

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Zemědělská fakulta

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Porovnání hlučnosti traktorů uvnitř kabiny a v okolním prostředí

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor bakalářské práce: Jiří Opekar

České Budějovice, 2015

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

Jméno a příjmení: **Jiří OPEKAR**
Osobní číslo: **Z12200**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**
Název tématu: **Porovnání hlučnosti traktorů uvnitř kabiny a v okolním prostředí**
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V literární rešerši práce se zaměřte na:

1. Historii a vývoj kabin traktorů z hlediska konstrukčního uspořádání a použitého materiálu.
2. Hluk, jeho šíření, zdroje hluku u traktorů.

V praktické části práce proveďte:


1. Charakteristiku alespoň tří sledovaných traktorů (technické parametry, motohodiny atd.).
2. Měření hladin hluku L_A v místě obsluhy a současně ve zvolené vzdálenosti od sledovaného traktoru:
 - a) při chodu na volnoběh,
 - b) v plném zatížení (při pracovní činnosti - druh pracovní operace, např. orba apod.
3. Zpracování naměřených hodnot akustických hladin - výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq} .
4. Vyhodnocení a porovnání sledovaných traktorů z hlediska hlukové zátěže v místě obsluhy i vně traktoru.

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

Günther-Hansen-Weit.: Technische Akustik. Expert Verlag: Esslingen, 2008;
Paulitz, U.: 1000 traktorů. Knižní klub v Praze, 2006;
Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T. : Traktory. Praha, Profi Press, 2006;
Srový, O. a kol.: Doprava v zemědělství. Praha, Profi Press, 2008;
Nový, R.: Hluk a chvění. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2009;
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.

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 BUĎEJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


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

V Českých Budějovicích dne 18. března 2014

Prohlášení:

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

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

V Českých Budějovicích dne 24. 4. 2015

.....

vlastnoruční podpis autora

Poděkování:

Poděkování patří paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za její cenné rady při vedení mé bakalářské práce. Děkuji také majitelům zemědělských firem a samotným traktoristům, kteří mi umožnili provést měření na svých traktorech.

Anotace:

Cílem bakalářské práce je porovnat hlučnost traktorů v kabině obsluhy a v dané vzdálenosti od traktoru. Na pozorování bylo vybráno jedenáct traktorů různých značek s výkonem od 70 kW do 93 kW. Přiblížena je problematika hluku jako takového, rozdělení hluku, zdroje hluku, zkoumá se též vliv hluku na zdravotní stav člověka a legislativa v oblasti ochrany před hlukem. Dále se práce věnuje hluku v zemědělství a hluku vydávaném částmi traktoru. Nechybí též základní informace o kabině traktoru, její historii, vývoji a současném stavu. Práce dále obsahuje charakteristiku pozorovaných traktorů a pokračuje popisem naměřených hodnot hladiny akustického tlaku v kabině i mimo ni. Tyto hodnoty jsou zaznamenány do tabulek a graficky znázorněny. V závěru jsou zhodnoceny výsledky a porovnány zjištěné hodnoty všech pozorovaných traktorů.

Klíčová slova: hluk, zemědělství, traktor, kabina, akustický tlak

Annotation:

This bachelor's thesis is aimed at investigating the noise level in a tractor cabin and at certain distances from the tractor. Eleven tractors of different brands with power outputs ranging from 70 kW to 93 kW were selected for the study. The thesis outlines noise problems in general, the noise classification and sources, and examines the impact of noise on human health as well as the legislation concerning protection against noise. Further investigated within the study is noise in agriculture and in particular types of noise caused by certain parts of a tractor. Included are also basic tractor cab design parameters, its history, evolution and current state. The study presents characteristics of the examined tractors and describes acoustic pressure values measured inside and outside the tractor cabins. The values are presented in the form of tables and charts. Lastly, the values are compared for all the tractors within the study and the results are evaluated.

Key words: noise, agriculture, tractor, tractor cab, acoustic pressure

Obsah

1. ÚVOD	9
2. Literární přehled	10
2.1 Hluk.....	10
2.1.1 Rozdělení hluku	10
2.1.2 Rozdíl mezi zvukem a hlukem.....	11
2.1.3 Zdroje zvuku	12
2.1.4 Škodlivý vliv hluku na člověka.....	14
2.1.5 Metody boje proti hluku.....	14
2.1.6 Legislativa v oblasti ochrany před hlukem	16
2.2 Hluk v zemědělství.....	17
2.2.1 Hluk vydávaný částmi traktoru	18
2.3 Kabina traktorů.....	23
2.3.1 Historie kabin traktorů	23
2.3.2 Současnost kabin.....	25
3. Cíl práce	27
4. Metodika práce	28
4.1 Měřicí přístroje.....	28
4.2 Podmínky měření	29
4.3 Postup měření.....	30
5. Technické údaje měřených traktorů	32
5.1 John Deere 6230 Standard	33
5.2 New Holland T5.115 EC.....	34
5.3 Fendt 411 Vario	35
5.4 Massey Ferguson 5435 Dyna 4	36

5.5	Claas Axos 340	37
5.6	Steyr 4110 Profi	38
5.7	Belarus 922.3	39
5.8	Zetor Forterra 11441	40
5.9	Case JX 1100 U.....	41
5.10	Lamborghini R6 120	42
5.11	Deutz Fahr K410 Agrotron	43
6.	Výsledky měření.....	44
6.1	Porovnání hladiny akustického tlaku různých značek uvnitř kabiny traktoru	45
6.2	Porovnání hladiny akustického tlaku různých značek mimo kabinu traktoru	46
6.3	Porovnání kabin, u kterých je snížena hladina akustického tlaku z vnějšího prostředí o největší hodnotu	47
7.	Závěr.....	49
8.	Seznam použité literatury.....	51

1. ÚVOD

Obecně lze říci, že v dnešních vyspělých zemích světa se stále ve větší míře hledí na životní prostředí a zdraví člověka. Přírozenou a důležitou součástí lidského prostředí jsou zvuky, které jsou základem řeči a příjmu informací. Zvuky, které jsou příliš časté, silné nebo se nevyskytují ve vhodnou dobu, označujeme jako hluk. Hluková zátěž na životní prostředí a na obyvatelstvo pak rozhodně patří v současnosti k často probírané problematice.

Předkládaná bakalářská práce se věnuje problematice hluku v zemědělství, konkrétně hluku vydávanému od traktoru. Hluk od traktoru působí na obě zmiňovaná prostředí, tj. nejen na okolní prostředí, ale také na prostředí člověka v kabině traktoru. V počátcích výroby a konstruování traktoru se hluku nevěnovala téměř žádná pozornost. Velká hluková zátěž má však negativní vliv na obsluhu traktoru, nadměrný hluk způsobuje řidiči únavu a traktoristé tedy nevydrží tak dlouho v optimálním pracovním nasazení. V pokročilejším věku navíc měly obsluhy traktorů často poruchy sluhu. Všechny tyto aspekty měly za následek to, že se při konstruování traktorů dává mnohem větší důraz na odhlučnění všech částí traktoru vydávajících hluk, zejména pak na odhlučnění kabin traktorů. Konstrukteři již dnes všeobecně ve velkém množství kladou nároky na zjednodušení, zpohodlnění a také na bezpečnost a zdraví obsluhy. Odhlučnění kabin je dnes tedy naprostou samozřejmostí a řidiči traktorů se nemusí bát o své zdraví, zejména sluch.

Tato bakalářská práce si klade za cíl porovnat nejznámější výrobce traktorů a při zvolené metodice zhodnotit, jak si jednotliví výrobci traktorů stojí v oblasti odhlučnění traktoru. Naměřené hodnoty budou v práci zhodnoceny a porovnány s povolenými přípustnými legislativními předpisy.

2. Literární přehled

2.1 Hluk

Hlukem označujeme každý nežádoucí zvuk, který je typickým negativním produktem civilizačního procesu. (Vaňková, 1996) Podle dalších definic je jako hluk označován jakýkoliv zvuk, který vyvolává nepříjemný nebo rušivý vjem nebo má škodlivý účinek. (Havránek, 1990) Hlukem můžeme označit každý nežádoucí zvuk. Jinak nelze hluk přesněji fyzikálně definovat. (Nový, 1973)

2.1.1 Rozdělení hluku

Hluk můžeme rozdělit podle několika kritérií.

Podle rozložení v čase:

Ustálený hluk - tento druh zvuku nekolísá a v časovém průběhu se nemění o víc než o 5 dB.

Proměnný přerušovaný hluk - je hluk, který se skokově mění z hlučného na tichý interval a naopak z tichého na hlučný interval.

Proměnný hluk nepravidelný - tento hluk mění svou hladinu hluku v čase, kdy tyto změny přesahují 5 dB a můžou probíhat náhodně nebo opakovaně ve složitých cyklech.

Proměnný hluk impulzní - charakteristickou vlastností tohoto zvuku je, že rychle stoupá k maximu hladiny zvuku a poté opět rychle klesá, přičemž doba trvání jednoho pulzu se pohybuje od 1 do 200 ms. Intervaly mezi těmito pulzy jsou větší než 10 ms.

Hluk vysokofrekvenční - je způsoben různými neakustickými rušivými vlivy, jako jsou např. vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole.

(Havránek, 1990)

Podle působení:

<u>Pásma fyziologické</u>	do 69 dB
<u>Pásma zátěže</u>	70 - 94 dB
<u>Pásma poškození</u>	95 - 119 dB
<u>Pásma hmatu</u>	120 - 129 dB
<u>Pásma bolesti</u>	130 dB a více

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

Podle zdravotních rizik:

- 30 až 65 dB - rozsah psychické reakce. Člověka hluk v tomto rozsahu ruší, rozčiluje ho, brání mu v činnosti, způsobuje leknutí.
- 65 až 80 dB - reakce vegetativního systému. Člověku se zvedne krevní tlak, tluče mu srdce. Způsobuje nespavost, svalové křeče či chudokrevnost.
- 80 až 120 dB - v tomto rozsahu dochází u člověka k přetížení sluchových buněk, které většinou vede k poškození středního ucha.
- nad 120 dB - při této vysoké hladině hluku je riziko nenávratného mechanického poškození středního ucha.

