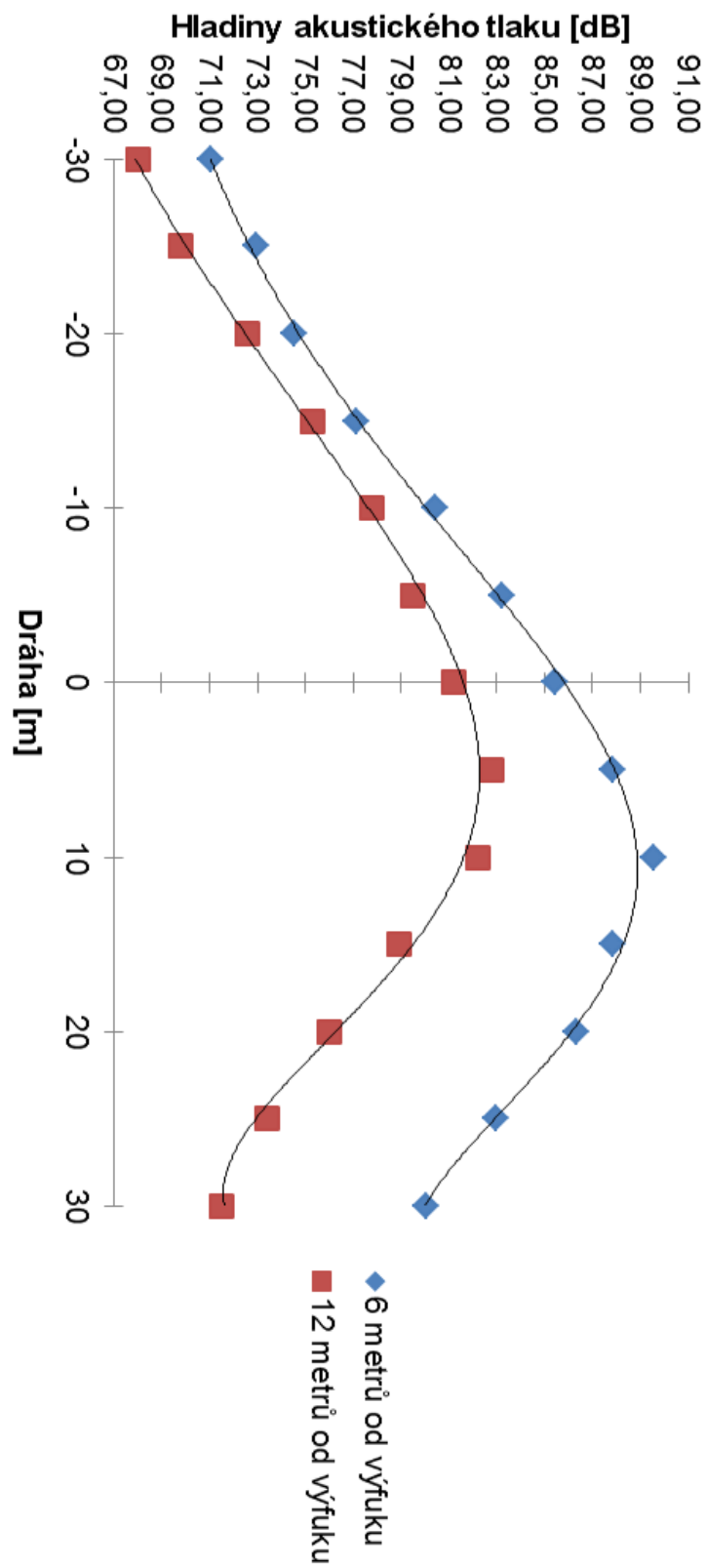
Zdroj: [http://www.fastrac.cz/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5&Itemid=3](http://www.fastrac.cz/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=3)

## 6.2 Měření hluku při sečení

Měření hluku při sečení bylo prováděno začátkem měsíce června v období prvních senáží. Kosena byla vojtěška pomocí diskového žacího stroje Pöttinger Cat Nova 310T se záběrem 310 cm s prstovým kondicionérem a pásovým dopravníkem pro odhoz píce do řádku. Otáčky traktoru se pohybovaly v těsnosti hodnoty 2000 za minutu. Vlhkost vzduchu byla 45% a teplota vzduchu 27°C. Při měření se traktor pohyboval na rovině.



