

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hlučnost traktorů na místě obsluhy a v jejich blízkém okolí

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc

Autor bakalářské práce: Miroslav Pulkrab

České Budějovice, 2014

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav PULKRAB**
Osobní číslo: **Z11104**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Hlučnost traktorů na místě obsluhy a v jejich blízkém okolí.**
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 práci se zaměřte na:

1. Literární rešerši na dané téma (traktory a jejich využití v zemědělství, hluk).
2. Výběr tří nejvíce používaných traktorů ve vybraném podniku.
3. Charakteristiku sledovaných traktorů (technické parametry, pracovní činnosti, motohodiny).
4. Měření hladin akustického tlaku u ucha obsluhy a ve zvolené vzdálenosti od traktoru:
 - při chodu na volnoběh,
 - v plném zatížení (při pracovní činnosti - druh pracovní operace, např. orba apod.)
5. Zpracování naměřených hodnot akustických hladin - výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku.
6. Vyhodnocení a porovnání sledovaných traktorů z hlediska hlukové zátěže.

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

Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T. 2006. Traktory. Praha: Profi Press, 2006. 192 s. ISBN 80-86726-15-0;
Surový, O. a kol. 2008. Doprava v zemědělství. Praha: Profi Press, 2008. 246 s. ISBN 978-80-86726-30-4;
Günther-Hansen-Veit (1989): Technische Akustik. Expert Verlag: Esslingen;
Smetana, C. a kol. (1998): Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika, 188 s., ISBN 80-901936-2-5;
Sbírka zákonů č.146/2000, 502. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Praha: 2000;
Sbírka zákonů č. 51/2006, 148. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací: Praha 2006;
Sbírka zákonů č. 97/2011, Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací: Praha 2011;
Časopis Mechanizace zemědělství.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marie Šístková, CSc.**
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky
Datum zadání bakalářské práce: **10. ledna 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
L.S.
Studentův útěk
Sulžovská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2013

Prohlášení:

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

Datum: 15. 4. 2014

Podpis studenta:

Poděkování:

Poděkování patří paní Ing. Marii Šístkové, CSc. za její cenné rady při vedení mé bakalářské práce a také předsedovi Agrodružstva Počátky a řidičům pozorovaných traktorů, kteří mi umožnili získat údaje pro mou práci.

Anotace:

Cílem bakalářské práce je porovnat hlučnost traktorů na místě obsluhy a v jejich blízkém okolí. Na pozorování byly vybrány tři nejvíce používané traktory ve vybraném zemědělském podniku. Nejprve je přiblížena problematika hlučnosti traktorů jak na okolí, tak i na zdravotní stav obsluhy. Následuje charakteristika pozorovaných traktorů a dále pak naměřené hodnoty hluku, které jsou zpracovány do grafů. Poté následuje vypočítání ekvivalentní hladiny akustického tlaku. V závěru je zhodnocení výsledků a porovnání zjištěných hodnot všech pozorovaných traktorů.

Klíčová slova: traktor, hluk, akustický tlak, účinek hluku

Annotation:

This thesis is focused on the tractors noisiness in place and operating of their vicinity. Observations were collected on free common used tractors in the selected farm. First part of this thesis describes impact of noisiness on the health of the operator. Following part includes technical specifications of each tractors and measuring of noisiness levels. This data are processed into graphs. Next part contains calculations of equivalent sound pressure levels. On the end you can see results of the evaluation and comparison of observed values on observed tractors.

Keywords: tractor , noise , sound pressure, the effect of noise

Obsah

1	ÚVOD	- 9 -
2	TRAKTORY A JEJICH VYUŽITÍ V ZEMĚDĚLSTVÍ	- 10 -
2.1	Význam traktorů v zemědělství	- 10 -
2.2	Rozdělení traktorů	- 11 -
2.2.1	Kolové traktory	- 13 -
2.2.2	Pásové traktory	- 14 -
2.2.3	Polopásové traktory	- 14 -
2.2.4	Systémové (speciální) traktory	- 14 -
3	HLUK	- 15 -
3.1	Definice a rozdělení hluku	- 15 -
3.1.1	Definice hluku	- 15 -
3.1.2	Rozdělení hluku	- 16 -
3.2	Účinky hluku na člověka	- 18 -
3.3	Zdroje hluku u traktorů	- 24 -
3.3.1	Hlučnost valivých ložisek	- 24 -
3.3.2	Hluk ozubených převodů a převodových skříní	- 25 -
3.3.3	Hluk motoru a kompresoru	- 26 -
3.3.4	Hluk od pneumatik	- 27 -
3.4	Hluk v pracovním prostoru obsluhy traktoru	- 28 -
3.5	Metody snižování hluku	- 29 -
4	CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH TRAKTORŮ	- 30 -
4.1	ZETOR 16245	- 30 -
4.2	CASE IH MAGNUM 250	- 31 -
4.3	CASE IH PUMA 225 CVX	- 32 -

5	MĚŘENÍ HLUKU U UCHA OBSLUHY A VE ZVOLENÉ VZDÁLENOSTI OD TRAKTORU	- 33 -
5.1	Metodika měření.....	- 33 -
5.2	Naměřené hodnoty hluku traktoru ZETOR 16245	- 34 -
5.3	Naměřené hodnoty hluku traktoru CASE IH MAGNUM 250.....	- 36 -
5.4	Naměřené hodnoty hluku traktoru CASE IH PUMA 225 CVX	- 38 -
6	VÝPOČET EKVIVALENTNÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU	- 40 -
6.1	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A.....	- 40 -
6.2	Výpočty	- 41 -
7	ZÁVĚR	- 42 -
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	- 44 -

1 ÚVOD

Markantní technický pokrok posledních dvaceti let se týkal nejen oblasti informatiky, ale i strojírenství. Technika okolo nás se snaží usnadnit nám práci a také zpříjemnit podmínky, ve kterých je práce vykonávána. Představu o tom, jakým způsobem se změnila pracovní podmínky při obsluze zemědělských strojů, by nám měla přiblížit tato bakalářská práce.

Časy, kdy obsluha zemědělských strojů byla vystavena nadměrnému hluku, prašnosti a vlivem nedokonalosti odvětrávání i výfukovým plynům, skončily s nástupem obměny strojových parků. Jak velký je rozdíl mezi pracovními podmínkami v novém a starém traktoru, je analyzováno v praktické části této práce.

U starší mechanizace byl hluk na místě obsluhy považován za naprosto obvyklou záležitost a i to byl jeden z důvodů, proč při jejich konstruování nebyla této oblasti věnována větší pozornost. Hluk uvnitř traktorů přesahoval hodnoty 80 dB a to mělo negativní vliv zejména na samotnou obsluhu traktoru. Řidiči bývali často brzy unaveni a v pokročilejším věku mívali poruchy sluchu. Zdraví obsluhy se tak velmi rychle stalo popudem k tomu, aby konstruktéři začali při své práci zohledňovat umístění protihlukových materiálů do prostoru kabiny.

Na základě odborné literatury můžeme říci, že s použitím moderních materiálů a sofistikovaných konstrukcí kabin, se podařilo hluk v místě obsluhy zredukovat na hodnoty okolo 60 dB při volnoběžných otáčkách a 70 dB při otáčkách, kdy traktor pracuje. Díky tomu bylo zvýšeno pohodlí pro řidiče, snížení jeho únavy a lepší koncentraci při řízení a provádění pracovních operací. Do jaké míry tento fakt odpovídá skutečnosti, lze taktéž zjistit v praktické části této práce, kde jsou analyzovány hodnoty hluku dvou novějších traktorů a jednoho staršího.

V souvislosti s pohodlím pracovního prostředí je potřeba také zmínit ergonomii, která má nemalý podíl na tom, jak je obsluhou traktoru vnímána náročnost a intuitivnost jeho ovládání. Je jisté, že v moderních traktorech s velkým množstvím elektronických pomocníků je náročnost ovládání menší.

2 TRAKTORY A JEJICH VYUŽITÍ V ZEMĚDĚLSTVÍ

2.1 Význam traktorů v zemědělství

Zemědělství patří k významným spotřebitelům energie, na níž se výrazně podílí operace v rostlinné výrobě. Důležitou složku v mechanizaci zemědělství tvoří traktory, které v soupravě se zemědělskými stroji zabezpečují jednotlivé agrotechnické operace rostlinné výroby a také mají svoje opodstatněné místo v dopravě. Potřeba snižovat spotřebu energie, zejména motorové nafty, se bude v příštích letech projevovat stále výrazněji. Traktory svým technickým vybavením, elektrohydraulickým ovládním dílčích funkčních uzlů přinesly nejen vysoký komfort, ale i účelnost spojenou s reálnou možností snížit náklady na spotřebu nafty. Požadavky na výkonnost, přesnost, spolehlivost a stupeň automatizace traktorů se soustavně zvyšují. Jejich splnění předpokládá zásadní změnu v konstrukci, která s sebou přináší zavádění softwarového řízení jednotlivých systémů traktorů. Používání nových konstrukčních uzlů pro ovládní jednotlivých funkčních skupin traktorů a zemědělských strojů je na stálém vzestupu. Technika ve spojení s elektronikou klade i vyšší nároky na odbornost pracovníků, kteří traktory obsluhují, organizují a zabezpečují jejich provoz. (Bauer, 2013)

Traktory jsou motorová vozidla vybavená koly nebo pásy. Slouží především k tažení přívěsů a návěsů s naloženými břemeny, k nesení, tlačení a pohonu rozmanité mechanizace v oblastech využití, hlavně v zemědělství, v komunální oblasti, při lesních pracích a stavebnictví.

Z hlediska použití se traktory vzájemně liší konstrukcí. Na zádi traktoru, u některých i na přídi, je třibodové hydraulické zařízení, na které se upíná nářadí. Těž se v zadní části nachází i vývodová hřídel předávající točivý moment od motoru k nesenému nebo zapřaženému nářadí. Tato hřídel se již u mnoha traktorů vyskytuje i v přední části.

Od traktorů se očekávají špičkové užité vlastnosti. Hodnocení užitečných vlastností je relativní, neboť je mírou spokojenosti konkrétního uživatele. Znaky zvyšující užité vlastnosti mohou být následující:

- Bezpečnost obsluhy a provozu (srozumitelnost návodu k obsluze)
- Energetická náročnost provozu (spotřeba pohonných hmot, servis)
- Ekologie provozu (emise, únik provozních hmot)
- Spolehlivost a životnost stroje a jeho součástí (nízká četnost poruch)
- Technické přednosti stroje (výkon motoru, konstantní otáčky při zatížení)
- Úroveň ovládání stroje (vynaložení fyzické síly na ovládání, ergonomie)
- Kvalita odvedené práce (soulad s očekáváním uživatele)
- Nenáročná údržba (složitost a četnost úkonů při údržbě)
- Estetický vzhled stroje (design, barvy, odlišnost od ostatních strojů)
- Náklady na zakoupení (konečná cena)
- Snadná likvidace stroje (po ukončení předpokládané životnosti)
- Ostatní vlivy (tradice značky, výsledky testů v odborných časopisech, předváděcí akce, podpora prodeje osobním jednáním zástupců firmy, módní trendy, doporučení ze strany odborníků apod.)
(www.agroweb.cz)

2.2 Rozdělení traktorů

Dle zákona 341/2002 Sb. VYHLÁŠKA Ministerstva dopravy a spojů o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích patří traktor do kategorie T a je charakterizován takto: Motorová vozidla vybavená koly nebo pásy, jejichž hlavní funkcí je tažná síla a která jsou zvláště konstruována pro tažení, tlačení, nesení nebo pohon určitého nářadí, strojů nebo přípojných vozidel, určených pro užití zejména v zemědělství nebo lesnictví. Mohou být vybavena pro přepravu nákladu a osob.