(www.vzdelavani.auto-mat.cz/files/Boj_proti_hluku_-_Rolova_hra_-_Fakticke_informace_o_hluku.pdf)

2.1.2 Rozdíl mezi zvukem a hlukem

Podle svého fyzikálního charakteru se zvuk skládá z mechanického chvění elastických materiálů. Taková chvění vznikají, když malé částičky elastické látky, její molekuly, jsou rozpohybovány vnějšími silami z jejich rovnovážné polohy a následně samy onu sílu převezmou. Výskyt zvuku je vázán na existenci materiálu. Zvuk se může tedy vyskytovat v pevném, kapalném i plynném materiálu. Všeobecně rozdělujeme zvuk na zvuk tělesný (těles), tekutý a vzdušný. Vzdušný zvuk je v běžném životě nejčastější forma zvuku, se kterou se setkáváme. Ve vakuu se zvuk šířit nemůže. (Günther et al., 2008).

Hluk se podle fyzikálních parametrů zvuku nedá zcela definovat. V praxi se běžně hluk popisuje jako slyšitelná akustická energie, která může člověka negativně ovlivnit nebo může přímo poškodit jeho zdraví. Dále může narušit duševní, fyzickou či sociální pohodu člověka. Zvuk má tři specifické znaky:

- 1) Frekvence - její jednotkou je Hertz (Hz), udává počet kmitů za sekundu. Člověk je schopen slyšet frekvenci v rozsahu od 20 do 20 000 Hz.
- 2) Hladina akustického tlaku - jednotkou hladiny akustického tlaku je decibel (dB), je definována jako odchylka tlaku pozorovaná v okolním vzduchu.
- 3) Délka (trvání) - délka emise, která může být krátká nebo dlouhá. Průběh zvuku v časovém rozmezí může být ustálený, proměnný nebo přerušovaný.

(Havránek, 2001)

2.1.3 Zdroje zvuku

S různými zvuky se setkáváme každý den. Zvuk je přirozená vlastnost všech přírodních dějů a životních aktivit. Pro člověka mají zvuky nemalý význam. Sluchem člověk přijímá mnoho informací a utváří tak podíl zpráv o světě. Zvuk se využívá také k upozornění člověka, varuje ho před nebezpečím. Nejrychleji podnítl aktivitu nervového systému, čehož se využívá například v dopravních prostředcích, kdy hrozí nějaké nebezpečí či závada, která by mohla ohrozit člověka. Je obecně známo, že právě například v dopravních prostředcích zvuk člověka upozorní dříve, než oko zachytí blikající kontrolku signalizující problém. Zvuk však nemusí být jen upozorňující, může být uklidňující, dráždivý, může vyvolat radost, nadšení a naopak může být velmi nepříjemný. V tabulce 1 jsou uvedeny různé zdroje zvuku a hluku, se kterými se můžeme každodenně setkávat. (Havránek, 1990)

Tabulka 1 Zdroje a hladiny zvuku

Hladina zvuku L_A [dB]	Slovní vyjádření povahy účinku	Typický zdroj v pracovním prostředí	Příklad zdroje ve venkovním prostoru	Příklad zdroje či situace v interiéru budov
140	Vznik akustického traumatu	Zkouška proudového leteckého motoru (10 m)		
130	Práh bolesti	Zápustkové kování		
120	Extrémně silný hluk, zákaz pobytu osob	Natavování oceli v el. peci (3m)	Start vojenského proud. letounu (300 m)	
110	Velmi silný hluk	Frézování tvrdého dřeva (5m)	Houkačka lokomotivy (30 m)	Maximální hladiny beatového koncertu
100		Hala prádelny	Zvuk. výstražné znamení aut (7 m)	Symfonický orchestr, forte
90	Silný hluk. Hranice zdrav. rizika pro sluch		Tramvaj v 60 km.hod ⁻¹ (7 m)	Mixér (1 m)
80		Tiskárna (1 m)	Os. auto (7 m)	Vysavač (1 m)
70	Mírný hluk	Elektrický psací stroj	Splav na řece (10m)	Poslech televize (3 m)
60			Zpěv kosa (3 m)	Běžný hovor
50	Klid	Tichá pracovna	Chůze chodce v noci (30 m)	Obracení novinových stránek
40	Ticho		Noční ticho ve volné krajině, bezvětrí	Tikot budíku (2 m)
30				Místnost v bytě v noci (žádná doprava)
20	Hluboké ticho		Zasněžený les, bezvětrí	Televizní studio
10	Práh slyšení			

Zdroj: Hluk a zdraví (Havránek, 1990)

Ve volném prostoru se vytváří různá typická zvuková pole podle typu zdroje zvuku. Fyzikálně nejjednodušším zdrojem zvuku je pulzující („dýchající“) koule; takovýto zdroj se nazývá monopól, unipól nebo kulový zářič či zářič nultého řádu. 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 mocninou vzdálenosti l [m] od zdroje, akustický tlak v poli kulových vln klesá úměrně se vzdáleností. Jako kulový zářič se chová většina zdrojů zvuku; ve větší

vzdálenosti se tak chovají i celé „soustavy“ zdrojů zvuku, tj. celé stroje, a ve vzdálenosti relativně k rozměrům např. i celá továrna. (Smetana, 1998)

Obecně se může říct, že se daří hluk snižovat přímo při výrobě zdrojů hluku, například tedy různých strojů, dopravních prostředků aj. Člověka obklopuje hluk v pracovním prostředí, tj. dle odhadů 40%. Nejvíce se člověk setká s hlukem v dopravě. V rozmezí 50 až 70% hlukové zátěže způsobuje tedy právě doprava. (Doucha, et al., 2007)

2.1.4 Škodlivý vliv hluku na člověka

Základním účinkem hluku je jeho intenzita. Člověk se necítí dobře v prostředí, kde se hladina akustického tlaku pohybuje nezvykle nízkou. Za nezvykle nízkou hladinu považujeme 20 dB. Hladina 30 dB se posuzuje jako příjemné ticho. Od hranice 65 dB se hluk začíná nepříjemně projevovat a to hlavně změnami vegetativních reakcí. Při dlouhodobějším trávení času v místě, kde hladiny přesahují 85 dB, již mohou vznikat trvalé poruchy sluchu. Stejně tak se mohou negativní účinky těchto hladin hluku projevit na nervové soustavě. Při 130 dB se většinou účinky hluku mění na nepříjemné bolesti ve sluchovém orgánu. Jakmile se hluk přiblíží k hranici 160 dB, dochází většinou k protržení bubínku. (Nový, 2009)

Fyziologicko-hygienické výzkumy prokázaly, že v dnešní době je již hluk jedním z nejvíce a nejčastěji rozšířených škodlivých faktorů, které nás obklopují. Při současném správném trendu ohledu na životní prostředí by se neměla existence škodlivosti hluku opomíjet. Hluk může člověku způsobit únavu, podrážděnost, nespavost, nervová onemocnění, cévní onemocnění, vegetativní poruchy, zvýšení krevního tlaku. Dále také hrozí infarkt či trvalé poškození sluchového orgánu, které může vést až k úplnému ohluchnutí. (Nový, 1973)

2.1.5 Metody boje proti hluku

Zabezpečení akustické pohody úzce souvisí se životním standardem zejména v oblasti bydlení a rekreování. Boj proti hluku není bojem proti zvuku vůbec, ale bojem proti rušivému zvuku, který zneprůjemňuje pobyt a práci člověka a ohrožuje jeho zdravotní stav. Při snižování hlučnosti v pracovním prostředí používáme pět základních metod. (Vaňková, 1995)

K první metodě patří úplné odstranění zdroje hluku nebo snižování hlučnosti tohoto zdroje. Tato varianta boje proti hluku patří k neúčinnějším opatřením. Vyžadují také mnohem nižší finanční náklady než opatření dodatečná.

Za současné situace poznání v oboru technické akustiky bohužel není možné navrhovat stroje a strojní zařízení zcela bezhlučná. Je proto nutné používat i dalších, sekundárních opatření.

Druhá metoda je založena na principu vhodného situování hlučných strojů a zařízení. Na toto je potřeba myslet při projektování výstaveb průmyslových závodů, dopravních tepen, letišť atd. Tato hlučná místa by neměla nepříznivě ovlivňovat akustickou pohodu v chráněných prostorech, jako jsou např. nemocnice, sídliště, jesle, školy, rekreační oblasti apod.

Další metoda boje proti hluku spočívá ve zvukovém odizolování zdroje zvuku, tedy hlučného stroje, zařízení nebo celého hlučného prostoru, od prostoru chráněného. K těmto zvukovým izolantům patří např. zvukoizolační příčky, stropy, kryty aj.

Čtvrtá metoda využívá principu zvukové pohltivosti, což je velmi dobrá vlastnost některých hmot a konstrukcí, jejichž náplní je pohlcovat akustickou energii. Této metody se využívá při snižování hlučnosti ve vnitřních prostorech a místnostech.

Poslední metoda spočívá v používání osobních ochranných pomůcek. Uplatňuje se většinou tehdy, když předcházející popisované metody není možno z určitých důvodů použít. Používá se také v těch případech, kdy sice byly použity ostatní metody odhlučnění, ale i tak je hluk stále velmi vysoký a mohl by ohrozit zdraví člověka. Tato metoda využívá osobních protihlukových pomůcek, jako jsou např. tlumící zátky vkládané do ucha, sluchátkové chrániče, přilby atd.