Obrázek č. 15 Hlukoměr při měření v 6ti metrech u sečení



Graf č. 1 Měření akustického tlaku ve vzdálenosti 6 a 12 m od výfuku při sečení

Graf č. 1 znázorňuje průběh naměřeného hluku šířícího se od měřené soupravy při sečení. Maximální hodnota hluku v 6ti metrech je 89,5 dB a ve 12ti metrech 82,8 dB. Na grafu lze vidět, že hodnoty hluku při příjezdu soupravy k měřicímu zařízení jsou menší než hodnoty hluku po průjezdu za měřícím přístrojem a to je dáno tím, že první zdroj hluku (traktor) bránil druhému zdroji (žacímu stroji) vyzařovat akustické vlny k měřiči, při průjezdu okolo měřícího přístroje se hluk náhle zvýšil a to proto, že na měřič působily oba zdroje. Maximální hodnoty (89,5 dB) hluk dosáhl až za měřícím přístrojem a poté hluk klesal pomaleji, to bylo způsobeno tím, že žací stroj se pohyboval ve větší blízkosti měřícího přístroje než traktor a jeho žací ústrojí bylo umístěno vzdáleně za traktorem.

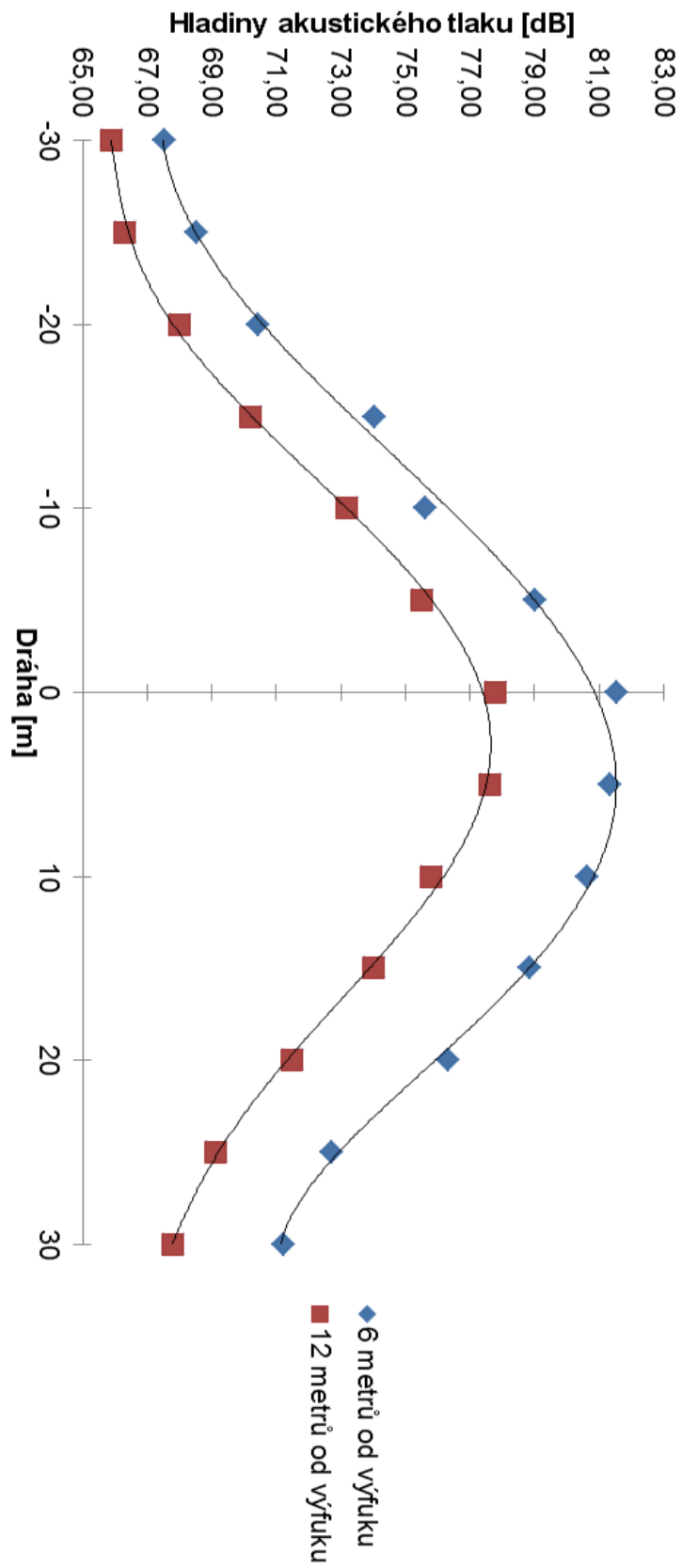
### 6.3 Měření hluku při lisování

Měření hluku při lisování probíhalo také v době prvních senáží, při kterých byla sklížena zavadlá píce na senáž do oválných balíků a to pomocí lisu Class Rollant 255 RotoCut Uniwrap s vlastním balícím zařízením. Otáčky traktoru byly 1800 za minutu. Při měření byla podle meteostanice teplota vzduchu 25°C a vlhkost vzduchu 33%. Měření se provádělo v mírném kopci, kdy se traktor pohyboval proti svahu.