Traktory se dále dělí:

- **T1** – traktory s maximální konstrukční rychlostí nepřevyšující 40 km/h, nejméně jednou nápravou a s minimálním rozchodem větším než 1 150 mm, s nenaloženou hmotností v provozním stavu větší než 600 kg a se světlou výškou nad vozovkou menší než 1 000 mm.
- **T2** – traktory s maximální konstrukční rychlostí nepřevyšující 40 km/h s minimálním rozchodem menším než 1 150 mm, s nenaloženou hmotností v provozním stavu větší než 600 kg a se světlou výškou nad vozovkou menší než 600 mm. Pokud je však výška těžiště traktoru podle ČSN ISO 789-6 (30 0446), měřeno vůči vozovce, dělená střední hodnotou minimálního rozchodu všech náprav větší než 0,90, je maximální konstrukční rychlost omezena na 30 km/h.
- **T3** – traktory s maximální konstrukční rychlostí nepřevyšující 40 km/h a nenaloženou hmotností v provozním stavu menší než 600 kg.
- **T4** – ostatní traktory s maximální konstrukční rychlostí nepřevyšující 40 km/h
- **T4.1** – traktory s vysokou světlou výškou. Traktory konstruované pro práci s vysokými plodinami, např. s vínem. Jejich znakem je zvýšený podvozek nebo jeho část, což traktoru umožňuje pojíždět souběžně s plodinou s levými a pravými koly na každé straně jedné řady nebo více řad plodin. Tyto traktory jsou určeny k nesení, nebo k pohonu náradí, které může být montováno na předku, mezi nápravami na zádi nebo na nákladové plošině. Pokud je traktor v pracovní poloze, je jeho světlá výška kolmá na řady plodiny vyšší než 1 000 mm. Pokud je výška těžiště traktoru podle ČSN ISO 789-6 (30 0446), měřeno vůči zemi při užití normálně namontovaných pneumatik, dělená střední hodnotou minimálního rozchodu všech náprav větší než 0,9, nesmí max. konstrukční rychlost překročit 30 km/h.
- **T4.2** – zvláště široké traktory, charakteristické svými velkými rozměry, přednostně určené k práci na velkých zemědělských plochách. (Sbírka zákonů, 2007)

Podle provedení a účelu se traktory dělí:

- kolové
- pásové
- polopásové
- speciální
- lesnické traktory a traktory s lesnickou nástavbou

2.2.1 Kolové traktory

V dnešní době se vyrábí velké množství kolových traktorů. Jejich výhodami jsou především širší rozsahy použití, menší náklady na údržbu, větší rozsah pojezdové rychlosti a levnější výroba než u pásových traktorů. Mají také určité nevýhody, jako např. větší měrný tlak na podložku, větší prokluz, malá celková účinnost ($\eta_c = 0,5-0,65$). Dále se dají rozdělit na:

- *orební traktor* – vyžaduje se neustálý styk všech kol s podložkou; možnost připojení neseného, návěsného i přívěsného náradí a pneumatik s dobrými tahovými vlastnostmi
- *kultivační traktor* – jedná se o traktor s úzkými hnacími koly; používá se při meziřádkové kultivaci; světlá výška min. 400 mm
- *nosič náradí* – možnost připojení zemědělských strojů vpředu, vzadu na hydraulickém zařízení a na nosném rámu mezi nápravami; vývodový hřídel vpředu i v zadu; umístění motoru pod sedačkou řidiče nebo před nosným rámem
- *traktor s pohonem všech čtyř kol (4K4)* – tahový výkon s větší účinností při menším prokluzu než u pohonu pouze dvou zadních hnacích kol; až 80% procent vyráběných traktorů je s pohonem všech kol
- *jednonápravové traktory* – jsou to převážně traktory s výkonem motoru do 10 kW, určené pro práci ve sklenících, školkách, sadech a vinicích, v komunálních pracích, možnost připojení různých typů strojů a příslušenství (kypřiče, čerpadla vody, sněhové frézy, zametací kartáč atd.) (Svatoš, 2000)

2.2.2 Pásové traktory

Pojezdové ústrojí je složeno z článkových pásu napnutých přes hnací kolo a z nosných, napínacích a pojezdových kladek. Koncepce dvou pásových jednotek se řídí změnou obvodové rychlosti jednoho pásu oproti druhému. U koncepcí čtyř pásových jednotek je řízení kloubové. Toto provedení traktorů snižuje měrný tlak na podložku, zmenšuje prokluz na minimum. Je zde splněn i požadavek transportní šířky do 3 m, což kolovým podvozkem, případně dvoumontáží nebylo možné. (Svatoš, 2000)

2.2.3 Polopásové traktory

Polopásová modifikace vznikne upravením standardního provedení kolového traktoru a to namontováním odpružené vzpěry s napínacím kolem mezi přední a zadní kola a natažením pásu kolem napínacího a hnacího kola, v případě i předního hnacího kola sejmutím zadního hnacího kola a namontováním pásového ústrojí; hnací ozubené kolo je poháněno hnací poloosou. (Svatoš, 2000)

2.2.4 Systémové (speciální) traktory

V podstatě se jedná o speciální nosiče náradí s vyšším výkonem motoru. Vyznačují se velkým rozsahem pojezdových rychlostí, otočným pracovištěm obsluhy, pohonem všech kol, předním a zadním hydraulickým tříbodovým závěsem a vývodovým hřídelem. V mezinárodním pojetí jsou označovány slovem TRAC. (Svatoš, 2000)

3 HLUK

3.1 Definice a rozdělení hluku

3.1.1 Definice hluku

Hluk je z lékařského hlediska každý zvuk, který má rušivý charakter nebo má škodlivé účinky na lidské zdraví. Zákon o ochraně veřejného zdraví definuje hluk jako zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.

Ve vzduchu dochází k periodickým změnám atmosférického tlaku, které vnímáme uchem jako zvuky určité hlasitosti. Hladinu intenzity (hlasitost) zvuku je vhodné vyjadřovat logaritmickou stupnicí; jednotkou hlasitosti zvuku je bel (B). Tato jednotka je velká, a proto se v praxi používají menší jednotky – decibely (dB). Lidské ucho je schopno rozlišovat řádově 1 dB. (fyzika.jreichl.com)

Legislativa pro oblast emisí

Hlavním zdrojem emisí jsou strojní výrobky. Jejich uvádění na trh 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 emisí hluku.

NV 342/2003 Sb. obsahuje seznam stanovených výrobků, u kterých musí výrobce před uvedením výrobku na trh prokázat, že výrobek splňuje požadavky na přípustné hodnoty emisí hluku. Toto nařízení vlády odpovídá evropské směrnici č. 2000/14/EC on the noise emission in the environment by equipment for use outdoors. Limity emisí stanovené v těchto předpisech jsou závazné pro výrobce, dovozce v rámci členů EU.

Legislativa pro oblast imisí

Základní předpisem pro oblast imisí je zákon č. 274/2003 Sb. a související Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a 272/2011 Sb., které zapracovává Směrnici Evropského parlamentu a Rady č. 2002/44/ES. V příslušných nařízeních jsou stanoveny přípustné limity hodnot hluku. Důležitější z pohledu prevence před účinky hluku jsou předpisy v oblasti emisí. To znamená, že je důležité zejména omezovat zdroje hluku, vyrábět stroje a zařízení s nízkou úrovní hluku a snižovat tak požadavky na dodatečnou ochranu před hlukem.

3.1.2 Rozdělení hluku

Podle rozložení v čase:

- Ustálený – jeho hladina se nemění o více než 5 dB
- Proměnlivý – jeho hladina v čase kolísá o více než 5 dB
 - a) Přerušovaný – zvuk náhle mění hladinu akustického tlaku nebo hladinu hluku, jenž se v průběhu hlučného intervalu ustálí
 - b) Nepravidelný – mění hladinu hluku v čase náhodně
 - c) Impulsní – zvuk tvořený jednotlivými impulsy s trváním do 20 ms nebo sledem impulsů následujících po sobě v intervalech delších než 10 ms (www.fyzika.jreichl.com)

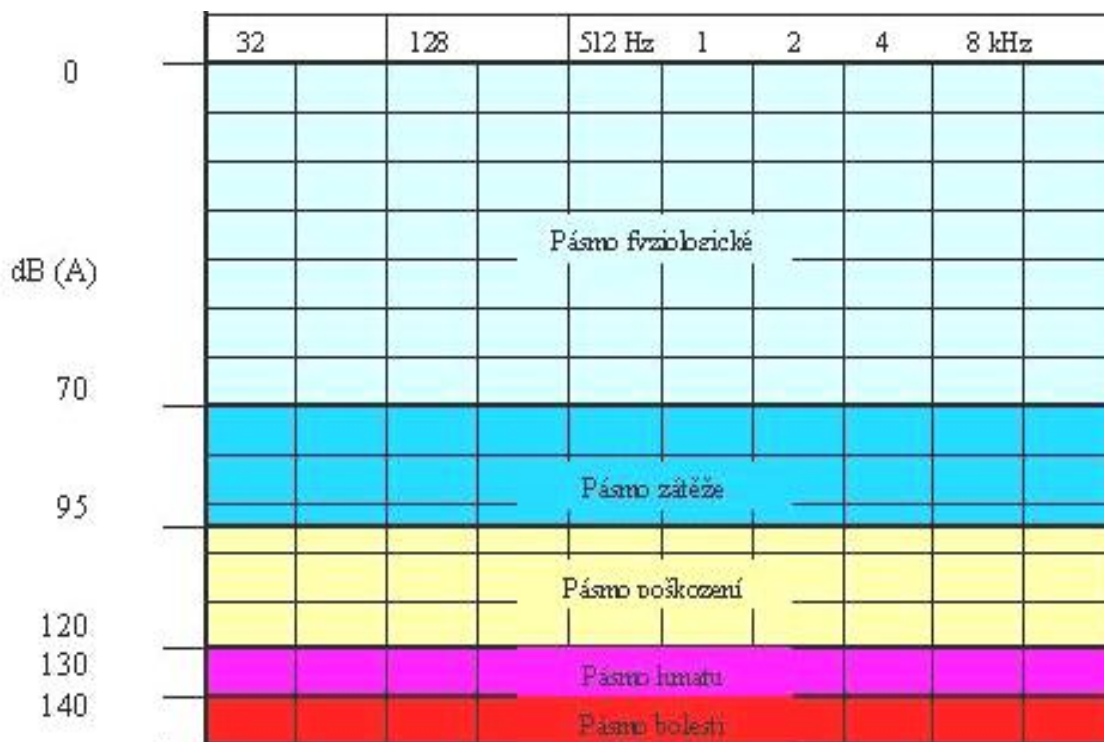
Podle zdravotních rizik:

- 30 až 65 dB – psychická reakce (hluk ruší, rozčiluje, působí leknutí)
- 65 až 80 dB – reakce vegetativního systému (tlukot srdce, krevní tlak, křeče)
- 80 až 120 dB – poškození středního ucha při přetížení sluchových buněk
- nad 120 dB – mechanické poškození středního ucha

Podle působení na pásmo:

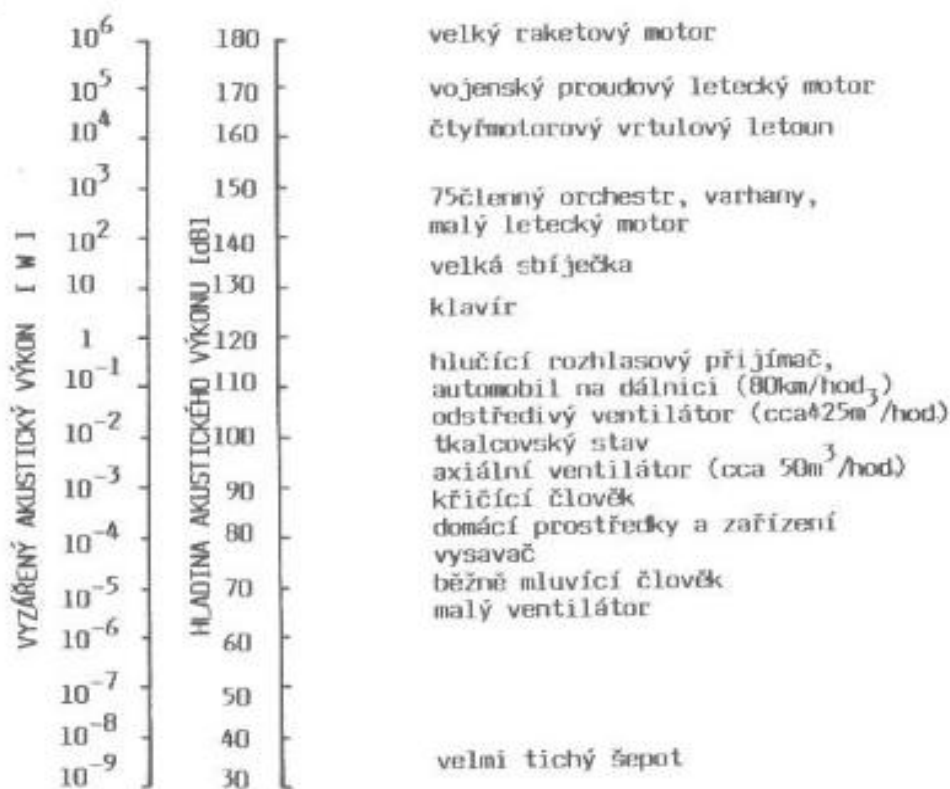
- fyziologické do 69 dB
- zátěže 70 až 94 dB
- poškození 95 až 119 dB
- hmatu 120 až 129 dB
- bolesti 130 dB a více

(www.envi.upce.cz)



Obrázek 1 Rozdělení hluku dle působení

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



Obrázek 2 Akustický výkon a jeho hladina

Zdroj: Hluk a chvění (Nový, 2009)

3.2 Účinky hluku na člověka

Nepříznivé účinky hluku na lidské zdraví jsou obecně definovány jako morfologické nebo funkční změny organismu, které vedou ke zhoršení jeho funkcí, ke snížení kompenzační kapacity vůči stresu nebo zvýšení vnímavosti k jiným nepříznivým vlivům prostředí.

Negativní účinky hluku je možné s určitým zjednodušením rozdělit na orgánové účinky (specifické a nespecifické), rušení činností (spánku, řečové komunikace, osvojování řeči a čtení) a vlivy na subjektivní pocity (obtěžování). Specifické účinky se projevují poruchami činnosti sluchového analyzátoru. U nespecifických účinků dochází k ovlivnění funkcí různých systémů organismu, často se na nich podílí stresová reakce a ovlivnění spánku a vyšších nervových funkcí. Hluk tak může přispět ke spuštění nebo urychlení vlastního patologického děje u chorob s multifaktoriálními příčinami.

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

Omezené důkazy jsou např. u vlivů hluku na hormonální a imunitní systém, na některé biochemické funkce, ovlivnění placenty a vývoje plodu, nebo u vlivů na mentální zdraví sociální chování a výkonnost člověka. U nočního hluku jsou omezené důkazy navíc (kromě výše uvedených) u vlivů na kardiovaskulární systém, obezitu, poruchy duševního zdraví, následné pracovní úrazy a zkrácení očekávané délky života.

Působení hluku v životním prostředí je ovšem nutné posuzovat i z hlediska ztížené komunikace řečí a zejména pak z hlediska obtěžování, pocitů nespokojenosti, rozmrzelosti a nepříznivého ovlivnění pohody lidí. Zařazení těchto vlivů mezi zdravotní účinky hluku vychází z definice zdraví WHO, kdy se za zdraví nepovažuje pouze nepřítomnost choroby, nýbrž je chápáno v celém kontextu souvisejících fyzických, psychických a sociálních aspektů. (www.szu.cz)

Poškození sluchového aparátu

Extrémně vysoké hladiny akustického tlaku (u dospělých L_{Amax} 130-140 dB, u dětí a predisponovaných osob i nižší) mohou vyvolat akustické trauma, jehož podstatou je poranění bubínku, sluchových kůstek nebo blanitého labyrintu.

Při dlouhodobém až celoživotním působení hluku na sluchový aparát dochází k poškození sluchového aparátu, jehož podstatou jsou zprvu přechodné a posléze trvalé funkční a morfologické změny smyslových a nervových buněk Cortiho orgánu vnitřního ucha. Tyto poruchy se zpočátku projevují dočasným zvýšením sluchového prahu. Při dalším působení hluku dochází po určité latenci ke zhoršení sluchu a následnému omezení v porozumění řeči, k tinnitu (sluchové vjemy bez zevního podnětu „šelesty, pískání v uších“) a parakusi (sluchové vjemy jsou vnímány jako přetvořené „ozvěny“). Poškození sluchu je dostatečně prokázáno u pracovní expozice hluku v závislosti na výši ekvivalentní hladiny akustického tlaku a trvání let

expozice. Riziko sluchového postižení existuje i u hluku v mimopracovním prostředí např. u lidí žijících v těsné blízkosti frekventovaného letiště nebo velmi rušných komunikací a při různých činnostech ve volném čase spojených s vyšší hlukovou zátěží.

Epidemiologické studie prokázaly, že při $L_{Aeq24hod}$ do 70 dB nedochází k poškození sluchového aparátu u více než 95 % exponované populace ani při celoživotní expozici hluku v pracovním a životním prostředí a aktivitách ve volném čase. Nelze však zcela vyloučit možnost, že by již při nižší úrovni hlukové expozice mohlo dojít k malému sluchovému poškození u citlivých skupin populace, jako jsou děti, nebo osoby současně exponované vibracím nebo ototoxickým lékům či chemikáliím. Je též známo, že zvýšená hlučnost v místě bydliště přispívá k rozvoji sluchových poruch u osob profesionálně exponovaných rizikovým hladinám hluku na pracovišti. Sluchové poškození může nezanedbatelně zvyšovat dlouhodobý poslech velmi hlasité reprodukované hudby, např. častá účast na diskotékách nebo koncertech. (www.szu.cz)

Vliv hluku na kardiovaskulární systém

Ovlivnění kardiovaskulárního systému bylo prokázáno v řadě epidemiologických a klinických studií v hlučných oblastech kolem letišť, průmyslových závodů nebo hlučných komunikací.

Akutní hluková expozice aktivuje autonomní nervový a hormonální systém a vede k přechodným změnám, jako je zvýšení krevního tlaku, tepu a vasokonstrikce. Po dlouhodobé expozici se u citlivých jedinců z exponované populace mohou vyvinout trvalé účinky, jako je hypertenze a ischemická choroba srdeční (ICHS). Všeobecný závěr WHO je, že kardiovaskulární účinky jsou spojeny s dlouhodobou expozicí ekvivalentní hladině hluku v rozmezí 65- 70 dB a více, pokud jde o letecký nebo dopravní hluk. Avšak tato asociace je slabá a je poněkud silnější pro ICHS než pro hypertenzi. Nicméně i toto malé riziko je potencionálně závažné vzhledem k velkému počtu takto exponovaných osob. (www.szu.cz)

Poruchy spánku

K dalším závažným zdravotním účinkům hluku patří nepříznivé ovlivnění spánku. Působení hluku v době spánku se prokazatelně projevuje změnami fyziologických reakcí během spánku, jako jsou změny tepové frekvence, známky probuzení na EEG (spící si toto probuzení často následně neuvědomuje), změny v trvání stádií spánku, zvýšená pohyblivost ve spánku, obtížné usínání, probuzení v noci nebo příliš brzy ráno a zkrácení spánkového času. Dostatečný důkaz existuje také pro subjektivně vnímanou poruchu spánku nebo pro lékařem diagnostikovanou environmentální nespavost a pro zvýšené užívání léků na spaní.

Přestože rušení spánku vyvolané hlukem je samo o sobě zdravotní problém, navíc vede k dalším následkům pro zdraví a životní pohodu. V rovině fyzického zdraví jsou popisovány tyto následky rušení spánku nočním hlukem: změny v hladinách stresových hormonů, kardiovaskulární onemocnění (hypertenze a infarkt myokardu), deprese (u žen) a jiné psychické poruchy, obezita, zkrácení očekávané délky života a zvýšený výskyt pracovních úrazů. V rovině psychologicko-sociální je popisována ospalost a únava, rozmrzelost a zvýšená denní dráždivost, snížená výkonnost, zhoršení poznávacích schopností, narušení sociálních kontaktů a stížnosti. Pro tyto fyziologické a psychologické následky narušení spánku existují pouze omezené důkazy. Senzitivní skupinou populace jsou děti, starší osoby, nemocní, těhotné ženy a lidé pracující na směny. K adaptaci obyvatel na rušení spánku hlukem nedochází v hlučných lokalitách ani po více letech. (www.szu.cz)

Zhoršení komunikace řeči

Hluk může závažným způsobem narušit mezilidskou komunikaci řečí, popřípadě překrývat jiné informačně důležité signály (domovní zvonek, telefon, alarm). Podstatou tohoto jevu je maskovací proces. Vysoká hlučnost pozadí vede ke zvyšování hlasitosti řeči u mluvčího, následně k jeho hlasové únavě a ke ztrátě srozumitelnosti u posluchače. Rozdíl mezi hlukovým pozadím a hlasitostí řeči by měl být minimálně 15 dB, aby bylo umožněno porozumění komplikovaným zprávám. Při řečové hladině 50 dB by tak hladina akustického tlaku interferujícího hluku neměla překročit 35 dB.

Zhoršení komunikace řeči má řadu prokázaných nepříznivých důsledků v oblasti chování a vztahů, vede k podrážděnosti, nejistotě, poklesu pracovní výkonnosti a pocitům nespokojenosti. Nejvíce citlivou skupinou jsou staří lidé, osoby se sluchovou ztrátou a zejména malé děti v období osvojování řeči. Jde tedy o podstatnou část populace.

Neúplné porozumění řeči u dětí ztěžuje proces osvojení řeči a výuku čtení a cizích jazyků. Zvláště citlivé jsou děti s poruchami sluchu, potížemi s učením a děti, pro které vyučovací jazyk není jejich mateřským jazykem. (www.szu.cz)

Obtěžování hlukem

Jako obtěžování je označován psychický stav vznikající při mimovolném vnímání vlivů, ke kterým má jedinec zamítavý postoj a na které reaguje pocity odporu, podrážděností a v některých případech až psychosomatickými poruchami. Obtěžování hlukem je nejobecnější reakcí lidí na hlukovou zátěž. Vlivem obtěžujícího hluku může docházet ke změnám v chování v souvislosti s bydlením, např. zavírání oken (může negativně ovlivnit kvalitu vnitřního ovzduší bytu), nepoužívání balkonů, stěhování, psaní stížností a petic a omezení přátelských vztahů a ochoty pomoci. Z hlediska zdraví je závažné, že obtěžování spolu s rušením spánku představuje pro organismus stres. Stres je jedním z faktorů, které spolupůsobí při rozvoji kardiovaskulárních a jiných civilizačních onemocnění.

Míra obtěžování je ovlivněna mnoha faktory. Jsou to jednak fyzikální vlastnosti zvuku (hladina akustického tlaku, délka trvání hluku a rychlost nástupu, přítomnost tónové složky, nízkofrekvenčního hluku a vibrací), dále přítomnost informačního obsahu hluku (řeč, zvuky vnímané jako varovné, neznámé zvuky nebo zvuky s předchozí negativní zkušeností). Dále je obtěžování významně ovlivněno individuálními vlastnostmi příjemce. Uvádí se, že v populaci je cca 10 – 20 % osob velmi senzitivních vůči hluku a naopak 10 – 20 % osob vysoce tolerantních. Pro zbývajících 60 – 80 % populace platí, že se zvyšující se hlučností roste obtěžování. Při působení hluku jsou velmi důležité i vlivy sociální (vzdělání, duševní práce, ekonomický prospěch ze zdroje hluku) a zdravotní (porucha sluchu, somatické onemocnění), psychologické faktory (strach spojený se zdrojem hluku) a mezikulturní rozdíly. To vede k různým výsledkům studií, které prokazují

u stejných hladin hluku různého původu rozdílný efekt a naopak rozdílné výsledky při stejných zdrojích i hladinách hluku na různých lokalitách v různých zemích. (www.szu.cz)

Ostatní nepříznivé účinky hluku

Nepříznivé ovlivnění výkonnosti hlukem bylo doposud sledováno převážně v laboratorních podmínkách u dobrovolníků vystavených dennímu hluku při vykonávané činnosti. Zvláště citlivá na působení hluku je tvůrčí duševní práce a plnění úkolů spojených s nároky na paměť a pozornost. Ve školách v okolí letišť byla v řadě studií u dětí chronicky exponovaných leteckému hluku pozorována snížená schopnost motivace, nižší výkonnost při poznávacích úlohách a deficit v osvojení čtení a jazyka. Část těchto účinků může souviset též se zhoršením komunikace řečí vlivem hluku. Nepříznivé ovlivnění výkonnosti je také popisováno jako následek narušení spánku nočním hlukem.