Nejlepších parametrů při snižování hlučnosti se dosáhne samozřejmě při využití všech uvedených metod. Nejprve je potřeba využívat těch metod, které při řešení problému dávají nejvyšší snížení hluku. (Nový, 1973)

2.1.6 Legislativa v oblasti ochrany před hlukem

Zákony zabývající se problematikou hluku se rozdělují na dvě základní skupiny, a to na zákony pro oblast:

- a) emisí
- b) imisí

Podstatu rozlišování mezi emisemi a imisemi hluku tvoří vazba, kterou má hluk ke zdroji, jež ho vyvolává, či vazba hluku k místu jeho příjmu. Zabýváme-li se charakteristikami akustické energie, kterou generuje nějaký zdroj hluku, jenom ve vztahu ke zdroji hluku (nezávisle na tom, jakými akustickými parametry tuto akustickou energii popisujeme), jde o hlukové emise. Pokud nás zajímá akustická energie v místě jejího příjmu příjemcem, jde o hlukové imise. Z toho tedy vyplývá, že hlukové emise jsou nezávislé na kvalitách okolního prostředí. Naopak imise závisí jednak na hlukových emisích zdroje a také na způsobu šíření akustické energie z místa jejího vzniku k místu jejího příjmu příjemcem.

Legislativa pro hlukové emise

Hlavním zdrojem hlukových emisí jsou nejčastěji strojní výrobky. Uvádění na trh těchto strojních výrobků řeší zákon č. 22/1997 Sb. a pro oblast hluku navazující nařízení vlády č. 342/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska hlukových emisí. Toto nařízení vlády č. 342/2003 Sb. obsahuje také seznam daných výrobků, které při uvedení na trh podléhají požadavkům na přípustné emise hluku. Tento zákon odpovídá evropské směrnici č. 2000/14/EC. Popisované nařízení vlády 342/2003 Sb. obsahuje požadavkové mezní limity pro vyjmenované skupiny strojů, výrobků a zařízení. Tyto limity nesmí být samozřejmě překročeny. V tomto nařízení je také uvedeno, že hlukové limity, které stroj, zařízení či výrobek splňuje, musí být uvedeny na štítku výrobku. Limity emisí stanovené v těchto předpisech jsou závazné pro výrobce i dovozce v rámci zemí Evropské unie.

Legislativa pro hlukové imise

Základní legislativou pro oblast imisí hluku je zákon č. 274/2003 a s ním související nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Hlukovými imisemi se zabývá také evropská směrnice č.

2002/44/EC. Tuto směrnici zapracovává do české legislativy předpis 272/2011 Sb. Ten udává, že největší přípustná hladina na pracovišti, tedy i v traktoru, nesmí přesáhnout 85 dB.

Ve všech zmíněných zákonech jsou popisovány a hlavně stanovovány přípustné limity imisního hluku. Před účinky hluku a před samotnou prevencí před hlukem jsou však důležitější zákony v oblasti emisí, tj. důležité je hlavně omezovat zdroje hluku. Tedy vyrábět stroje a zařízení s nízkou úrovní hluku a snižovat tak požadavky na dodatečnou ochranu před hlukem. (Liberko, 2004)

2.2 Hluk v zemědělství

Hluk je v zemědělství nedílnou součástí každého dne. To se týká jak živočišné, tak rostlinné výroby.

Pokud se podrobněji zaměřím na živočišnou výrobu, tak zde hluk vytváří mnoho aspektů. V první řadě jsou to samotná zvířata. Například v zemědělství nejčastěji chovaný skot vydává mnoho nepříjemného hluku. Ať už je to hlasité bučení, kopání do zdi či narážení do konstrukcí stájí apod. Velké množství hluku vytvářejí traktory s krmmými vozy, čelní nakladače odklízející mrvu atd. Hluk však v živočišné výrobě nemusejí vydávat jen pohybující se energetické prostředky. Mohou to být i stacionární zařízení jako například oběžné shrnovače chlévské mrvy, krmné linky nebo dojící zařízení. Tato zařízení vytvářejí ale podstatně menší hluk než traktory a přispívají tak k větší pohodě zvířat. (Líkař, 2014)

V rostlinné výrobě jsou největším producentem hluku stroje, které zemědělcům pomáhají v každodenní práci. Mezi tyto stroje můžeme zařadit kombajny, rezačky, samochodné stroje a samozřejmě již zmiňované traktory a stroje, které jsou agregovány s těmito energetickými prostředky. Hluk vyvíjený od zapřažených strojů je nedílnou složkou celkového hluku, který při pracovní činnosti působí nejen na obsluhu, ale také na své okolí. Mezi nejhluchnější připojené stroje patří stroje, které jsou od traktorů poháněny vývodovým hřídelem. Vývodový hřídel pohání různé převody a mechanismy, které jsou právě velkým zdrojem hluku. Mezi takovéto stroje patří například sběrací návěsy, lisy na válcové nebo hranaté balíky,

bramborové kombajny, obrabeče či shrnovače sena, rotační žací stroje atd. Dalšími zapřaženými stroji za traktory, které při své práci s traktory vytváří hluk, patří také stroje, jež svou činností upravují půdu. Sem patří například sazečky brambor, secí stroje, půdní kypřiče, pluhy, rotační brány atd. Tyto stroje jsou hlučné nejen svými převody, mechanismy, ale také jsou hlučné kvůli přímému kontaktu s půdou. Největšího hluku potom stroj pracující s přímým kontaktem s půdou dosáhne, pokud je obdělávaný pozemek kamenitý. (Tulis, 2010)

2.2.1 Hluk vydávaný částmi traktoru

Hluk, který vydávají části traktoru, je tvořený třemi složkami:

- aerodynamický hluk
- hluk motoru
- hluk od pneumatik vznikající kontaktem s vozovkou

Na hlučnosti traktoru se samozřejmě podílí i jiné části traktoru, ale tyto patří k těm nejvýraznějším.

Aerodynamický hluk

Tento hluk způsobuje samotný traktor a to tím, jak rozráží vzduch svým pohybem. Aerodynamický hluk se zvyšuje s rychlostí traktoru. Obecně lze ale říct, že aerodynamický hluk je u traktoru málo významný, jelikož traktory nedosahují vysoké rychlosti. Uvádí se, že do rychlosti 30 až 50 km.h⁻¹ převládá hluk vyvíjený motorem a hluk, který vzniká při kontaktu s vozovkou. Dnes moderní traktory dosahují nejvyšších rychlostí asi 50 km.h⁻¹, proto aerodynamický hluk netvoří až tak podstatnou složku celkového vyvíjeného hluku. Za výjimku můžeme považovat traktory značky JCB, které mohou dosahovat rychlostí až 80 km.h⁻¹. Zde bude mít aerodynamický hluk jistě větší hodnotu zastoupení v celkové hlučnosti traktoru. Aerodynamický hluk se dá snižovat vhodným tvarem vozidla. Vozidlo by mělo být konstruováno tak, aby proudící vzduch byl co nejlépe obtékán kolem traktoru.

(<http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik>)

Hluk motoru

Práce spalovacích motorů se vyznačuje přerušovaným sacím a výtlačným procesem. Nerovnoměrné proudění plynů v sacích a výtlačných kanálech spojené s tímto pracovním procesem je jednou z hlavních příčin hlučnosti motoru. Značný podíl na vyzařované akustické energii mají vibrace rozličných povrchů stroje. Z praxe je známo, že spalovací motory, které nejsou opatřeny tlumičem sacího a výtlačného potrubí, vytvářejí ve svém nejbližším okolí hladiny akustického tlaku i přes 120 dB. Všeobecně lze říci, že u vzduchem chlazených motorů jsou hlučnosti traktorů vyšší. Dnes se téměř výhradně používají motory chlazené chladící kapalinou, hlučnost je tedy u těchto systému o několik decibelů nižší. (Nový, 2009)

Jak již zmiňoval Nový (2009), největší hlučnost motoru přichází se samotným pracovním cyklem spalování. Při expanzi dochází k vznícení paliva a rozpínání právě vzniklých spalin, to je velmi hlučná část pracovního cyklu vznětového motoru. Poté následuje výfuk, kdy se píst pohybuje z dolní do horní úvrati a vytlačuje horké spaliny pryč z válce motoru. Spaliny jsou pak odváděny výfukovým potrubím do ovzduší. Vlivem proudění spalin a jejich vysoké teploty dochází k rezonanci výfukového potrubí a vzniku vysokého hluku. Z tohoto důvodu je v dnešní době kladen velký důraz na koncepční řešení výfukového potrubí. Vhodným konstrukčním řešením výfukových svodů a tlumičů hluku lze hlučnost traktoru eliminovat na poměrně nízkou hodnotu.

Se zvyšováním výkonu traktorů se již poměrně dlouho využívají turbodmychadla a kompresory. Tyto části motorů, které do spalovacího prostoru vhánějí velké množství vzduchu, pracují ve velmi vysokých otáčkách. To způsobuje vznik vysokofrekvenčního hluku, který se projevuje jako nepříjemné pískání. Toto pískání bylo zřetelné hlavně s příchodem této technologie, dnes již konstruktéři dokážou nepříjemný hluk z velké části eliminovat.

Dalším hlučným jevem v motoru u moderních traktorů je nevyváženost chodu motoru. Tato nevyváženost se objevuje hlavně u traktorů s nižším počtem válců. Poměrně efektivně se dá tato negativní vlastnost eliminovat použitím vhodného setrvačnicku. Ten utlumí hmotovou nevyváženost a tím sníží hlučnost motoru.

Ke komplexnímu útlumu hluku motoru se dnes používají kvalitní protihlukové izolace kapotáže motoru. Nejvíce se však hluk traktoru eliminuje tím, že má optimálně navržené výfukové potrubí. Každý výrobce traktorů se musí řídit normami a eliminovat vnější hluk na normovanou hodnotu.

Hluk od pneumatik vznikající kontaktem s vozovkou

Hluk vzniklý stykem pneumatiky s vozovkou je vyvolán valením pneumatiky po povrchu vozovky. Tento hluk je zvláště patrný při jízdě traktoru ve vyšších rychlostech. U traktorů všeobecně platí, že při rychlosti nad 30 km.h⁻¹ převládá hluk od pneumatik nad ostatními popisovanými původci hluku traktoru.