Obrázek č. 16 Hlukoměr při měření v 6ti metrech u lisování





Graf č. 2 Měření akustického tlaku ve vzdálenosti 6 a 12 m od traktoru při lisování

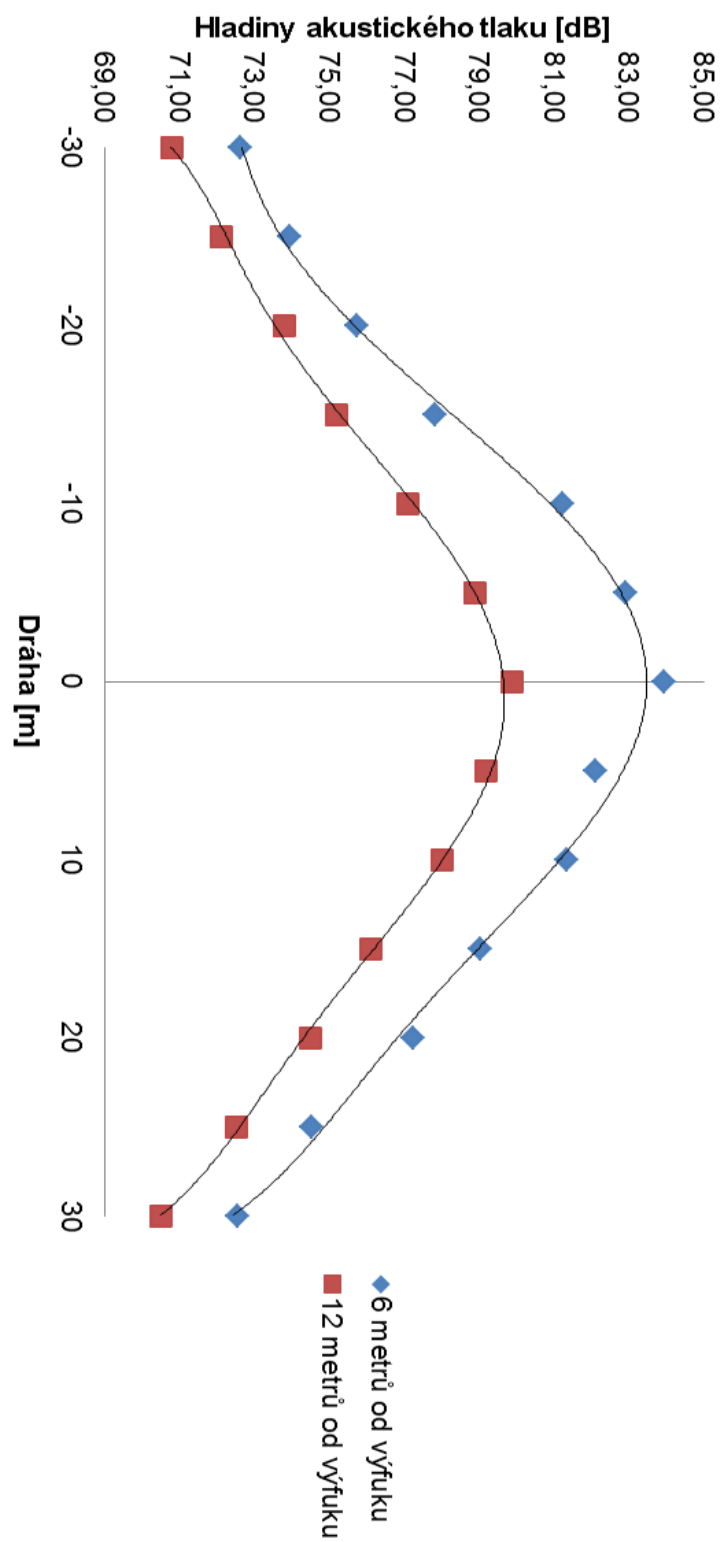
Graf č. 2 znázorňuje hodnoty hluku naměřené při lisování, které vytvářel mnou měřený traktor. Z grafu lze zjistit, že při měření ve vzdálenosti 6 metrů od výfuku je nejvyšší hodnota naměřeného hluku 81,9 dB a ve 12ti metrech dosahuje maximální hodnota hluku 77,8 dB. Stejně jako u sečení jsou hodnoty hluku při příjezdu soupravy k měřiči menší, při průjezdu okolo měřiče hluk narůstá, po průjezdu zůstává pořád vyšší a vzdalováním soupravy se hluk snižuje. To je dáno tím, že lis je taktéž umístěn za traktorem a je druhým zdrojem hluku, kterému brání první zdroj vyzařovat hluk k měřiči.