Nepředpokládá se, že by hluk mohl být přímou příčinou duševních nemocí, ale patrně se může podílet na zhoršení jejich symptomů nebo urychlit rozvoj latentních duševních poruch. Zvýšená citlivost vůči rušivým účinkům hluku může být indikátorem subklinické duševní poruchy.

Jsou popisovány i další účinky expozice hluku, jako jsou vlivy na funkci imunitního systému s následnou nižší odolností vůči infekci, zánětlivá onemocnění, některá onemocnění zažívacího traktu a snížená porodní váha novorozenců u matek exponovaných hluku v době těhotenství. Ve vztahu k nočnímu hluku jsou dále popisovány vlivy na obezitu, depresi (u žen), pracovní úrazy a zkrácení očekávané délky života. (www.szu.cz)

3.3 Zdroje hluku u traktorů

Zdroje zvuku se rozdělují na dvě skupiny. První jsou mechanické zdroje zvuku, do kterých patří akustické zářiče, u kterých jejich povrch kmitá tak silně, že vyvolá kmitání i přilehlé vrstvy tekutiny a tou se potom šíří do prostoru ve formě vlnění. Vyzařování akustického výkonu je tvořeno jednotlivými součástkami stroje. Druhou skupinou jsou aerodynamické zářiče akustické energie. U nich je hlavní příčina vzniku zvuku volné nestacionární turbulentní proudění tekutiny nebo turbulentní proudění v potrubí resp. obtékání těles proudem tekutiny. (Nový, 2009)

3.3.1 Hlučnost valivých ložisek

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 v dalším považovat za zdroje budících sil. Chvění ložiska se jednak přímo a jednak prostřednictvím přiléhajících konstrukčních prvků vyzařuje ve formě akustické energie do okolního vzduchu, kterou lidské ucho vnímá jako nežádoucí hluk.

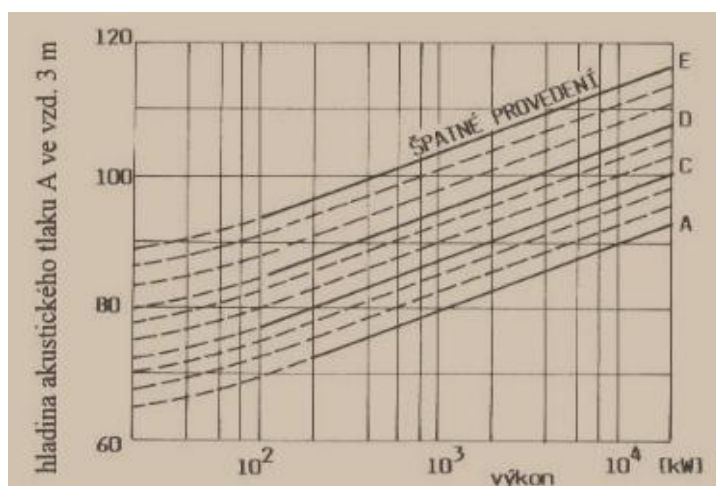
Další příčinou je tzv. prokluz, který je původním jevem nedokonalého odvalování. Nepříznivě působí vnitřní nevyvážené hmoty v ložisku, které při vysokých otáčkách vyvolávají velké dynamické budící síly. Také vliv pohonu může ve vzájemné vazbě zvýšit vlastní hluk ložiska. U kovových materiálů nedochází k přirozenému útlumu. To je příčinou velkého zesílení rezonančních složek, které potom určují výslednou hlučnost ložiska.

Pro náročná valivá uložení je nutno volit ložisko z výběrové řady C6, což je provedení se sníženou hlučností. Při výrobě a montáži stroje je třeba zaručit souosost ložisek, vyvarovat se šikmému nalisování ložisek do pánví, nesprávných vůlí apod. Radiální vůle na ložiskách má být cca 10 μm , což se dosahuje nalisováním ložiska na hřídel. (Nový, 2009)

3.3.2 Hluk ozubených převodů a převodových skříní

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

U ozubení se zmenšují záběrové rázy zvětšením poddajnosti zubů. Toho dosáhneme vytvořením drážek ve věnci kola. Také zmenšením vůlí v mechanismu lze významně snížit rázy. Použitím vhodného mazacího prostředku se často sníží hluk o 4 až 6 dB. Kladeným požadavkům na nízkou hlučnost vyhovují kola se šikmým ozubením. Časový průběh sil v ozubení je pozvolný a plynulejší než u přímých zubů. Zmenšuje se také vliv nepřesností, neboť u kol se šikmým ozubením je v záběru vždy několik zubů. Tím je také menší měrné zatížení a vzniklé rázy mají podstatně menší amplitudu. Na hluk má také vliv obvodová rychlost kol. Základní kmitočet je dán otáčkami hřídele podle vztahu $f_z = \frac{n}{60}$ (n → otáčky hřídele za minutu) a nepřevyšuje obvykle 150 Hz. Je-li amplituda kmitání při této frekvenci velká, svědčí to o značné nevyváženosti jedné z hřídelí nebo o montážní nepřesnosti. Příčinou může být také poškození jednoho ze zubů. Ve spektru hluku převodovek obvykle vznikají frekvenční složky odpovídající frekvenci záběru jednotlivých zubů. Letmo uložené hřídele jsou z hlediska hlučnosti nevhodné. (Nový, 2009)



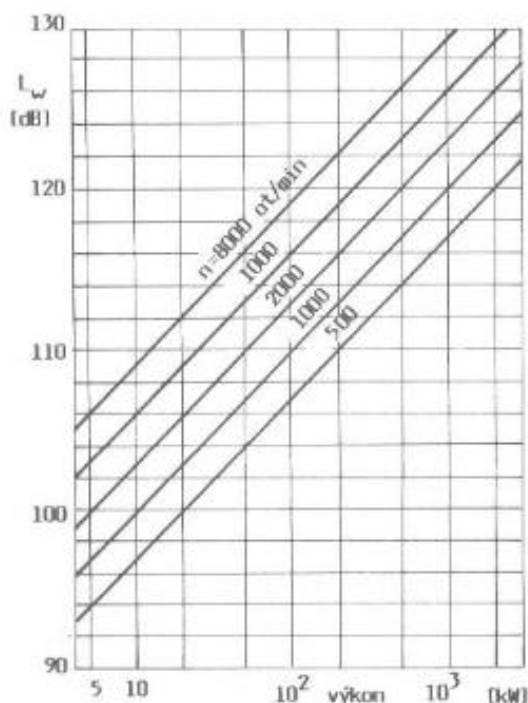
Obrázek 3 Hladiny zvuku ve vzdálenosti 3 m od převodovky jako funkce přenášeného výkonu - třídy kvality převodovek podle VDI 2159 (A – extrémně dobré provedení; C – vysoké výrobní náklady; D – normální výrobní náklady; E – špatné provedení)

Zdroj: Hluk a chvění (Nový, 2009)

V neposlední řadě má na výsledný hluk převodovky podstatný vliv její skříň. Značný vliv na relativní snížení hluku má žebrovaný povrch převodovky. Z toho vyplývají důležité závěry pro konstruktéry nejenom převodových skříní, ale i bloků spalovacích motorů apod. V některých případech, kdy jsou kladeny zvláště vysoké nároky na nízkou hlučnost převodovek, musíme převodovky zakrýt zvukoizolačním krytem. Některé normy v zahraničí stanovují třídy kvality převodovek podle hlučnosti, kterou ve svém okolí vyvolávají. (Nový, 2009)

3.3.3 Hluk motoru a kompresoru

Do této skupiny zařazujeme především spalovací motory a pístové kompresory. Práce těchto strojů se vyznačuje přerušovaným sacím a výtlačným procesem. Nerovnoměrné proudění plynů v kanálech spojené s tímto pracovním pochodem je jednou z hlavních příčin hlučnosti. Značný podíl na vyzařované akustické energii mají vibrace rozličných povrchů stroje. Je známo, že spalovací motory i kompresory, které nejsou opatřeny tlumičem sání a výtlačku vytvářejí ve svém nejbližším okolí hladiny akustického tlaku A i přes 120 dB. (Nový, 2009)



Obrázek 4 Celková hladina akustického výkonu vzduchem chlazených naftových motorů (u vodou chlazených lze očekávat hladiny akustického tlaku cca o 3 dB nižší)

Zdroj: Hluk a chvění (Nový, 2009)

3.3.4 Hluk od pneumatik

Hluk vznikající mezi pneumatikou a vozovkou je zapříčiněn fyzikálními procesy, které rozdělujeme do několika hlavních skupin:

- nárazy a otřesy mezi běhounem pneumatiky a povrchem vozovky;
- aerodynamické procesy mezi běhounem pneumatiky a vozovkou a v běhounu pneumatiky;
- adheze a drobné pohyby pryžového běhounu na povrchu vozovky
- vibrace pneumatiky

Dezén, tvořící povrch pneumatiky, se skládá z bloků, které naráží při odvalování na povrch vozovky. To způsobuje jejich vibraci a poté i vibraci celé pneumatiky. V kontaktním místě pneumatiky a vozovky se napětí zvyšuje a snižuje v závislosti na třecí síle mezi povrchem vozovky a pneumatikou. Když prvky běhounu opustí kontaktní zónu, tak se prudce vrátí do původní velikosti. Rychlý pohyb bloků běhounu způsobuje radiální a tangenciální vibrace pneumatiky.

Hluk vyvíjený kontaktem pneumatik s vozovkou je vyvolán valením pneumatiky po ploše vozovky. Tento hluk je zvláště patrný při jízdě traktoru velkou rychlostí po silnici. U moderních traktorů platí, že při rychlosti nad 30 km/h převládá tento druh hluku nad ostatními. Je dokázáno, že čím širší pneumatika, tím větší hluk vzniká (při konstantních podmínkách). Varianta pro snížení hluku vyvíjeného kontaktem pneumatik s vozovkou je použití tzv. „tichých“ pneumatik. Studie proveditelnosti, 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.