(<http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik>)

Je obecně známo, že čím je pneumatika širší, tím větší hluk vzniká. Jak je již popisováno výše, pokud rychlost přesáhne 30 km.h⁻¹, hluk způsobený kontaktem pneumatik s vozovkou převyšuje ostatní zdroje hluku traktoru. Z toho vyplývá, že tento hluk se v českém zemědělství objevil přibližně před 25 lety. Do této doby zde totiž měly téměř stoprocentní zastoupení traktory značky Zetor, které zpravidla dosahovaly maximálních rychlostí od 25 do 30 km.h⁻¹. V devadesátých letech se na český trh dostaly i zahraniční značky traktorů, které již dosahovaly rychlostí nad 30 km.h⁻¹ a u těchto traktorů tedy převládal hluk od pneumatik a vozovky. Dále také v této problematice záleží na typu povrchu vozovky. S jistotou lze říci, že při stejné rychlosti traktoru bude hluk větší například na dlážděném kostkovém povrchu než na klasické asfaltové silnici.

Dnes již existují tzv. „protihlukové“ povrchy vozovek. Tyto povrchy mohou snížit hluk vznikající na vozovce až o tři čtvrtiny oproti běžnému asfaltovému povrchu. Tento protihlukový povrch vozovky se navíc může vyrobit z recyklovaných pneumatik. Některé vyspělé země, jako jsou např. Nizozemsko, Německo nebo Japonsko, dnes již aplikují tyto tiché vozovky na své komunikace a dosahují snížení hlučnosti oproti běžnému povrchu až o 12 dB. Tichý povrch vozovky je samozřejmě dražší než klasický asfaltový povrch. Ale pokud se tyto tiché protihlukové povrchy vozovek používají například na frekventovaných silnicích v blízkosti vesnic a měst, vznikají úspory na budování nevzhledných protihlukových stěn, nebo také úspory na

vynaložení zdravotní péče proti nemocem způsobeným hlukem.
(<http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-vznikajici-na-povrchu-komunikace>)

V České republice se tento speciální povrch již také používá na několika místech, např. v Českých Budějovicích, Havlíčkově Brodě, Praze, Mělníce, Příbrami atd. Poměrně nově se protihlukový povrch položil na frekventovanou dálnici D1 v úseku mezi Průhonicemi a Chodovem. Hladina hluku se s využitím tohoto povrchu sníží až o 6 dB. Na obrázku 1 je vidět, že protihlukový asfalt je na pohled nerozeznatelný od klasického asfaltového povrchu.

(<http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/tichy-asfalt-snizi-hladinu-hluku-na-d1-u-pruhonic/>)



Obrázek 1 Pokládání protihlukového asfaltového povrchu

Zdroj - <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/tichy-asfalt-snizi-hladinu-hluku-na-d1-u-pruhonic>

Další variantou k odstranění hluku od pneumatik je používání tzv. tichých pneumatik. Studie, která byla v roce 2006 předložena Evropské komisi, navrhuje zavedení přísnějších limitů pro hlučnost pneumatik zatím u osobních a nákladních automobilů v letech 2008 a 2012. Navrhované limity by mohly vést ke snížení hlučnosti pneumatik o:

- 2,5-5,5 dB u osobních vozidel
- 5,5-6,5 dB u nákladních aut

Studie dále dokazuje, že:

- Tiché pneumatiky nemají žádný negativní vliv na bezpečnost vozidel ani na spotřebu pohonných hmot.
- Zavedení navržených limitů by mělo za následek celkové snížení hlukové zátěže až o 3 dB, což se rovná snížení míry hluku (nebo počtu všech automobilů) na jednu polovinu.
- Průmysl je na výrobu tichých pneumatik technologicky připraven, zavedení těchto limitů si nevyžádá žádné extrémní náklady.
- Společenský přínos zavedení limitů se vyčísluje na 48 - 123 miliard euro v období let 2010 - 2022.
- Použití tichých pneumatik na tichém povrchu komunikace jejich efekt dále znásobí.
- Již v současné době existují pneumatiky, které jsou dokonce 8 dB pod limitem.
- Zavedení limitů pro hlučnost pneumatik je jedním z nejrychlejších možných řešení hlukové problematiky – životnost pneumatik je poměrně krátká, takže efekt snížení hluku by se brzy projevil. (<http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik>)

Toto nařízení by se podle mého názoru nejspíše traktorů netýkalo, ale není vyloučeno, že v budoucnosti by i traktory musely používat tyto tiché pneumatiky. Nelze opomenout, že v zemědělství je dnes možné pozorovat tendenci k používání traktorové dopravní techniky. A to z důvodu, že traktory méně utužují půdu a mají variabilnější použití než nákladní automobily s výměnnými nástavbami. Faktem také je to, že traktory v dnešní době dosahují velkých rychlostí a není tedy tak velký rozdíl mezi překonáváním vzdáleností traktorů a nákladních automobilů.

2.3 Kabina traktorů

Kabina traktoru tvoří pracovní prostředí obsluhy. Řešení kabiny ovlivňuje pracovní nasazení řidiče a nesporně i jeho zdraví. (Bauer, 2006)

2.3.1 Historie kabin traktorů

První na světě vyrobené traktory neměly kabinu. Řidič traktoru pracoval ve velmi obtížných podmínkách, létal na něj prach a další částice, které vznikaly při práci traktoru. Řidič nebyl nijak chráněn proti špatným povětrnostním podmínkám a proti dalším vlivům špatného počasí. Kabina dnes slouží také jako bezpečnostní prvek, a proto byly první traktory bez kabiny velmi nebezpečné. Pokud se totiž traktor převrátil, řidič nebyl žádným způsobem chráněn, a proto v té době vznikala při podobných nehodách vážná poranění a v některých případech následovala i smrt. Dalším problémem, který řidiči znesnadňoval práci, byl nadměrný hluk pocházející z různých částí traktoru. První traktory samozřejmě nedisponovaly žádným odhlučněním motoru ani různými tlumícími prvky. Obrovským úspěchem byl už jen samotný vynález traktoru, na obsluhu se příliš nehledělo. Na obrázku 2 je zachycen traktor bez kabiny Zetor 25 A. Na tyto traktory se v pozdějším vývoji výroby začaly montovat „polouzavřené kabiny“.



Obrázek 2 Traktor bez kabiny Zetor 25 A

Další krok ke zlepšení pracovních podmínek řidiče bylo právě zavádění „polouzavřených“ kabin. Tato kabina byla uzavřena ze tří stran. Nastupovalo se do ní zezadu, anebo bočními šoupátkovými dveřmi ze strany, jako je vidět na obrázku 3.

Na začátku 70. let byla v Československu vydána vyhláška, která nařizovala dodatečnou montáž bezpečnostní kabiny nebo montáž ochranného rámu. Výraz bezpečnostní kabina znamená, že nosníky, ze kterých je kabina vyrobena, odolají případnému převrácení traktoru. Ochranný rám zajišťoval stejnou funkci. Traktor bez bezpečnostní kabiny nebo ochranného rámu nemohl být používán. Výdaje na tento bezpečnostní prvek zaplatily státní podniky či zemědělská družstva. Zavedení tohoto bezpečnostního prvku bylo reakcí na velké množství usmrcených řidičů při převrácení traktorů. (Zdeněk Krýsl, in verb; Dörflinger, 2012)



Obrázek 3 Zetor 3011 s „polouzavřenou“ kabinou

Tyto „polouzavřené“ kabiny navíc již zajišťovaly ochranu před nepříznivými povětrnostními vlivy. Další pokrok ve vývoji kabin znamenal i to, že tyto kabiny byly již částečně vytápěny. Vytápění bylo realizováno přívodem zbytkového tepla od motoru. Sice teplo traktorem jen procházelo a zadní otevřenou částí kabiny unikalo, i tak ale bylo toto částečné vytápění mírným pokrokem ve vývoji kabin.

Po tomto typu kabin se již začaly vyrábět a na traktory postupně montovat kabiny „uzavřené“. Příklad této kabiny je na obrázku 4, kde je zachycen Zetor 7745.

Obsluha traktoru již byla proti větru plně chráněna ze všech čtyř stran. Kabiny byly vybaveny dvojicí bočních dveří, aby byl do traktoru snadnější přístup. Otvíraly se ve směru jízdy nebo naopak proti směru jízdy. Tyto kabiny již disponovaly topením, které z kabiny ve větším množství neunikalo, což usnadňovalo práci v zimních měsících. Kabina byla také již dobře utěsněná proti vniknutí prachu a jiných nečistot. V letních měsících šla teplota regulovat ventilátorem a otevřenými bočními okénky, případně zadním oknem, kterými byly většinou tyto kabiny vybaveny. Vniknutí prachu a nečistot řidič tedy nezabránil, pokud mu ke snížení teploty v létě nestačil ventilátor. Tyto kabiny byly také obstojně odhlučněny. Toto odhlučnění ale samozřejmě pominulo, pokud měla obsluha otevřená okna. Další výhodou bylo, že tyto kabiny již byly montovány na silentblocích. Toto opatření zmírňovalo a tlumilo rázy, které při kabině montované na rámu traktoru vznikaly. Uzavřené kabiny se používají dodnes a jsou standardně osazovány na všechny typy traktorů.



Obrázek 4 Uzavřená kabina Zetor 7745

2.3.2 Současnost kabin

Moderní kabiny dnes disponují ergonomickým uspořádáním prvků, odpružením sedadla a také velkou prosklenou plochou, proto je z traktoru dobrý výhled. Základ kabiny tvoří ocelový svařovaný rám, obvykle se šesti nebo čtyřmi sloupky, které spojují horní a dolní část konstrukce. Z pohledu bezpečnosti práce kabina velmi

dobře chrání řidiče při nárazu nebo při převrácení. Při statických nebo dynamických zkouškách, které se provádějí, nesmí do tzv. chráněného prostoru (prostor pro řidiče) proniknout žádná součást ochranného zařízení. Prosklená plocha kabiny může dosahovat až 6 m² a dobrý výhled z traktoru nekazí ani výfukové potrubí, které je schováno za jedním ze sloupků kabiny.