#### 6.4 Měření hluku při orbě

Hluk při orbě byl měřen začátkem dubna a orána byla louka. Použitý pluh byl od firmy Opall Agri, typ Jupiter II s nastavitelným záběrem a tento pluh byl nastaven na záběr 2 m. Při měření jel traktor proti mírnému svahu na maximální otáčky. Meteostanice ukazovala teplotu vzduchu 17°C a vlhkost vzduchu 22%. Při měření panovalo bezvětří.



Obrázek č. 17 Hlukoměr při měření v 6ti metrech u orby



Graf č. 3 Měření akustického tlaku ve vzdálenosti 6 a 12 m od traktoru při orbě

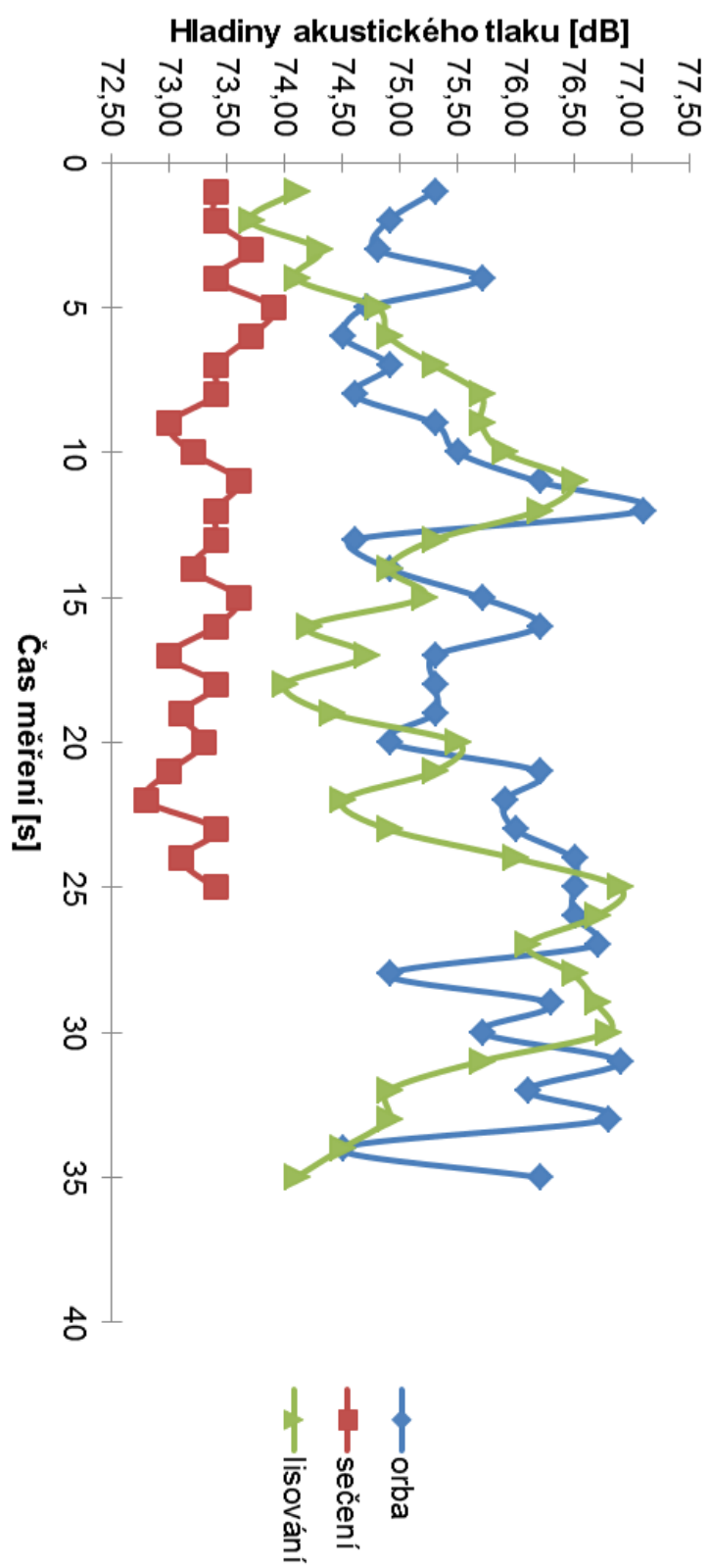
Graf č. 3 značí průběh hluku, který se šířil od měřeného traktoru při orbě. Maximální hluk v 6ti metrech dosahuje hodnoty 83,9 dB. Ve 12ti metrech se maximální hluk dostal na hodnotu 79,2 dB. Oproti operaci sečení a lisování se hodnoty při příjezdu soupravy k měřicímu přístroji, při projíždění kolem měřiče a po průjezdu za měřičem v podstatě nemění a stoupají a klesají konstantně. Na grafu můžeme zaznamenat v 6ti metrech mírné výkyvy, které byly způsobeny rozdílnými půdními podmínkami, přesněji zvyšováním orebního odporu, kdy docházelo k prokluzu kol traktoru a tím i kolísání hluku. Dalším důvodem prokluzu kol byly části rozmeteného organického hnojiva.