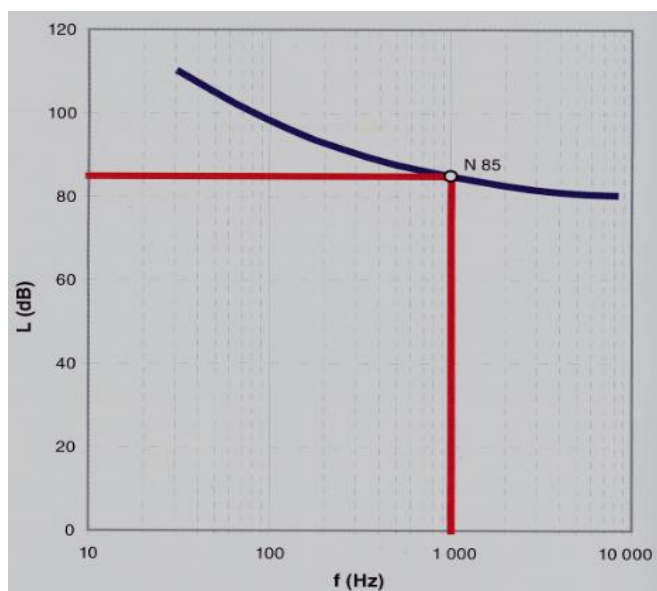
Navrhované limity by mohly vést ke snížení hlučnosti pneumatik o:

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

(www.silnice-zeleznice.cz)

3.4 Hluk v pracovním prostoru obsluhy traktoru

Výrobci dnešních traktorů věnují snižování hluku v kabinách traktorů značnou pozornost. Různé frekvence akustického tlaku zvuku působí na lidský sluch rozdílně. Podíl škodlivosti různých frekvencí udává Slawinova křivka, která určuje hraniční hodnoty akustického tlaku v jednotlivých pásmech. Zpracováním Slawinovy křivky byla sestavena soustava křivek, které udávají třídu hluku a v současné době jsou výchozím hlediskem při hodnocení hygienických podmínek pracovního prostředí z hlediska hluku. Třídy hluku nemají žádný fyzikální rozměr ani jednotku, jsou udávány prostým číslem s označením N. Při posuzování škodlivosti hluku nezáleží jen na hlasitosti a kmitočtovém rozložení, ale i na době expozice, po kterou byla obsluha hluku vystavena. Proto byly stanoveny křivky tříd hluku pro pětihodinovou expoziční dobu. Jako hranice pro zachování citlivosti sluchu byla při pětihodinové denní expoziční době udána třída N 85. Při překročení třídy hluku N 85 se musí expoziční doba zkrátit. Pro schválení ES (Evropské společenství) typu, který se týká hladiny akustického tlaku působící na řidiče traktoru v kabině, musí být splněny limity 90, resp. 86 dB (A) podle podmínek měření.



Obrázek 5 Slawinova křivka - určení křivky hluku N 85

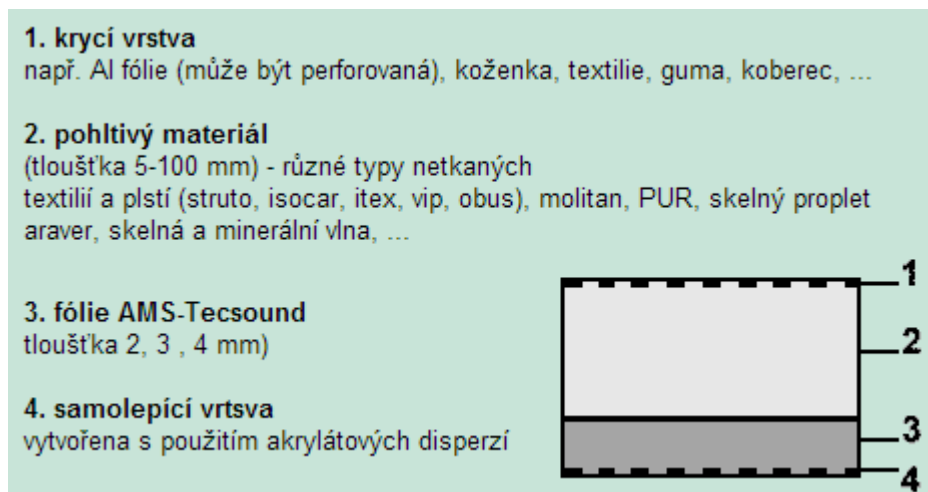
Zdroj: Traktory a jejich využití (Bauer, 2013)

Hladinu hluku uvnitř kabiny traktoru mohou také ovlivňovat zařízení a stroje, které jsou poháněné vývodovým hřídelem traktoru. Vnější hlučnost byla limitována na 89 dB u traktorů nad 1,5 tuny. (Bauer, 2013)

3.5 Metody snižování hluku

- **primární (aktivní) metody:**
 - snížení hluku přímo na zdroji
 - zlepšování přenosových vlastností struktury strojů
 - upravení zářičů hluku (povrch strojů)
- **sekundární (pasivní) metody:**
 - hlukové izolace zdrojů hluku
 - rozmístění hlučných strojů v daném prostoru
 - použití vysoce pohltivých materiálů
 - použití osobních ochranných prostředků např. sluchátka, ucpávky (chrániče je nutno použít při překročení hladiny akustického tlaku A nad 85 dB)

Nejúčinnější opatření na zdrojích hluku jsou originální protihlukové kryty.



Obrázek 6 Řez zvukově izolačním sendvičem

Zdroj: <http://www.vestin.cz/stroje.htm>

4 CHARAKTERISTIKA MĚŘENÝCH TRAKTORŮ

Pro měření hluku při různých pracovních operacích byly vybrány tři nejvíce používané traktory v místním zemědělském družstvu Agrodružstvo Počátky. Byly jimi ZETOR 16245, CASE IH MAGNUM 250 a CASE IH PUMA 225 CVX.

4.1 ZETOR 16245



Obrázek 7 Zetor 16245

Zdroj: http://img11.tablica.pl/images_tablicapl/86860291_3_1000x700_zetor-16245-turbo-ciagniki.jpg

Zetor 16245 roku výroby 1986 byl vybaven šestiválcovým přeplňovaným motorem s objemem $6\,800\text{ cm}^3$ a o výkonu $118\text{ kW} / 160\text{ k}$. Jmenovité otáčky motoru měly hodnotu $2\,200\text{ ot/min}$. Převodovka zde byla mechanická synchronizovaná se šesti základními rychlostmi vpřed a třemi vzad. S použitím násobiče točivého momentu se dostaneme na 12 rychlostních stupňů vpřed a 6 stupni vzad. Regulační hydraulika měla 4 stupně regulace: polohová, smíšená, tlaková a silová. Maximální průtok hydrogenerátoru 55 l/min a maximální tlak činil 16 MPa . Zdvihací síla zadního třibodového závěsu byla 65 kN . Hmotnost traktoru bez závaží byla $5\,000\text{ kg}$. Byl osazen pneumatikami na přední nápravě $14,9/13-24$ a na zadní nápravě $18,4/15-34$.

Ročně najede v průměru $1\,000\text{ Mth}$ při průměrné spotřebě nafty $9\,000\text{ litrů}$, tj. 9 l/mth . (Jelínek 2014, *in verb*)

4.2 CASE IH MAGNUM 250



Obrázek 8 Case IH Magnum 250

Zdroj: <http://www.willems-bv.nl/cms/machines/p38/img1.jpg>

Druhým pozorovaným traktorem byl Case IH Magnum 250 z roku 2006. Jeho přeplňovaný šestiválcový motor o objemu 8 300 cm³ disponoval jmenovitým výkonem 185 kW / 252 k, jmenovité otáčky motoru činily 2 000 ot/min. Maximální výkon motoru je 210 kW / 285 k, maximální točivý moment dosahoval při 1400 ot/min hodnoty 1 271 Nm, převýšení točivého momentu činilo 46 %. Typ převodovky byl Full Powershift s reverzací pod zatížením Powershuttle. Počet rychlostí byl 19/4. Hydraulický systém byl vybaven axiálním hydrogenerátorem s kompenzací tlaku a průtoku. Maximální průtok hydrogenerátoru byl až 220 l/min při maximálním tlaku 21 MPa. Kapacita zadního třibodového závěsu byla 9 130 kg. Traktor měl hmotnost 9 136 kg a její rozložení činilo 40 % na přední a 60 % na zadní část (bez závaží). Byl osazen pneumatikami - přední 600/70 R30 a zadní 10/70 R42.

Průměrně ročně najede 1 100 Mth při průměrné spotřebě nafty 33 000 l, tj. 30 l/mth. (Jelínek 2014, *in verb*)

4.3 CASE IH PUMA 225 CVX



Obrázek 9 Case IH Puma 225 cvx

Zdroj: <http://i30.servimg.com/u/f30/12/10/51/68/dsc00612.jpg>

Posledním traktorem byl Case IH Puma 225 CVX vyroben v roce 2012. Byl osazen šestiválcovým přeplňovaným motorem o objemu 6 700 cm³ a jeho jmenovitý výkon byl 165 kW / 224 k, jmenovitý výkon s Power Managementem 181 kW / 247 k při jmenovitých otáčkách 2 200 ot/min. Jeho maximální výkon byl při 1 800 ot/min a činil 169 kW / 230 k a s využitím Power Managementu dosahoval 185 kW / 251 k při téže otáčkách. Nejvyšší točivý moment měl při 1 400 ot/min a to 950 Nm, s Power Managementem až 1 025 Nm při 1 500 ot/min. Převýšení točivého momentu bylo 30%. Jeho převodové ústrojí bylo tvořeno CVT převodovkou s plynulou změnou převodového poměru. Hydraulický systém byl vybaven axiálním hydrogenerátorem o průtoku až 170 l/min a tlaku 21,5 MPa. Vlastní hmotnost traktoru činila 7 200 kg. Byl osazen pneumatikami na přední nápravě 600/65 R28 a na zadní nápravě 650/65 R42.

Ročně najezdí v průměru 1 300 Mth při průměrné spotřebě 23 000 l nafty, tj. 17,7 l/mth. (Jelínek 2014, *in verb*)

5 MĚŘENÍ HLUKU U UCHA OBSLUHY A VE ZVOLENÉ VZDÁLENOSTI OD TRAKTORU

5.1 Metodika měření

Pro měření hladiny akustického tlaku byl použit hlukoměr Voltcraft Plus SL-300 s měřicím rozsahem hladiny zvuku 30 až 130 dB, EN 61672 s třídou přesnosti 2. Jako kalibrátor byl použit přístroj Voltcraft 326, IEC 60942:2003 s třídou přesnosti 2. Přístroj byl nastaven na něm režim SLOW s rozsahem 50 až 100 dB a jednotkami měření dB (A).

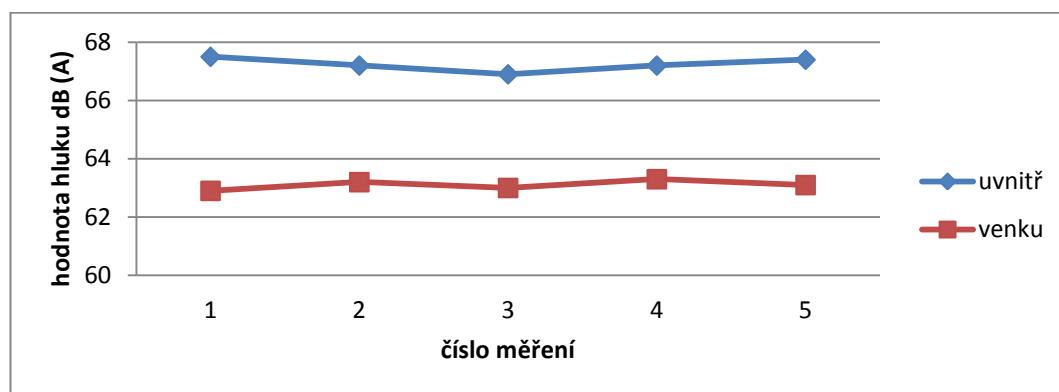
Při měření hluku v kabině traktoru byl hlukoměr držen u ucha obsluhy a každých 30 vteřin byla zaznamenána hodnota. Toto měření bylo opakováno celkem dvacetkrát. Během měření byla obsluhou pouštěna dle jejích potřeb klimatizace a ventilátor, což nepatrně ovlivnilo vnitřní úroveň hluku.

Měření hladiny akustického tlaku v blízkém okolí traktoru probíhalo ve vzdálenosti 10 metrů od stroje. Tato vzdálenost byla naměřena pomocí digitálního dálkoměru Bosch DLE 50 s přesností +/- 1,5 mm a třídou přesnosti 2. Při měření bylo mé stanoviště takové, aby byl hluk měřen z té strany traktoru, na které je výfuk. Na této straně byla hladina hluku vyšší, než na straně opačné. Hodnoty měření byly zaznamenávány každých 30 vteřin. Při měření nebylo mé stanoviště stálé, ale pohybovalo se zároveň s traktorem a to z důvodu členitosti terénu a struktury půdy, v závislosti na nichž se měnila hlučnost traktoru. Těchto měření v okolí stroje proběhlo také dvacet.