Kabiny jsou dnes dobře izolovány proti hluku. Hluk a jeho nepříznivé účinky, projevující se např. špatnou soustředěností řidiče, únavou, nedoslýchavostí, poruchami spánku atd., by se tedy u řidiče neměly vyskytovat. Předpisy rozeznávají u traktorů vnější a vnitřní hlučnost. Vnitřní hlučnost 90 dB, respektive 85 dB. To záleží na metodice měření. Vnější hlučnost je limitována 89 dB u traktorů s hmotností nad 1,5 tuny.

Pro snadnější otevírání jsou dnes na dveřích kabin použity plynové vzpěry. Při využívání traktoru s čelním nakladačem se obvykle využívá panoramatické střešní okno, aby měl řidič dobrý výhled při manipulaci s břemeny ve vyšších polohách.

Kabina je uložena na podvozku prostřednictvím pryžových segmentů, které zajišťují tlumení vibrací vznikajících při jízdě. Pro dokonalejší tlumení vibrací se dnes přistupuje k odpružení kabiny, které využívá kombinaci pneumatických či hydraulických pružících prvků s ocelovou nebo pryžovou pružinou. Přední část kabiny je uložena pomocí silentbloků nebo teleskopických tlumičů. (Bauer, 2006)

Odpružení má samozřejmě největší vliv na pohodlí řidiče traktoru. Nelze však opomenout, že také zamezuje rozkmitání například některých plastů či ovládacích prvků v kabině, a tak tedy odpružení v určité menší míře snižuje hluk v kabině. Kabiny jsou dnes standardně vybavovány klimatizací, řidič proto nemusí v letních měsících otvírat okna. To napomáhá ke snížení hluku v kabině a také to zamezuje vnikání prachu.

3. Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je porovnat různé značky traktorů, které mají výkon od 70 kW do 93 kW, z hlediska hluku v kabině v místě obsluhy a také z hlediska hluku vně traktoru v určité vzdálenosti. Cílem bylo porovnat alespoň tři různé značky traktorů. Mně se však podařilo naměřit jedenáct traktorů různých výrobců. U těchto traktorů uvedu mimo jiné požadované technické parametry včetně motohodin, roku výroby atd.

Po domluvě s vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Marií Šístkovou jsme zvolili metodiku porovnávání různých značek traktorů v maximálních otáčkách.

Další cíl, měření a porovnávání traktorů při pracovních operacích, jsem přehodnotil kvůli tomu, že traktory porovnávané například v orbě či setí, nemají stejné podmínky. Svahovitost, skladba půdy či jiný pracovní prostředek, to vše by mělo vliv na měření hlučnosti sledovaných traktorů. Také jsem nemohl traktory agregované s pluhem, secími stroji, podmítači atd. porovnávat, jelikož všechny zemědělské farmy, které jsem oslovil, těmito stroji nedisponují. Nemohl bych tedy všechny své zvolené značky porovnávat. Proto jsem opět po domluvě s vedoucí mé práce paní Ing. Marií Šístkovou, Csc. zvolil takovou metodiku měření v maximálních otáčkách, aby se mimo jiné po dokončení všech měření mohly výsledky objektivně porovnávat.

Zvolená metodika bude podrobně představena v další kapitole. Naměřené hodnoty hlukové zátěže v místě obsluhy i vně traktoru budou zpracovány do tabulek a do grafů a porovnány s legislativními předpisy, které stanovují maximální hladinu hluku.

4. Metodika práce

4.1 Měřicí přístroje

Pro měření jsem použil hlukoměry Voltcraft Plus SL-300 a Voltcraft Plus SL-400 splňující normu EN 61672 třídy přesnosti 2 s měřicím rozsahem 30 až 130 dB. Tyto hlukoměry byly kalibrovány přístrojem Voltcraft 326, IEC 60942:2003 třídy přesnosti 2. Kalibrátor a hlukoměry jsem si vypůjčil od Katedry zemědělské dopravní a manipulační techniky, která spadá pod Zemědělskou fakultu Jihočeské univerzity. Oba hlukoměry byly nastaveny na režim SLOW, který pracuje v rozsahu od 50 do 100 dB. Tento rozsah měření hlučnosti pohodlně stačil jak v kabině, tak i mimo ni. Měřicí přístroj Voltcraft Plus SL-300 byl použit na vnitřní měření v kabině. Naopak měřicí přístroj Voltcraft Plus SL-400, který je pro názornou ukázkou uveden na obrázku 5, měřil hlučnost vně traktoru. Hlukoměr na měření vně traktoru byl vybaven stojánkem, který zajišťoval, že měření probíhalo vždy ve stejné výšce.



Obrázek 5 Měřicí přístroj Voltcraft Plus

Dále jsem měl k dispozici meteorologickou stanici Novato, model WS 870 W, která je zachycena na obrázku 5. Pomocí této stanice jsem zjišťoval venkovní teplotu a vlhkost vzduchu.

Další pomůckou bylo měřicí pásmo. Pomocí tohoto pásma jsem měřil vzdálenost mezi traktorem a stojanem s hlukovým zařízením.



Obrázek 6 Meteorologická stanice Novato

4.2 Podmínky měření

Podmínky měření jsem stanovil tak, aby se naměřené výsledky všech jedenácti traktorů daly vzájemně porovnávat. Měření jsem se snažil provádět ve volném prostoru, aby se hluk od traktoru neodrážel a nezkresloval tak naměřené údaje. Při měření nemohl být v blízkosti žádný jiný zdroj zvuku, který by také mohl ovlivnit hodnoty výsledků.

Traktor dále musel být zahřátý na provozní teplotu, tj. 85 až 90 °C. Další podmínkou bylo, aby v traktoru byla důkladně zavřená všechna okna, dveře a samozřejmě také musel být vypnut ventilátor, klimatizace a rádio.

Co se týče počasí, tak při měření panovalo bezvětří, při měření hluku je však přípustný vítr o rychlosti do 5 m.s⁻¹. K dalším nezbytným podmínkám při měření patří teplota pohybující se od 0 °C do 30 °C. Při nižších nebo vyšších teplotách by hlukoměr pravděpodobně neměřil správně. Atmosférický tlak není při měření nějakým způsobem omezen. Relativní vlhkost vzduchu by se měla pohybovat do 90%. Při měření byla v kabině traktoru vždy jedna a ta samá osoba, která měla hlukoměr stále na stejném místě, a to u pravého ucha. Venkovní hlukoměr se nacházel v levé části traktoru a to 5 metrů od výfukového potrubí traktoru. Zde je hluk z traktoru největší. Výška hlukoměru činila 1,5 metru.

4.3 Postup měření

Jelikož je můj otec zemědělský podnikatel s vlastním hospodářstvím a já osobně také znám mnoho zemědělců ze svého okolí, bylo poměrně jednoduché zajistit traktory různých značek potřebné k naměření podkladů k bakalářské práci. Jako nejvhodnější mi přišla volba středních traktorů od 70 kW do 93 kW. Jsem si vědom, že neobjektivnější by bylo, kdyby traktory měly stejný výkon, stejný rok výroby a podobný počet motohodin, ale těchto podmínek by nejspíše nešlo dosáhnout ani při výběru traktorů z celé republiky.

Měření jsem chtěl stihnout v co nejmenším časovém úseku, aby příliš rozdílné podmínky počasí nezneškodily korektnost výsledků. Za jeden den se měření nedalo stihnout, jelikož farmy jsou poměrně daleko od sebe. Naměřeno jsem tedy měl v průběhu dvou dní. Na počasí jsem měl štěstí, jelikož teploty se při jednotlivých měřeních pohybovaly v rozmezí 12 až 18 °C. Po celou dobu panovalo bezvětří.

Po dobu měření mi vypomáhal spolužák Jan Koschant, abych nemusel obtěžovat samotné řidiče traktoru. To také napomohlo tomu, že jsme měření traktoristy příliš nezdrželi od jejich činnosti. Po příjezdu do zemědělské firmy jsme umístili meteorologickou stanici do blízkosti traktoru. Poté jsme připravili stojan, na který jsme namontovali hlukoměr do výšky 1,5 metru. Následně jsme od výfukového potrubí kolmo na podélnou osu traktoru naměřili 5 metrů a zde umístili stojan s hlukoměrem. S druhým hlukoměrem nastoupil kolega do kabiny traktoru, který byl zahřátý na provozní teplotu. V kabině kolega vypnul ventilátor, rádio a nastavil ruční plyn na maximální otáčky. Maximální otáčky jsem zvolil proto, abych mohl dobře srovnávat odhlučnění kabin traktorů a také proto, že při maximálních otáčkách traktor logicky dosahuje největšího hluku. Po přidání ručního plynu na maximální otáčky umístil kolega hlukoměr k pravému uchu, to z toho důvodu, že největší zdroj hluku, výfukové potrubí, bylo u všech měřených traktorů na pravé straně. Poté jsem já, který jsem byl u stojanu s hlukoměrem a časovým měřicím zařízením, mávnutím ruky odstartoval interval třiceti sekund a oba jsme zmáčkli tlačítko k zahájení měření. Po uběhnutí půlminutového intervalu jsem opětovným mávnutím ruky měření ukončil. Tímto způsobem jsme měření opakovali třikrát. Po ukončení všech

měření jsem si opsal všechny údaje z meteorologické stanice. Traktoristé mi poté sdělili počet motohodin a také rok výroby jejich traktoru, což jsme následně ověřili v technickém průkazu traktoru.

Po změření všech traktorů jsem si pomocí propojovacího USB kabelu uložil data do počítače, abych s nimi mohl dále pracovat. Výsledkem měření je ekvivalentní hladina akustického tlaku vypočtená podle vzorce

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

L_{Aeq} ekvivalentní hladina zvuku A [dB]

L_i hladina zvuku A i-tého vzorku měření [dB]

T časový interval měření

t doba záznamu i-tého vzorku [s]

n počet vzorků měření [-]

Jestliže rozptyl naměřených hodnot je menší než 5 dB, nepočítá se podle vzorce (1), ale z naměřených výsledků se jednoduše vypočítá aritmetický průměr.