## 6.5 Měření hluku v kabině traktoru

Měření hluku v kabině probíhalo při všech třech měřeních, vždy zároveň s měřením hluku v 6ti metrech od výfuku.



Obrázek č. 18 Hlukoměr při měření v kabině u ucha obsluhy



Graf č. 4 Měření akustického tlaku v kabině traktoru

Na grafu č. 4 lze vidět naměřené hodnoty uvnitř traktoru. Při měření hluku v kabině byl při všech operacích držen hlukoměr přibližně 20 cm od ucha obsluhy.

Z grafu lze vyčíst, že jako nejméně zatěžující pro obsluhu traktoru byla operace sečení a to z důvodu umístění pracovního ústrojí žacího stroje ve větší vzdálenosti za traktorem a nižších otáček motoru. Hodnoty hluku se pohybovaly v rozmezí 72,5 a ž 74 dB.

Nejvyšší hodnota hluku v kabině byla dosažena při orbě a to 77,1 dB a to způsobily maximální otáčky motoru, ve kterých se traktor po celou dobu měření pohyboval. Kolísání křivky bylo způsobeno prokluzem kol traktoru a tím změnou otáček.

Hodnoty hluku při lisování se pohybovaly mezi 73,7 dB a 76,7 dB a hodně vzrůstaly a klesaly. Hlavním důvodem byl nestálý objem nahrnuté hmoty, kvůli kterému se měnilo zatížení motoru a tím i otáčky a zároveň hluk.

## 6.6 Výpočet akustického tlaku pro libovolnou vzdálenost od výfuku

K výpočtu akustického tlaku pro libovolnou vzdálenost od výfuku jsem použil vzorec:

$$L_{p2} = L_{p1} + 10 \log \frac{r_1}{r_2}$$

Kde:  $L_{p2}$  = hladina sledovaného akustického tlaku [dB]  
 $L_{p1}$  = hladina akustického tlaku pro daný směr a vzdálenost [dB]  
 $r$  = vzdálenost od myšleného středu akustického zářiče [m]

Výsledek tohoto vzorce je pouze teoretický a udává maximální hodnotu akustického tlaku ve zvolené vzdálenosti. S tímto vzorcem lze počítat za předpokladu, když útlum nezpůsobují jiné činitele, než je vzdálenost.

Pro tento vzorec se udává pokles hladiny akustického tlaku při zdvojnásobení vzdálenosti o 3 dB. (Nový, 2009)

Tabulka č. 2 Vypočítaný akustický tlak v různých vzdálenostech od výfuku

| Vzdálenost/operace | Sečení [dB] | Lisování [dB] | Orba [dB] |
|--------------------|-------------|---------------|-----------|
| <b>24 m</b>        | 79,8        | 74,8          | 76,2      |
| <b>48 m</b>        | 76,8        | 71,8          | 73,2      |
| <b>96 m</b>        | 73,8        | 68,8          | 70,2      |

V tabulce č. 2 jsou hodnoty, které byly vypočítány podle výše uvedeného vzorce a udávají teoretickou hlučnost měřené soupravy ve vzdálenostech 24, 48 a 96 metrů od výfuku.

## 7. Výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A

### 7.1 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

V technické praxi je možno se setkat s několika případy hlukové expozice. Nejjednodušší případ nastane, je-li zvukový signál časově ustálený, přičemž se předpokládá, že se hladina akustického tlaku A nemění v čase o více než 5 dB.

Hluk proměnný je případem hluku, jehož hladina akustického tlaku A se v daném místě a ve sledovaném časovém intervalu mění v závislosti na čase o více než 5 dB.

Při přerušovaném provozu některých zařízení, například kompresoru, se jedná o hluk proměnný přerušovaný, což znamená, že se v daném místě náhle mění hladina akustického tlaku A a v průběhu hlučného intervalu je zvuk ustálený.