Všechna měření probíhala od dubna do října v kopcovité oblasti na Vysočině s nadmořskou výškou přes 600 metrů. Během měření panovalo bezvětří.

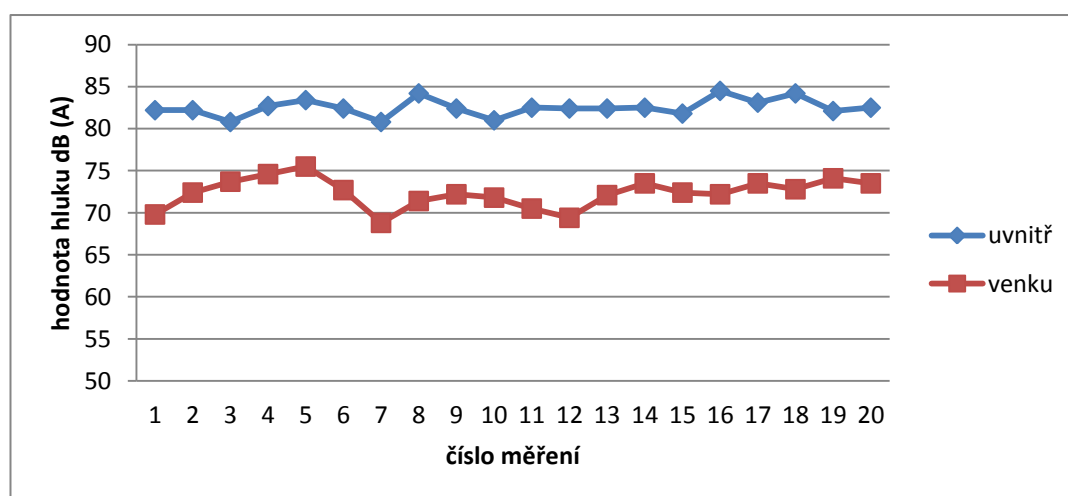
5.2 Naměřené hodnoty hluku traktoru ZETOR 16245

Graf 1 ukazuje, že hodnota hluku při chodu na volnoběh byla téměř konstantní. Uvnitř byla naměřená hodnota vyšší z důvodu nedokonale odhlučněné kabiny obsluhy traktoru, chvění již některých volnějších a opotřebovanějších částí stroje a větší hlučnost ventilátorům oproti dnešním traktorům. Z těchto důvodů byla proto také hodnota uvnitř vyšší i v grafech 2, 3 a 4.



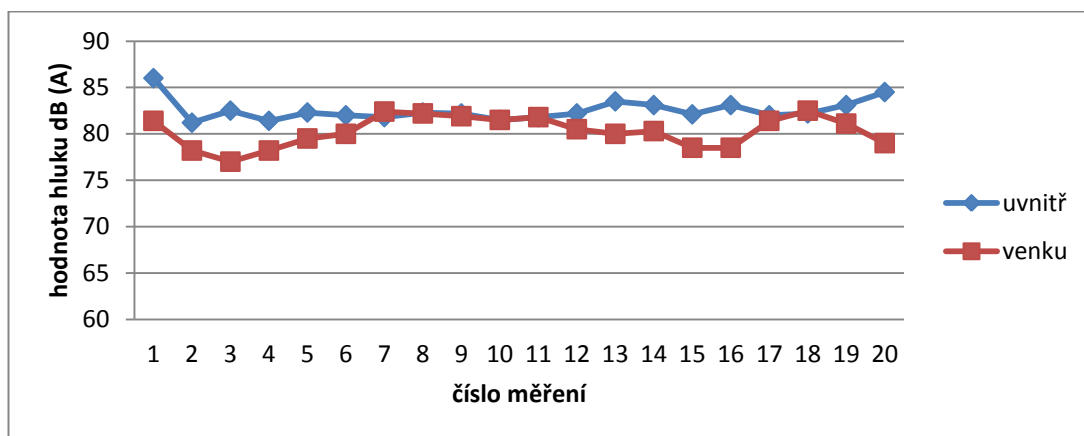
Graf 1 Hluk při chodu na volnoběh

Na grafu 2 vidíme hodnoty hluku, které byly naměřeny při setí kukuřice se secím strojem KUHN o záběru 4,2 metru. Hodnoty zde byly také téměř konstantní jen s malými odchylkami, jelikož při této pracovní operaci nebyly velké změny odporu půdy a tak tahová síla přenášená traktorem byla téměř konstantní a tudíž nebyly velké hodnoty hluku. Dvě nejnižší červené hodnoty znamenají otáčení traktoru na souvrati.



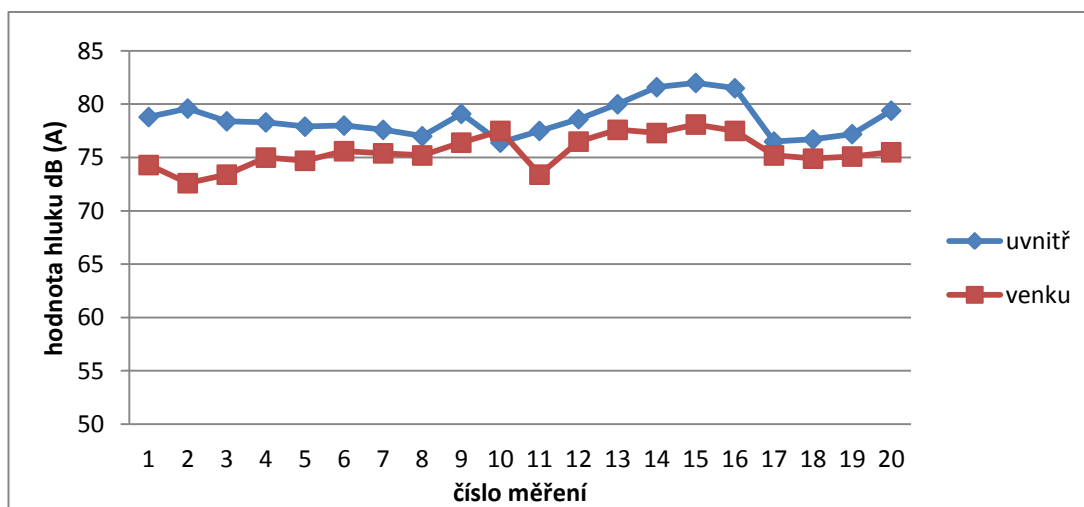
Graf 2 Hluk při setí

Hodnoty na grafu 3 byly naměřeny při sečení bubnovou sekačkou značky KUHN o pracovním záběru 3 metry. Je zde vidět, jak při otáčení na úvrati se hluk snížil a při opětovném záběru do porostu hluk vzrostl. Při najetí sekačky do porostu se zvyšoval odpor při sečení a tak musel být traktorem vyvinut větší točivý moment, aby tento odpor překonal. Odpor byl závislý na druhu porostu a jeho hustotě na loukách.



Graf 3 Hluk při sečení

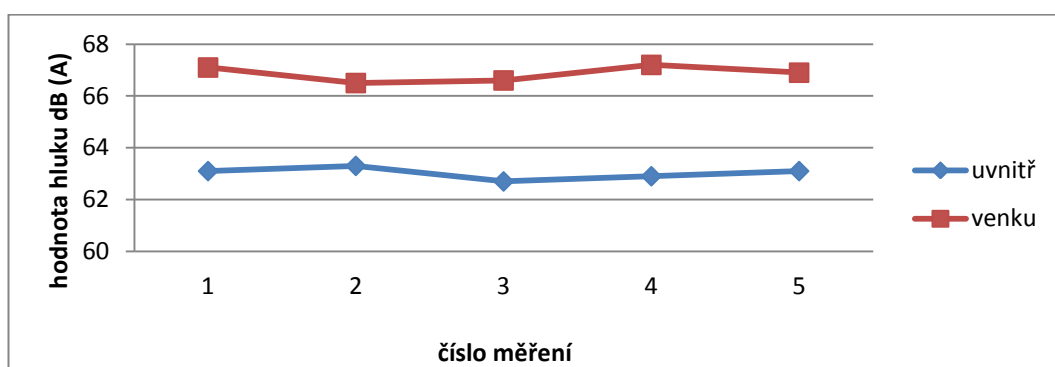
Graf 4 znázorňuje hodnoty hluku při sběru slámy dvounápravovým sběracím vozem Horal 40 m³. Rostoucí hodnoty znamenají jízdu do kopce. Hodnoty, které se zvýšily skokově, znamenají ucpání sběracího ústrojí vozu a to způsobilo vyšší hluk jak sběracího ústrojí, tak i samotného traktoru. Hned po těchto hodnotách je vidět prudký pokles hluku a to proto, že traktor musel zastavit z důvodu vyčištění sběracího ústrojí.



Graf 4 Hluk při sběru slámy

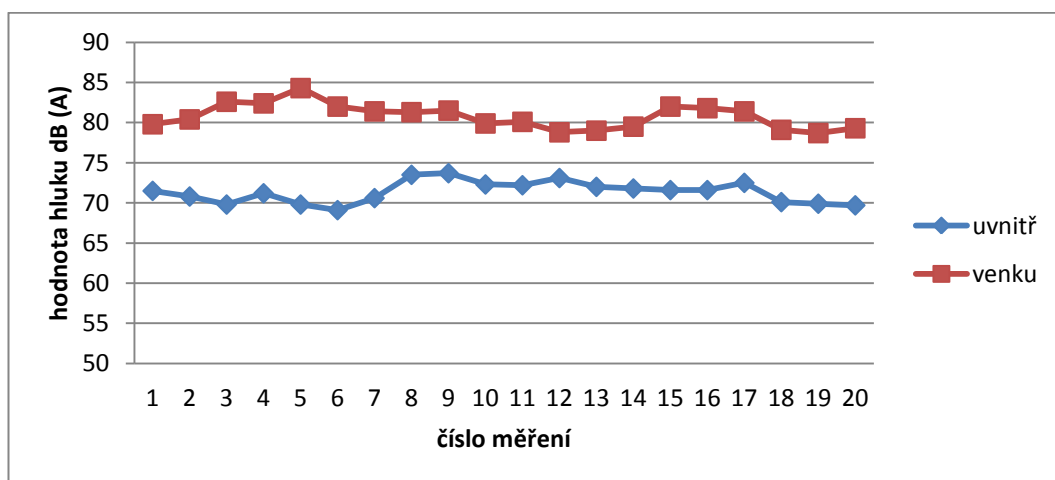
5.3 Naměřené hodnoty hluku traktoru CASE IH MAGNUM 250

Na grafu 5 je vidět průběh hluku při chodu na volnoběh. Je zde na první pohled patrné, že hluk uvnitř traktoru byl v průměru o 5 dB nižší než u traktoru ZETOR 16245. Bylo to z důvodu v použitých protihlukových materiálech a těsnících prvků v kabině, menší hlučnosti ventilátorů, místo klasických mechanických táhel, jejichž vůle způsobovala také určitou hlučnost, byly elektronické spínače. To vše mělo pozitivní vliv na snížení hluku v kabině traktoru a tím i k většímu pohodlí a menší únavě obsluhy. Hodnoty nižšího hluku v kabině jsou vidět i na grafech 6, 7 a 8.