5. Technické údaje měřených traktorů

U všech jedenácti porovnávaných traktorů uvádím technické parametry. Jmenovitý výkon motoru má na hlučnost traktoru velký vliv, obecně platí, že čím vyšší výkon, tím vyšší hluk. Zdvihový objem udává velikost prostoru mezi dolní a horní úvratí spalovacího prostoru. Dá se předpokládat, že čím větší zdvihový objem, tím vyšší hlučnost motoru. Počet válců je u všech porovnávaných traktorů stejný, a to 4 válce. V technických parametrech však počet válců uvádím z toho důvodu, že dnes již někteří výrobci traktorů dokážou vyrobit traktor se třemi válci, který má výkon až 76 kW. Mezi tyto výrobce patří například Massey Ferguson s traktorem 5600. Maximální otáčky jsou uvedeny, jelikož v těchto otáčkách se provádělo měření. Rok výroby má podstatný vliv na hlučnost. Lze předpokládat, že čím je traktor novější, tím méně je opotřebovaný a vydává tedy menší hlučnost. S tím souvisí i počet motohodin. Čím více je traktor využíván, tím více se opotřebovává. Pracovní operace, ve kterých traktor působí, uvádím z toho důvodu, že se domnívám, že pokud traktor pracuje v polních podmínkách, tak je více opotřebováván, než pokud traktor pracuje na loukách či v dopravě po pozemních komunikacích. Jako poslední údaj je uveden majitel traktoru. Každý porovnávaný traktor je zachycen na obrázku. Některé fotografie nejsou totožné s místem, kde se provádělo měření, a to z důvodu, že v blízkém okolí se nacházely budovy, které by mohly ovlivnit naměřené hodnoty.

5.1 John Deere 6230 Standard

Jmenovitý výkon motoru: 70 kW / 95 hp

Zdvihový objem motoru: 4500 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2500 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2011

Počet motohodin v době měření: 1358,2

Pracovní operace traktoru: doprava, válcování po setí, orba, smykování, vláčení,
mulčování kolem cest, hnojení statkovými hnojivy

Majitel: Ing. Jiří Opekar – Todně



Obrázek 7 John Deere 6230 Standard

5.2 New Holland T5.115 EC

Jmenovitý výkon motoru: 84 kW / 114 hp

Zdvihový objem motoru: 3400 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2300 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2007

Počet motohodin v době měření: 2154,1

Pracovní operace traktoru: sečení luk, práce s čelním nakladačem, hnojení
statkovými hnojivy, válcování luk, nahrabování sena či
senáže, obracení sena, doprava

Majitel: Josef Šedivý – Soběnov



Obrázek 8 New Holland T5 115 EC

5.3 Fendt 411 Vario

Jmenovitý výkon motoru: 74 kW / 100 hp

Zdvihový objem motoru: 4038 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2200 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2010

Počet motohodin v době měření: 2848,9

Pracovní operace traktoru: sečení luk, lisování sena či senáže, orba, hnojení
statkovými hnojivy, doprava

Majitel: Vladimír Lepša – Pěčín



Obrázek 9 Fendt 411 Vario

5.4 Massey Ferguson 5435 Dyna 4

Jmenovitý výkon motoru: 71 kW / 96 hp

Zdvihový objem motoru: 4038 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2300 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2011

Počet motohodin v době měření: 1233,0

Pracovní operace traktoru: postřikování, práce s čelním nakladačem, hnojení
průmyslovými hnojivými, smykování luk, doprava

Majitel: Jaroslav Kadlec – Velký Bor



Obrázek 10 Massey Ferguson 5435 Dyna 4

5.5 Claas Axos 340

Jmenovitý výkon motoru: 74 kW / 100 hp

Zdvihový objem motoru: 4400 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2200 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2011

Počet motohodin v době měření: 3158,4

Pracovní operace traktoru: každodenní krmení krmným vozem

Majitel: ZD Borovany



Obrázek 11 Claas Axos 340

5.6 Steyr 4110 Profi

Jmenovitý výkon motoru: 81 kW / 110 hp

Zdvihový objem motoru: 4485 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2500 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2011

Počet motohodin v době měření: 2598,6

Pracovní operace traktoru: práce s čelním nakladačem v lesním hospodářství, práce s vyvážecím návěsem, práce s traktorovým navijákem

Majitel: Silva Lignum Malonty



Obrázek 12 Steyr 4110 Profi

5.7 Belarus 922.3

Jmenovitý výkon motoru: 70 kW / 95 hp

Zdvihový objem motoru: 4750 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2200 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2007

Počet motohodin v době měření: 5080,4

Pracovní operace traktoru: lisování malých válcových balíků, doprava

Majitel: Epigon Ledenice



Obrázek 13 Belarus 922.3

5.8 Zetor Forterra 11441

Jmenovitý výkon motoru: 81 kW / 110 hp

Zdvihový objem motoru: 4156 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2460 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2007

Počet motohodin v době měření: 6228,0

Pracovní operace traktoru: shrnování sena či senáže, obracení sena, hnojení
statkovými hnojivy, lisování sena, balení válcových
balíků do fólie, doprava

Majitel: Farma Mášl – Hubenov



Obrázek 14 Zetor Forterra 11441

5.9 Case JX 1100 U

Jmenovitý výkon motoru: 74 kW / 100 hp

Zdvihový objem motoru: 4500 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2800 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2007

Počet motohodin v době měření: 4078,7

Pracovní operace traktoru: shrnování sena či senáže, obracení sena, hnojení průmyslovými hnojivými, hnojení statkovými hnojivými, smykování a vláčení polí, smykování luk, doprava

Majitel: ZD Kamenná



Obrázek 15 Case JX 1100 U

5.10 Lamborghini R6 120

Jmenovitý výkon motoru: 93 kW / 120 hp

Zdvihový objem motoru: 4038 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2400 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2007

Počet motohodin v době měření: 4989,6

Pracovní operace traktoru: lisování sena či senáže, sečení luk, hnojení statkovými hnojivy, doprava

Majitel: Jaroslav Něnička - Janova ves



Obrázek 16 Lamborghini R6 120

5.11 Deutz Fahr K410 Agrotron

Jmenovitý výkon motoru: 73 kW / 99 hp

Zdvihový objem motoru: 4038 cm³

Počet válců: 4

Maximální otáčky: 2400 ot.min⁻¹

Rok výroby: 2011

Počet motohodin v době měření: 328,2

Pracovní operace traktoru: autoškola, doprava

Majitel: SOŠ veterinární, mechanizační a zahradnická a Jazyková zkouška s právem státní jazykové zkoušky České Budějovice



Obrázek 17 Deutz Fahr K4110 Agrotron

6. Výsledky měření

Jelikož by všechny mé naměřené výsledky z jedenácti měřených objektů byly velmi obsáhlé, tak jsem se po domluvě s vedoucí práce paní Ing. Marií Šístkovou rozhodl, že nebudu do své práce vkládat všechny výsledky, ale pro představu vložím jen jednu tabulku s naměřenými výsledky.

V tabulce 2 je uvedeno jedno ze tří provedených měření u traktoru Belarus 922.3 uvnitř kabiny. V prvním sloupci je uveden datum měření, v druhém následně čas měření. Ve třetím sloupci je zaznamenán výsledek měření a ve čtvrtém jednotka. V posledním řádku je výsledek ekvivalentní hladiny akustického tlaku vypočítaný aritmetickým průměrem všech hodnot. Maximální a minimální hodnota je uvedena proto, aby bylo jasné, že hodnoty měření se neměnily o více jak 5 dB a výsledek se tedy nemusel počítat pomocí vzorce (1) ale postačil aritmetický průměr. V tabulce 3 jsou uvedeny hodnoty hladiny akustického tlaku traktoru Belarus 922.3 mimo kabinu. Tyto hodnoty se měřily zároveň s měřením uvnitř kabiny.

Tabulka 2 Hladina akustického tlaku traktoru Belarus uvnitř kabiny

24.9.2014	15:45:17	78,2	dB	24.9.2014	15:45:33	76,5	dB
24.9.2014	15:45:18	78	dB	24.9.2014	15:45:34	77,3	dB
24.9.2014	15:45:19	77,9	dB	24.9.2014	15:45:35	77,7	dB
24.9.2014	15:45:20	77,2	dB	24.9.2014	15:45:36	77,6	dB
24.9.2014	15:45:21	77,1	dB	24.9.2014	15:45:37	77,6	dB
24.9.2014	15:45:22	77,5	dB	24.9.2014	15:45:38	77,7	dB
24.9.2014	15:45:23	77,6	dB	24.9.2014	15:45:39	77,7	dB
24.9.2014	15:45:24	77,2	dB	24.9.2014	15:45:40	77,7	dB
24.9.2014	15:45:25	77,1	dB	24.9.2014	15:45:41	77,8	dB
24.9.2014	15:45:26	76,5	dB	24.9.2014	15:45:42	77,2	dB
24.9.2014	15:45:27	77,5	dB	24.9.2014	15:45:43	77,5	dB
24.9.2014	15:45:28	77,2	dB	24.9.2014	15:45:44	77,8	dB
24.9.2014	15:45:29	77,3	dB	24.9.2014	15:45:45	78,3	dB
24.9.2014	15:45:30	77,3	dB		L_{Aeq}	77,5	dB
24.9.2014	15:45:31	77,3	dB		Max	78,3	dB
24.9.2014	15:45:32	77,1	dB		Min	76,5	dB