V případech, kdy hluk výrazněji kolísá s časem, není možno jednočíselně charakterizovat hlukovou situaci hladinou akustického tlaku A. Proto byla pro hodnocení proměnných akustických signálů zavedena ekvivalentní hladina akustického tlaku A  $L_{Aeq,T}$  [dB]. Je to fiktivní ustálená hladina akustického tlaku A, která má stejné účinky na člověka během sledovaného časového úseku T, jako proměnlivá hladina akustického tlaku A za stejný čas. ([www.ib.cvut.cz](http://www.ib.cvut.cz))

Pro výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku A lze použít vzorec, do kterého doplníme námi naměřené hodnoty při jednotlivých operacích.

Vzorec pro výpočet  $L_{Aeq}$ :

$$L_{Aeq} = \bar{\bar{L}}_{AT} + 0,115 * \sigma^2 \text{ [dB]}$$

kde:  $\bar{\bar{L}}_{AT}$  – průměrná hodnota naměřených hodnot

$\sigma^2$  – směrodatná odchylka od průměru (Nový, 2009)



## 7.2 Vypočtené hodnoty

Hodnoty uvedené v tabulce byly vypočteny podle výše uvedeného vzorce pro výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku.

Tabulka č. 3 Ekvivalentní hladiny akustického tlaku u traktoru JCB FASTRAC 2170

| Operace/místo měření | Uvnitř [dB] | 6 metrů od výfuku [dB] | 12 metrů od výfuku [dB] |
|----------------------|-------------|------------------------|-------------------------|
| <b>ORBA</b>          | 75,7        | 80,2                   | 76,9                    |
| <b>SEČENÍ</b>        | 75,4        | 78,3                   | 74,4                    |
| <b>LISOVÁNÍ</b>      | 73,3        | 85,4                   | 78,2                    |

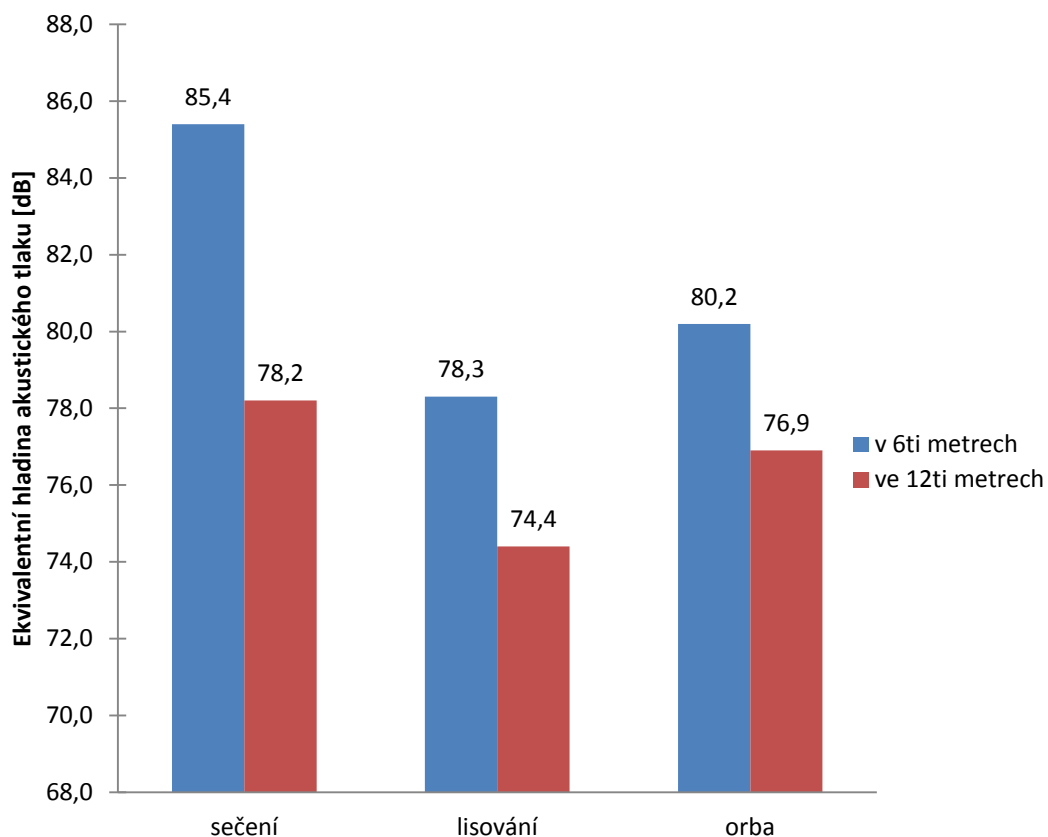
## 8. Závěr

Z výše uvedených výsledků je patrné, že průběh hluku u měřeného traktoru při průjezdu měřeným úsekem byl při spojení traktoru se strojem a nářadím rozdílný. U lisování a sečení byl hluk při příjezdu soupravy k měřicímu přístroji menší, než když projel a vzdaloval se. To bylo způsobeno vyzařovaným hlukem aktivního nářadí po projetí okolo měřiče. U orby se hodnoty hluku před měřícím přístrojem v podstatě nelišily od hodnot při vzdalování soupravy.