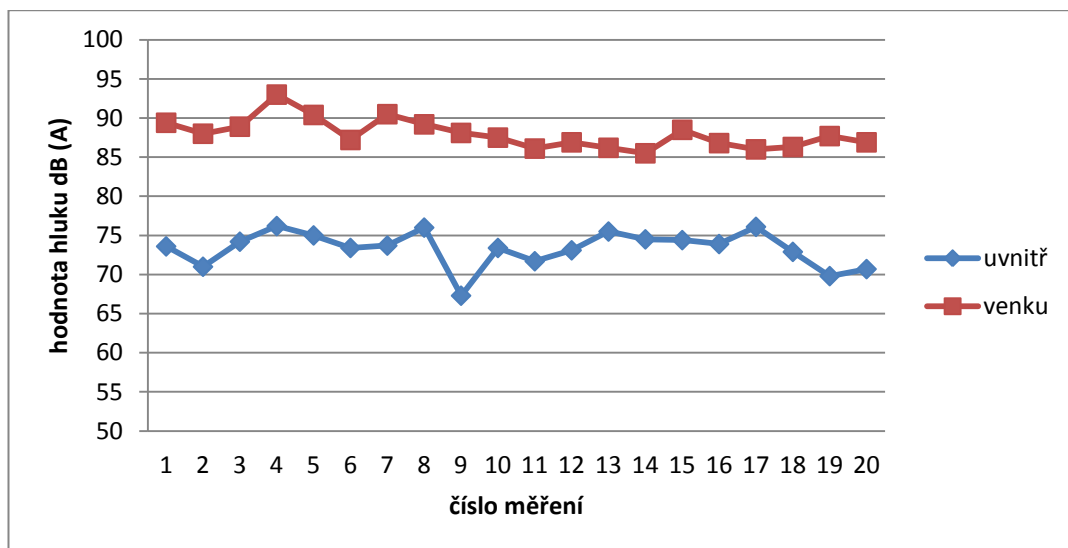
Graf 5 Hluk při chodu na volnoběh

Graf 6 znázorňuje hodnoty hluku při sběru píce na siláž sběracím vozem Pöttinger JUMBO s kapacitou 15 tun píce určené k silážování. Hodnoty byly téměř konstantní. V okolí stroje byl hluk vyšší než u traktoru ZETOR 16245, protože motor CASE IH MAGNUM 250 byl větší, měl vyšší výkon a tím byla vyšší i jeho hlučnost. Na vyšší hodnotě hluku se podílel i sběrací mechanismus připojeného vozu.



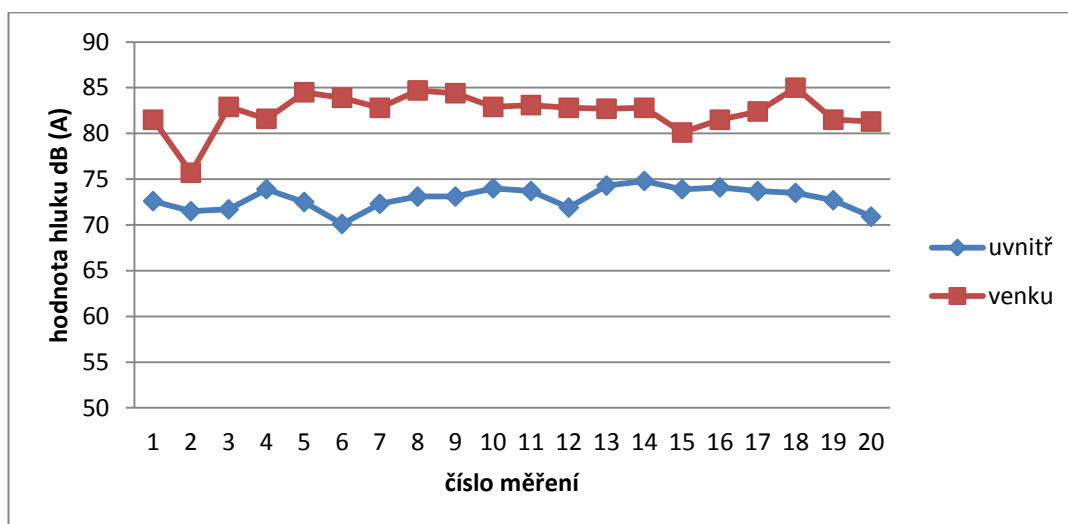
Graf 6 Hluk při sběru píce na siláž

Na grafu 7 jsou znázorněny hodnoty hluku při orbě sedmiradličným oboustranným otočným návěsným pluhem LEMKEN o záběru 3,5 metru. Hluk uvnitř byl stejný jako při jiných pracovních operacích tohoto traktoru, ale hluk v jeho blízkém okolí byl nejvyšší ze všech měření, jelikož při orbě byl nejvyšší odpor a tudíž byl využit maximální tahový výkon traktoru.



Graf 7 Hluk při orbě

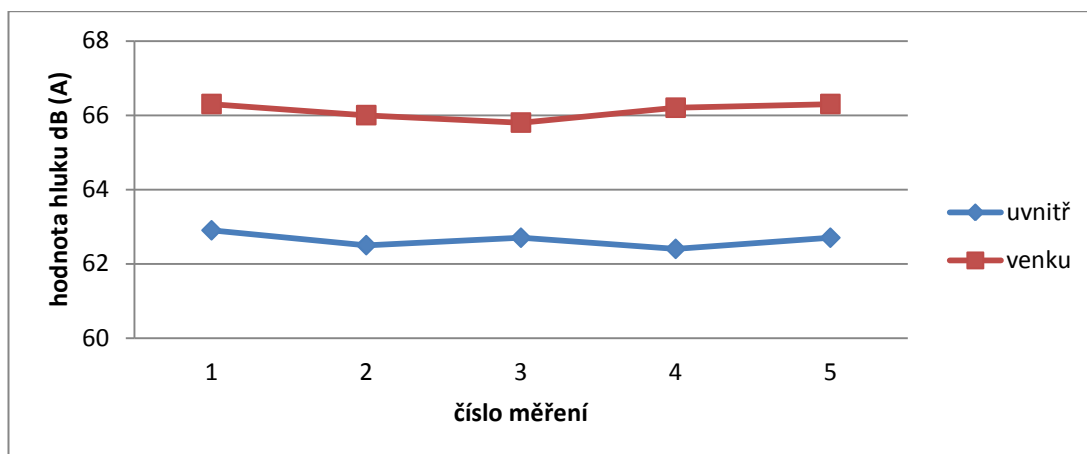
V grafu 8 jsou uvedeny hodnoty hluku naměřené při smykování kombinovaným smykem, který byl vlastní výrobou družstva, o záběru 10 metrů. Hned po orbě byly tyto hodnoty nejvyšší, jelikož traktor se musel pohybovat v kypré nezpevněné půdě a urovnávat za sebou zpracovávanou půdu.



Graf 8 Hluk při smykování

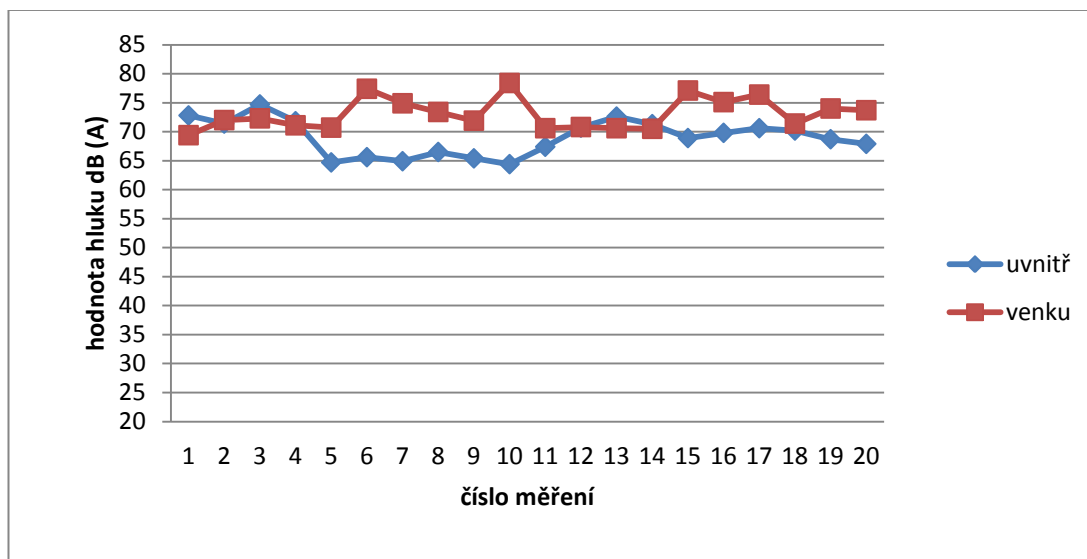
5.4 Naměřené hodnoty hluku traktoru CASE IH PUMA 225 CVX

Na grafu 9 jsou hodnoty při chodu na volnoběh. Důvody hodnot nízkého hluku jsou shodné s CASE IH MAGNUM 250.



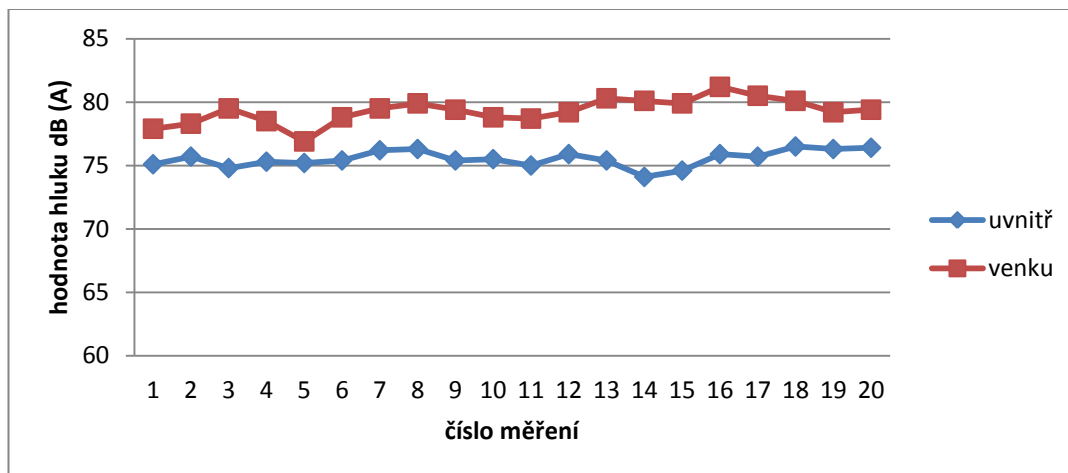
Graf 9 Hluk při chodu na volnoběh

Graf 10 znázorňuje hodnoty hluku při kypření kypřičem KUHN o pracovním záběru 3 metry. Jak je z grafu patrné, naměřené hodnoty mají, až na výjimky, poměrně malé odchylky neboť kypření bylo mělké a půda kladla konstantní odpor.



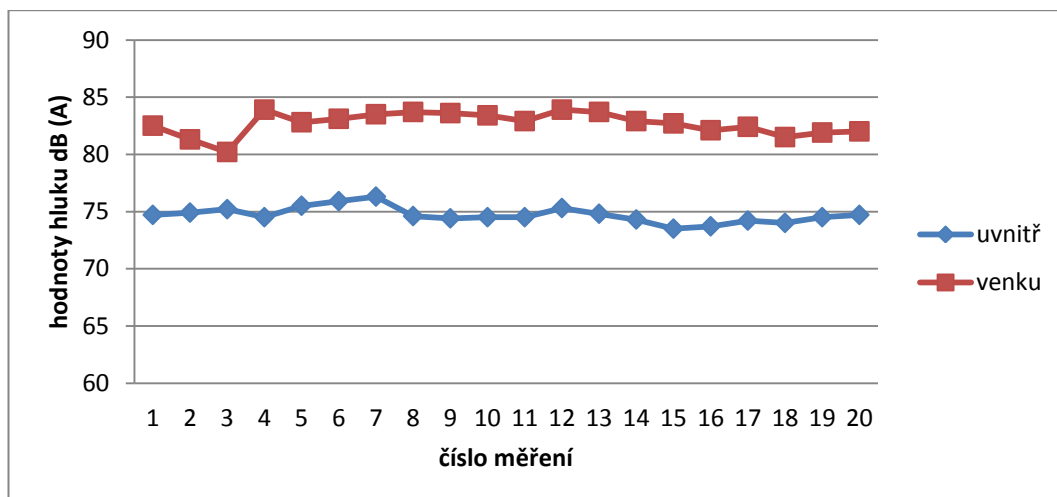
Graf 10 Hluk při kypření

Hodnoty v grafu 11 byly naměřeny při sečení bubnovou sekačkou KUHN v zadním tříbodovém závěsu o záběru 3,5 metru a v předním tříbodovém závěsu o záběru 3,15 metru. Nejnižší hodnota znázorňuje otáčení traktoru na úvrati. Ostatní výchyly hodnot při měření byly závislé na stavu terénu a různé hustotě sečené píce.