Tabulka 3 Hladina akustického tlaku traktoru Belarus mimo kabinu

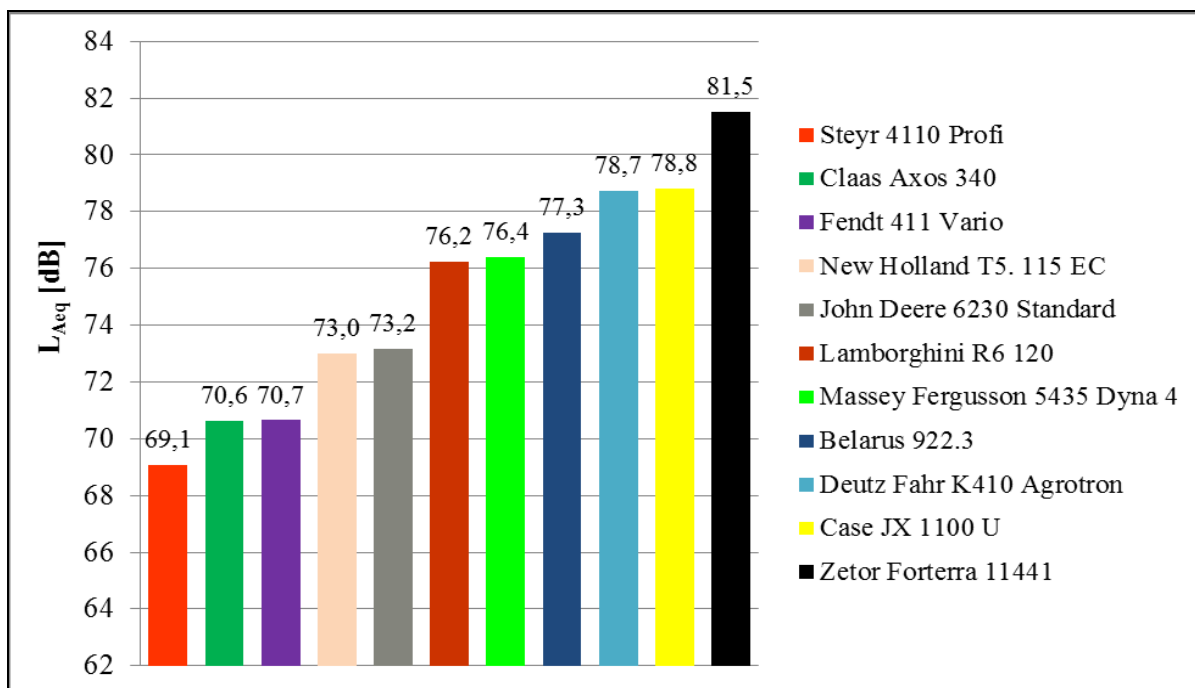
24.9.2014	15:45:17	81	dB	24.9.2014	15:45:33	80,4	dB
24.9.2014	15:45:18	81,2	dB	24.9.2014	15:45:34	80,8	dB
24.9.2014	15:45:19	80,4	dB	24.9.2014	15:45:35	80,8	dB
24.9.2014	15:45:20	80,7	dB	24.9.2014	15:45:36	80,6	dB
24.9.2014	15:45:21	80	dB	24.9.2014	15:45:37	80,4	dB
24.9.2014	15:45:22	80,5	dB	24.9.2014	15:45:38	80,8	dB
24.9.2014	15:45:23	80	dB	24.9.2014	15:45:39	80,6	dB
24.9.2014	15:45:24	81	dB	24.9.2014	15:45:40	80,4	dB
24.9.2014	15:45:25	81,6	dB	24.9.2014	15:45:41	80,5	dB
24.9.2014	15:45:26	79,8	dB	24.9.2014	15:45:42	81	dB
24.9.2014	15:45:27	81,2	dB	24.9.2014	15:45:43	80,6	dB
24.9.2014	15:45:28	80,3	dB	24.9.2014	15:45:44	80,6	dB
24.9.2014	15:45:29	80,3	dB	24.9.2014	15:45:45	79,8	dB
24.9.2014	15:45:30	80,2	dB		L_{Aeq}	80,6	dB
24.9.2014	15:45:31	80,1	dB		Max	81,6	dB
24.9.2014	15:45:32	80,7	dB		Min	79,8	dB

6.1 Porovnání hladiny akustického tlaku různých značek uvnitř kabiny traktoru

V tabulce 4 jsou uvedeny výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku uvnitř traktoru. Tyto hodnoty byly vypočítány aritmetickým průměrem ze všech tří provedených měření na každém traktoru. Na obrázku 18 jsou poté výsledky znázorněny v grafické podobě.

Tabulka 4 Porovnání akustického tlaku v kabině

Značka traktoru a typ	L _{Aeq}	jednotka
Steyr 4110 Profi	69,07	dB
Claas Axos 340	70,64	dB
Fendt 411 Vario	70,66	dB
New Holland T5. 115 EC	73,02	dB
John Deere 6230 Standard	73,18	dB
Lamborghini R6 120	76,24	dB
Massey Ferguson 5435 Dyna 4	76,41	dB
Belarus 922.3	77,27	dB
Deutz Fahr K410 Agrotron	78,74	dB
Case JX 1100 U	78,83	dB
Zetor Forterra 11441	81,52	dB



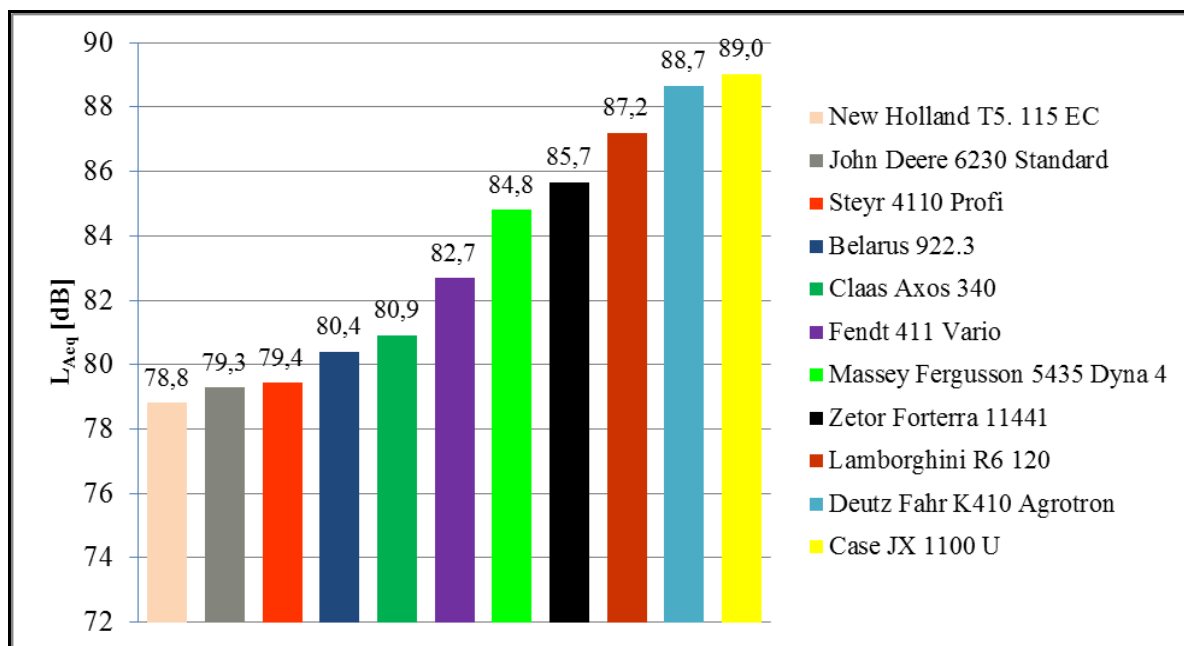
Obrázek 18 Grafické porovnání hladiny akustického tlaku v kabině

6.2 Porovnání hladiny akustického tlaku různých značek mimo kabinu traktoru

V tabulce 5 jsou uvedeny výsledné hodnoty hladiny akustického tlaku mimo kabinu traktoru. Tyto hodnoty byly vypočítány aritmetickým průměrem ze všech tří provedených měření na každém traktoru. Na obrázku 19 jsou poté výsledky znázorněny v grafické podobě.

Tabulka 5 Porovnání hladiny akustického tlaku mimo kabinu

Značka traktoru a typ	L_{Aeq}	jednotka
New Holland T5. 115 EC	78,82	dB
John Deere 6230 Standard	79,28	dB
Steyr 4110 Profi	79,43	dB
Belarus 922.3	80,4	dB
Claas Axos 340	80,91	dB
Fendt 411 Vario	82,68	dB
Massey Ferguson 5435 Dyna 4	84,81	dB
Zetor Forterra 11441	85,66	dB
Lamborghini R6 120	87,2	dB
Deutz Fahr K410 Agrottron	88,66	dB
Case JX 1100 U	89,03	dB



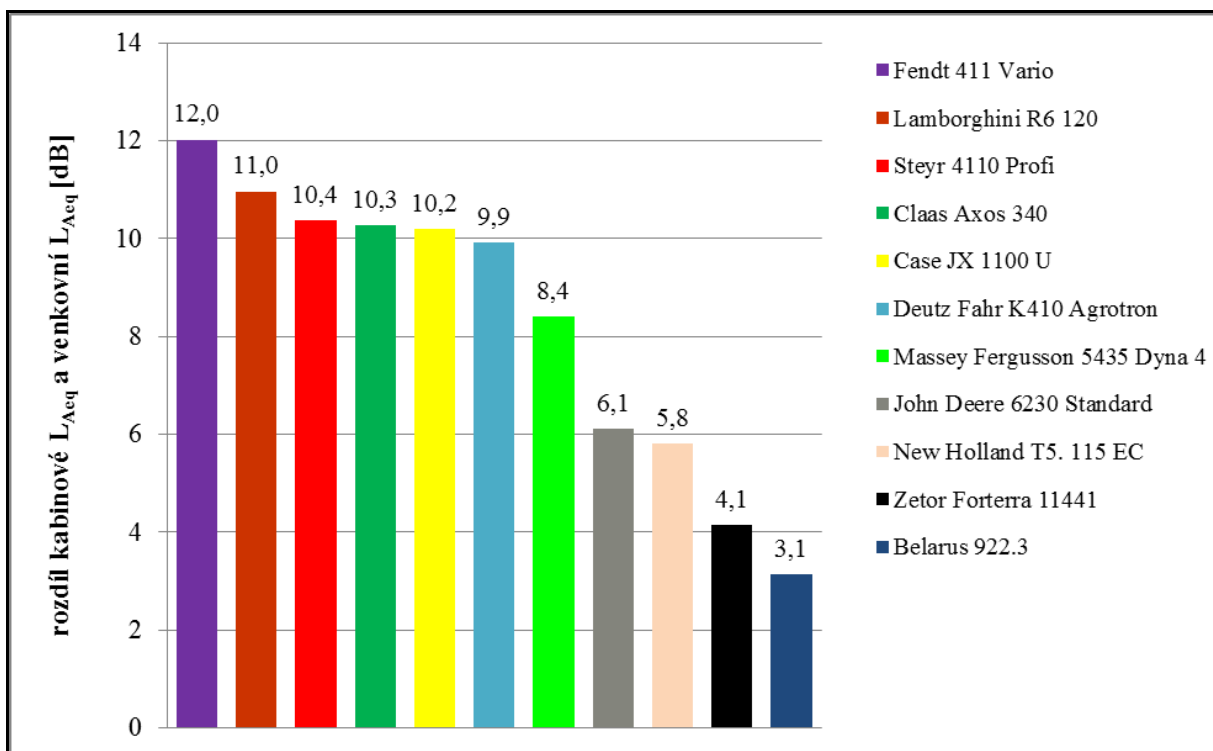
Obrázek 19 Grafické porovnání hladiny akustického tlaku mimo kabinu