Pomocí vzorce pro výpočet akustického tlaku v libovolné vzdálenosti, byla zjištěna teoretická maximální hodnota hluku v různých vzdálenostech, která při zdvojnásobení vzdálenosti klesala o hodnotu 3 dB. U mnou vypočtených ekvivalentních hladin akustického tlaku se hodnoty při zdvojnásobení vzdálenosti u orby liší o 3,1 dB, u sečení už o 3,9 dB, to bylo pravděpodobně způsobeno útlumem hluku zvýšenou prašností a u lisování se liší nejvíce a to o 7,2 dB, což pravděpodobně způsobila zvýšená prašnost, jako u sečení.

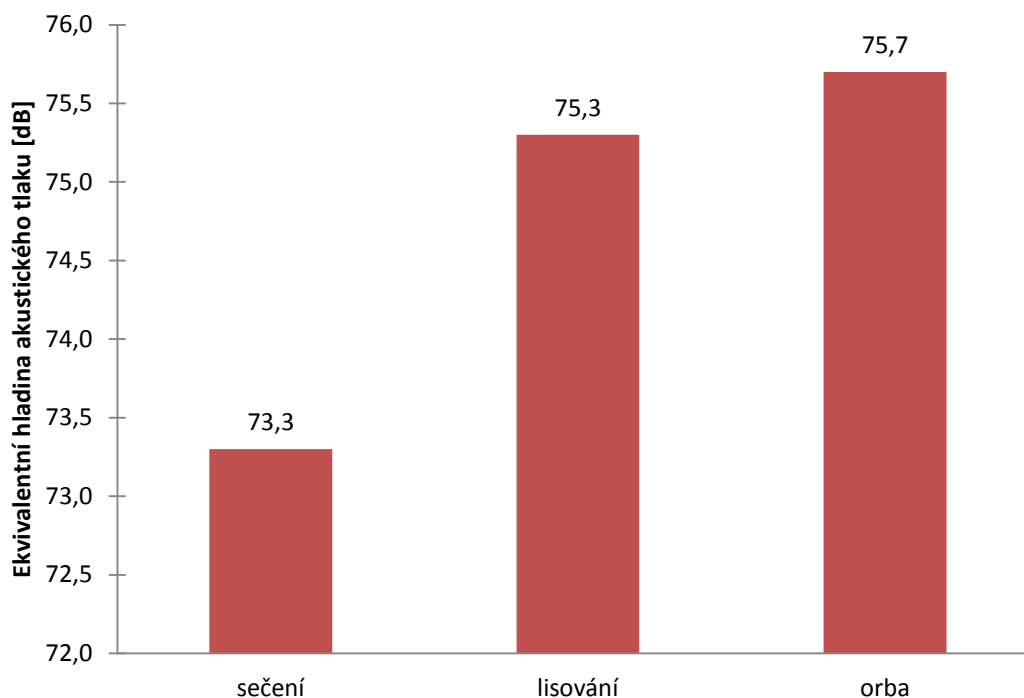
Ekvivalentní hladina akustického tlaku v 6ti metrech od výfuku byla jako nejvyšší u sečení. Takto vysoká hodnota byla způsobena hlavně pohybem pracovního ústrojí žacího stroje v těsné blízkosti měřícího přístroje. Při orbě byla ekvivalentní hladina akustického tlaku zhruba o 5 dB menší než u sečení i přesto, že se traktor při sečení nepohyboval v maximálních otáčkách, jako tomu bylo u orby. To bylo způsobeno tím, že při sečení výrazně přispěl k většímu hluku již zmíněný připojený žací stroj pohybující se blízko měřiče. Nejnižší hladina akustického tlaku byla u lisování a to hlavně z důvodu nižších otáček motoru a menšího hluku vyzařovaného do okolí od připojeného lisu.

Ekvivalentní hladiny akustického tlaku při měření ve vzdálenosti 12 metrů od výfuku traktoru zůstávají velikostně ve stejném pořadí jako při měření ve vzdálenosti 6 metrů od výfuku a důvody zůstávají též stejné. Největší rozdíl ekvivalentních hladin akustického tlaku ve vzdálenosti 6 a 12 metrů od výfuku je při sečení, kdy při měření v 6ti metrech došlo k blízkému průjezdu žacího ústrojí kolem měřícího přístroje a docházelo tím k většímu nárůstu hluku. U orby a lisování jsou rozdíly hodnot ekvivalentních hladin akustického tlaku v 6ti a 12ti metrech zhruba stejné.