Graf 11 Hluk při sečení

Graf 12 představuje průběh hluku při setí secím strojem KUHN o pracovním záběru 4,2 metru. Hodnoty příliš nekolísaly, neboť povrch terénu měl pouze menší krátká stoupání. Hluk venku byl vyšší z toho důvodu, že půda byla kamenitější a kladla traktoru vyšší odpor. Nejnižší červená hodnota na grafu znamená otáčení traktoru na úvrati.



Graf 12 Hluk při setí

6 VÝPOČET EKVIVALENTNÍ HLADINY AKUSTICKÉHO TLAKU

6.1 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A

V technické praxi se můžeme 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 o více než o 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, např. 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} [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. Dlouhou dobu byly při přípravě její definice diskutovány různé vlivy na její konečnou velikost, ale závěrem byla přijata hypotéza, že celkový negativní účinek hluku je úměrný celkové imisi akustické energie z sledovaný čas. (Nový, 2009)

Ekvivalentní hladina akustického tlaku A se vypočte z naměřených hodnot pomocí vzorce:

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

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

σ^2 – směrodatná odchylka od průměru

6.2 Výpočty

Dle výše uvedeného vzorce byla vypočítána ekvivalentní hladiny akustického tlaku všech pozorovaných traktorů při různých pracovních operacích.

Pro ZETOR 16245 byly vypočítány podle hodnot z grafu 2, 3 a 4 tyto hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku:

Tabulka 1 Hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku ZETOR 16245

prostředí / činnost	SETÍ	SEČENÍ	SBĚR SLÁMY
uvnitř [dB]	82,6	82,7	78,9
venku [dB]	72,7	80,6	75,9

Pro CASE IH MAGNUM 250 byly vypočítány podle hodnot z grafu 6, 7 a 8 tyto hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku:

Tabulka 2 Hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro CASE IH MAGNUM 250

prostředí / činnost	SBĚR NA SILÁŽ	ORBA	SMYKOVÁNÍ
uvnitř [dB]	71,5	73,9	73,1
venku [dB]	81	88,3	82,9

Pro CASE IH PUMA 225 CVX byly vypočítány podle hodnot z grafu 10, 11 a 12 tyto hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku:

Tabulka 3 Hodnoty ekvivalentní hladiny akustického tlaku pro CASE IH PUMA 225 CVX

prostředí / činnost	KYPŘENÍ	SEČENÍ	SETÍ
uvnitř [dB]	70	75,6	74,8
venku [dB]	73,9	79,4	82,8

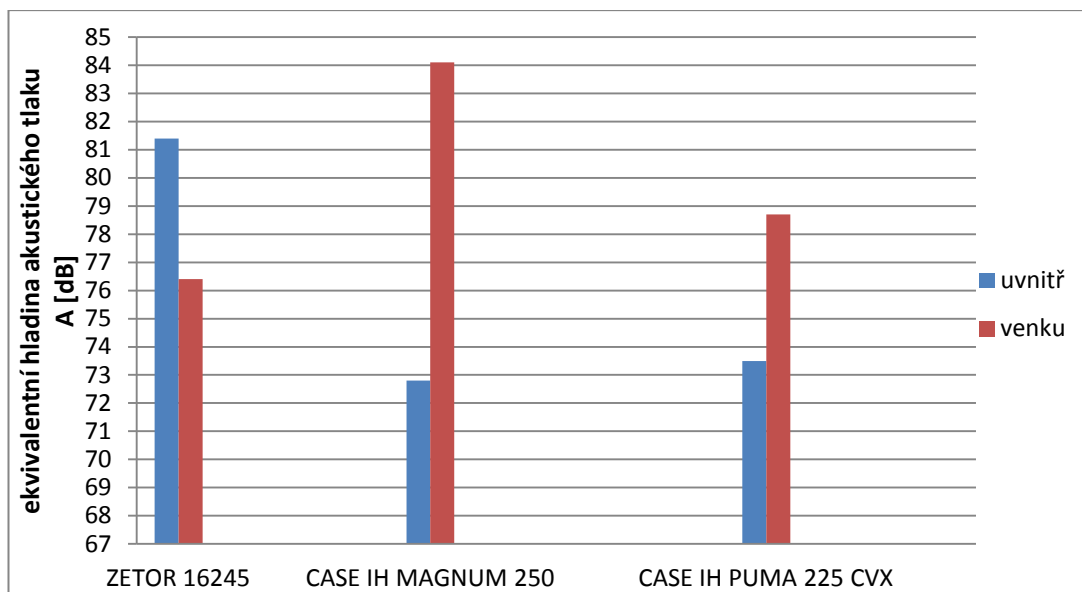
7 ZÁVĚR

Smyslem této práce bylo posoudit hlučnost pracovního prostředí u vybrané zemědělské mechanizace. Jakým způsobem došlo ke změně hlučnosti a ochraně před vlivy vnějšího pracovního prostředí v průběhu let, lze do jisté míry zhodnotit v níže přiložených grafech, kde byly porovnávány hodnoty dvou novějších a jednoho staršího stroje.

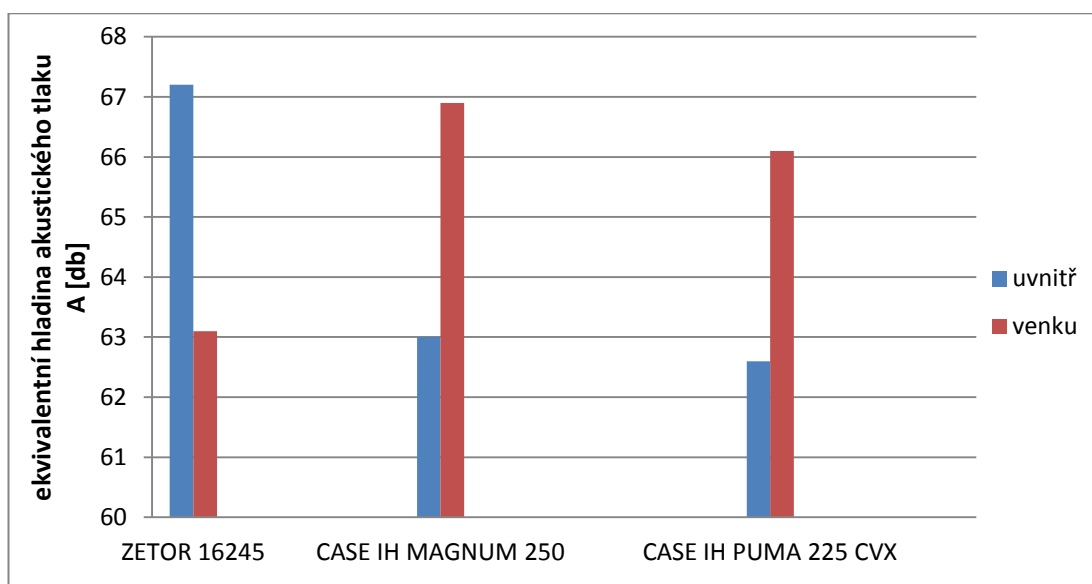
Pokud se zaměříme na blízké vnější okolí sledovaných strojů, můžeme lehce dojít k závěru, že hluk u obou moderních traktorů byl z tohoto pohledu znatelně vyšší, než u Zetoru 16245 z roku 1986. Důvody lze vysvětlit jednoduše. Novější stroje byly od základů konstruovány s důrazem na vyšší pracovní rychlosti, větší záběry a zejména na dostatek výkonu a odolnost při náročných pracovních operacích. Právě z důvodu sjednocení několika pracovních operací bylo tyto stroje potřeba osazovat výkonnějšími agregáty a sofistikovanými převodovkami. Následkem toho dochází k vyšší hlučnosti strojů.

Samotné měření hlučnosti, zohledněné v grafech níže, nám podává informaci o tom, jak hlučné byly traktory značky Case IH. Z grafu 13 je patrné, že vzhledem k vysokému hluku vně stroje, byl hluk v pracovním prostředí obsluhy výrazně nižší. Pokud tuto vnitřní hodnotu následně porovnáme s traktorem Zetor 16245, můžeme si uvědomit konstrukční rozdílnost oproti 90. létům. Na základě výsledků měření a subjektivního porovnání samotnou obsluhou strojů lze konstatovat, že nižší hlučnost má velký vliv na celkové pohodlí a zmírnění únavy řidiče. Pozitiva lze hledat i v menší hrozbě zdravotních komplikací, vyplývajících z omezení pronikání hluku do kabiny.

Zajímavým faktem může na základě měření být skutečnost, že u pozorovaného traktoru Zetor 16245 byl hluk při pracovních činnostech (graf 13) i volnoběžných otáčkách (graf 14) vyšší uvnitř než v blízkém okolí stroje. Díky tomu si můžeme udělat představu o tom, jak velká pozornost byla v 90. letech věnována hlučnosti pracovního prostředí obsluhy. Pokud k hlučnosti připočteme ještě nadměrnou prašnost a vysoké teploty v letních měsících, lze říci, že obsluha takového stroje nebyla kvůli těmto faktorům právě jednoduchá ohledně dopadů na zdravotní stav řidiče.



Graf 13 Porovnání průměrných ekvivalentních hladin akustického tlaku u měřených traktorů při práci



Graf 14 Porovnání průměrných ekvivalentních hladin akustického tlaku u měřených traktorů při chodu na volnoběh

Kdybychom ale měli porovnat ergonomii pracovního prostředí novějšího a staršího stroje, museli bychom se přiklonit k Zetoru 16245, v jehož prospěch hraje jednoduchá mechanická ovladatelnost. Moderní stroje jsou se všemi elektronickými pomocníky opravdu komfortní, ale v případě poruchy je třeba volat servis s diagnostikou. U starších strojů je možné spoustu oprav provést přímo na poli a jen se základním náradím.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- *Agroweb* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: http://www.agroweb.cz/Traktory-a-jejich-specificke-vyuziti__s1593x56283.html
- BAUER, František. *Traktory a jejich využití*. Praha: Profi press, 2013. ISBN 978-80-86726-52-6.
- *České vysoké učení v Praze* [online]. 2009 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/Novy_Kucer_a_Snizovani_hluku_a_vibraci.pdf
- *Digitální knihovna VUT v Brně* [online]. 2010 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/15877/BP_Jiri_Tulis_101455_2010.pdf?sequence=1
- *Dopravní fakulta Jana Pernera Univerzita Pardubice* [online]. 2010 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm>
- *Encyklopedie fyzika* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/202-ucinek-hluku-na-lidsky-organismus>
- *Encyklopedie fyziky* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/208-zakladni-definice>
- *Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci* [online]. 2005 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/publications/factsheets/58>
- GÜNTHER, Bodo, Karl H. HANSEN a Ivar VEIT. *Technische Akustik - ausgewählte Kapitel: Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik*. 8. Aufl. Renningen: Expert, 2008. ISBN 978-381-6927-884.
- *Informační systém Masarykovy univerzity* [online]. 2009 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/147169/prif_m/Text.txt
- Jelínek 2014, *in verb*
- *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/>

- NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04347-9.
- *SILNICE – ŽELEZNICE* [online]. 2012 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/hluk-na-styku-pneumatika-vozovka/>
- *Státní zdravotní ústav* [online]. 2007 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zdravotni-ucinky-hluku>
- SVATOŠ, Josef a Josef FROLÍK. *Základy zemědělské techniky I*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2000, 189 s. ISBN 80-704-0464-7.
- *VESTIN - izolační materiály* [online]. 2013 [cit. 2013-12-17]. Dostupné z: <http://www.vestin.cz/stroje.htm>