6.3 Porovnání kabin, u kterých je snížena hladina akustického tlaku z vnějšího prostředí o největší hodnotu

V následující kapitole budou porovnány kabiny podle toho, jak je jejich výrobci dokázali odhlučnit. V další tabulce 6 a obrázku 20 bude tedy vidět, o kolik decibelů výrobci dokázali snížit hluk z venkovního prostředí do prostředí kabinového.

Tabulka 6 Porovnání kabin, u kterých je snížen hluk o největší hodnotu

Značka a typ traktoru	L_{Aeq} mimo kabinu	L_{Aeq} v kabině	rozdíl kabinové L_{Aeq} a venkovní L_{Aeq}	jednotky
Fendt 411 Vario	82,68	70,66	12,02	dB
Lamborghini R6 120	87,2	76,24	10,96	dB
Steyr 4110 Profi	79,43	69,07	10,36	dB
Claas Axos 340	80,91	70,64	10,27	dB
Case JX 1100 U	89,03	78,83	10,2	dB
Deutz Fahr K410 Agrotron	88,66	78,74	9,92	dB
Massey Ferguson 5435 Dyna 4	84,81	76,41	8,4	dB
John Deere 6230 Standard	79,28	73,18	6,1	dB
New Holland T5. 115 EC	78,82	73,02	5,8	dB
Zetor Forterra 11441	85,66	81,52	4,14	dB
Belarus 922.3	80,4	77,27	3,13	dB



Obrázek 20 Grafické porovnání kabin, u kterých je snížen hluk o největší hodnotu

7. Závěr

Smyslem této práce bylo změřit hladinu akustického tlaku různých značek traktorů v kabině i mimo ni, tyto naměřené hodnoty porovnat a vyhodnotit, zdali nepřesahují maximální přípustné hladiny uvedené v legislativě. Maximální přípustná hladina akustického tlaku v kabině činí 85 dB. Tuto mezní hodnotu nepřekračuje žádný z porovnávaných traktorů. Dle mých provedených měření nejmenší hluková zátěž na obsluhu je v kabině traktoru Steyr. Zde je hladina akustického tlaku dokonce pod 70 dB hranicí, konkrétně 69,1 dB. Nízkou hladinu mají i traktory Claas a Fendt, zde se naměřené hodnoty pohybují těsně nad hranicí 70 dB. Naopak nejhorší hladinu akustického tlaku v kabině má traktor českého výrobce Zetor. Zde jsem naměřil dokonce 81,5 dB.

Co se týče naměřených výsledků v okolním prostředí traktoru, tak pořadí traktorů nebylo stejné jako v kabině. Nejmenší hluk vydával New Holland, John Deere, Steyr atd. Překvapením pro mě bylo páté místo traktoru Belarus, který dle mého názoru zaostává v modernizování svých traktorů v porovnání například s traktory Claas, Fendt či Massey Ferguson, které se umístily právě až za traktorem Belarus. Nejvyšší přípustná hodnota v okolním prostředí traktoru je 89 dB. Traktor Case, který v mém měření dosáhl nejvyššího hluku mimo kabinu, tuto hodnotu nepřesáhl, ale vyrovnal ji a nejvíce tedy hlukově zatěžuje životní prostředí. Každopádně i v měření mimo kabinu žádný z porovnávaných traktorů nepřesáhl maximální stanovené limity

Dále bylo v práci porovnáváno, který výrobce dokázal nejvíce snížit hladinu akustického tlaku z venkovního do vnitřního prostředí. Toto měření tedy ukázalo, který výrobce dokázal pomocí různých zvukových izolantů nejvíce snížit hluk, který vydává traktor. Nejvíce snížil vnější hluk na vnitřní hluk výrobce Fendt, a to o 12 dB. O 11 dB snížil vnější hluk traktor Lamborghini. Kolem hranice 10 dB odhlučnění z prostředí venkovního na vnitřní se nacházejí traktory Steyr, Claas, Case a Deutz Fahr. O nejmenší hodnotu snížili hluk výrobci Zetor a Belarus, a to jen o 4,1 dB a 3,1 dB.

Jak již bylo uvedeno v metodice, naměřené výsledky by byly nejobektivnější, kdyby traktory měly stejný výkon, stejný rok výroby, podobný počet odpracovaných motohodin, stejný režim maximálních otáček, kdyby se měření provádělo ve stejný čas na stejném místě atd. Toho však nešlo dosáhnout, ale i tak si myslím, že díky stejné metodice, malému rozdílu roku výroby a malému rozdílu ve výkonu traktorů lze brát výsledky v potaz. Dobrou zprávou je, že žádný z porovnávaných traktorů nepřesáhl maximální stanovené limity v oblasti hluku a výrobci tedy splňují dané normy. Naměřené výsledky v kabině i mimo ni jsou však u různých výrobců velmi rozdílné. Dle mého názoru by se tedy legislativa měla zpřísnit, aby i výrobci, kteří hluku nevěnují takovou pozornost, museli na odhlučnění kabiny a traktoru zapracovat. Jelikož jak je z výsledků patrné, hluk snížit lze. Jako příklad udávám hodnoty hladiny akustického tlaku v kabině u rakouského výrobce traktorů Steyr (69,1 dB) a českého výrobce Zetor (81,5 dB). Pokud by se tedy maximální stanovené limity hladiny akustického tlaku zpřísnily, jistě by se i ti výrobci traktorů, kteří zaostávají v oblasti odhlučnění traktoru a kabiny, snažili dokázat vyšší hladiny hluku snížit.

8. Seznam použité literatury

- [1] Bauer, F., Sedlák, P. a Šmerda, T. *Traktory*. Praha: Profi Press, 2006, 192 s. ISBN 80-867-2615-0.
- [2] Doucha, P., Bernard M., Fadrný M. a Matějka L. *Hluk ve vnějším prostředí: Právní rádce občana obtěžovaného hlukem*. Tábor: Ekologický právní servis, 2007, s. 33. Dostupné z: http://hluk.eps.cz/hluk/files/2010/03/Hluk_brozura.pdf
- [3] Dörflinger, M. *Traktory: obrazový atlas*. Praha: Knižní klub, 2012, 304 s. Universum (Knižní klub). ISBN 978-80-242-3244-7.
- [4] Günther, B., Hansen K. H., a Veit. I. *Technische Akustik - ausgewählte Kapitel: Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik*. 8. Aufl. Renningen: Expert, 2008. ISBN 978-381-6927-884.
- [5] Havránek, Jiří. *Hluk a zdraví*. 1. vyd. Praha: Avicenum, 1990, 278 s. ISBN 80-201-0020-2.
- [6] Hluk a jeho působení na lidský organismus. [online]. [cit. 2015-17-02]. Dostupné z: <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>
- [7] *Hluk a zdraví*. Praha: Státní zdravotní ústav v nakl. Fortuna, 2001, 28 s. Místní orgány státní správy, životní prostředí a zdraví. ISBN 80-707-1185-X.
- [8] Hluk vznikající na povrchu komunikace. [online]. [cit. 2015-17-02]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-vznikajici-na-povrchu-komunikace>
- [9] Hluk z motorů a pneumatik. [online]. [cit. 2015-17-02]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik>
- [10] Krýsl, Z.: Ústní sdělení, dne 14. 2. 2015, katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky, 09:30 hod, 15 minut.
- [11] Liberko, M. *Hluk v prostředí: problematika a řešení*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2004, 27 s. ISBN 80-721-2271-1.

- [12] Líkař, O. *Pracovní prostředí obsluhy v kabině traktoru* [online]. 2014 [cit. 2015-02-02]. Dostupné z:
http://theses.cz/id/t1frxu/Bakalarska_prace_Likar_Ondrej_2_ZT.pdf.
Bakalářská práce. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky.
- [13] Nový, R.. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [14] Nový, R. *Hluk a otřesy*. Praha: České vysoké učení technické, 1973. 131 s. ISBN 699.844:534.83:621-752 (075.8).
- [15] Smetana, C. *Hluk a vibrace. Měření a hodnocení*. Praha: Sdělovací technika, 1998, 188 s. ISBN 80-901-9362-5.
- [16] Tichý asfalt sníží hladinu hluku na D1 u Průhonic [cit. 2015-17-02]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/tichy-asfalt-snizi-hladinu-hluku-na-d1-u-pruhonic/>
- [17] Tulis, J. *Protihluková opatření traktorů* [online]. 2010 [cit. 2015-27-02]. Dostupné z:
https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=28557.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
- [18] Vaňková, M. *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí část I*. Brno: PC-DIR, 1995, 139 s. ISBN 80-214-0695-X.
- [19] Vaňková, M. *Hluk, vibrace a ionizující záření v životním a pracovním prostředí část II*. Brno: PC-DIR, 1996, 161 s. ISBN 80-214-0818-9.