**Graf č. 5** Porovnání výsledných ekvivalentních hladin akustického tlaku při všech 3 operacích ve vzdálenosti 6 a 12 metrů od výfuku

Při měření hluku v kabině byla podle vzorce pro výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku jako nejvíce zatěžující pro obsluhu orba. Orba byla v kabině nejvíce hlučná z důvodu maximálních otáček motoru traktoru po celou dobu pohybu po měřené dráze. Ekvivalentní hladina akustického tlaku u lisování dosáhla na velikost o 0,4 dB menší než u orby. Hlavním důvodem byly menší otáčky motoru. Takto malý rozdíl v hlučnosti při rozdílu otáček motoru 400 za minutu byl způsoben připojeným sběracím lisem, který přispěl k hlučnosti traktoru. Sečení se ukázalo jako nejméně hlučné z hlediska ekvivalentní hladiny akustického tlaku hlavně z důvodu nižších otáček motoru, ale také i umístěním pracovního žacího ústrojí ve větší vzdálenosti za traktorem.



**Graf č. 6 Porovnání vypočítaných ekvivalentních hladin akustického tlaku v kabině traktoru**

Z vypočtených ekvivalentních hladin akustického tlaku jsem zjistil, že pro obsluhu traktoru byla nejvíce zatěžující orba. Podle sbírky zákonů č. 272/2011 je udávána maximální přípustná hodnota ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro obsluhu na pracovišti 85 dB po dobu 8 hodin. Při porovnání těchto hladin jsem zjistil, že mnou naměřené hladiny jsou nižší o necelých 10 dB, což vypovídá o tom, že tento stroj má dostatečně odhlučněnou kabinu a pro obsluhu je práce s tímto strojem z hlediska hlučnosti bezpečná.

## 9. Seznam použitých zdrojů

- BAUER F., SEDLÁK P.: *Traktory*. 1. vyd. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-867-2615-0.
- *Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzita Pardubice* [online]. [cit. 2014-11-11]. Dostupné z: [http://envi.upce.cz/pisprace/ks\\_pce/menc.pdf](http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/menc.pdf)
- *Encyklopedie fyziky* [online]. [cit. 2014-11-11]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1180-zvuk-v-uzavrenem-prostoru>
- *Fastrac Fanclub* [online]. [cit. 2014-02-20]. Dostupné z: [http://www.fastrac.cz/cms/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8:zaalo-to-v-jcb&Itemid=4](http://www.fastrac.cz/cms/index.php?option=com_content&view=article&id=8:zaalo-to-v-jcb&Itemid=4)
- Firemní dokumentace, FAST Agri
- GÜNTHER, B., HANSEN H. K. a VEIT I.: *Technische Akustik - ausgewählte Kapitel: Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik*. 8. Aufl. Renningen: Expert, 2008. ISBN 978-381-6927-884.
- *Hluk a emise* [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-vznikajici-na-povrchu-komunikace/>
- *Hluk a emise* [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik/>
- *Hluk a ochrana před nadměrnou hlukovou zátěží* [online]. [cit. 2014-11-18]. Dostupné z: [http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/212\\_FAEZP%20II.pdf](http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/212_FAEZP%20II.pdf)
- Jakeš 2014, *in verb*
- Jirků 2015, *in verb*
- *Mechanizace zemědělství* [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://mechanizaceweb.cz/tiche-pneumatiky-pro-silne-tahace/>
- *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: [http://www.khsova.cz/01\\_legislativa/files/272\\_2011.pdf](http://www.khsova.cz/01_legislativa/files/272_2011.pdf)
- NOVÝ, R.: *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.

- *PTBP Konzult s.r.o.* [online]. [cit. 2014-11-11]. Dostupné z: <http://www.ptbpkonzult.cz/pracovni-prostredi/mereni/hluk/>
- SMETANA, C.: *Hluk a vibrace. Měření a hodnocení*. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 1998, 188 s. ISBN 80-901-9362-5.
- *Snižování hluku a vibrací* [online]. [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: [http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/SHV/Novy\\_Kucera\\_Snizovani\\_hluku\\_a\\_vibraci.pdf](http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/Novy_Kucera_Snizovani_hluku_a_vibraci.pdf)
- *Vybrané statě z akustiky* [online]. [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: [http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka\\_schauer/vybrane\\_statě\\_z\\_akustiky.pdf](http://fyzika.fce.vutbr.cz/doc/vyuka_schauer/vybrane_statě_z_akustiky.pdf)
- *Vysoké učení technické v Brně* [online]. [cit. 2014-11-14]. Dostupné z: [http://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=44330](http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=44330)
- *Vysoké učení technické v Brně* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=28557](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28557)