

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hlučnost zemních strojů

Vypracoval: Štěpán Kolář, DiS.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Štěpán KOLÁŘ**
Osobní číslo: **Z11093**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**
Název tématu: **Hlučnost zemědělských strojů.**
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 :

S postupující mechanizací výrobních činností se snížila těžká fyzická práce na minimum, zvýšila se produktivita práce, ale zvýšilo se i riziko poškození lidského zdraví vyššími hladinami hluku.

V práci proveďte literární rešerši legislativy na ochranu zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, škodlivosti hluku na lidský organismus a zemědělských strojů z hlediska zdrojů hluku. V praktické části práce proveďte měření hluku nejméně dvou zemědělských strojů (nakladačů) s odlišným výkonem.

V práci se zaměřte na:

1. Měření hluku v kabině obsluhy (pracovní místo) a vně stroje současně 2 hlukoměry.
2. Měření při: - chodu na prázdno,
- pracovní operaci (např. nakládání),
- a pojezdu v určitých vzdálenostech od stroje.
3. Měření hlukového pozadí před vlastním měřením hluku.
4. Výpočet ekvivalentních hladin z naměřených hodnot a grafické provedení schématu stanovišť (míst měření) vzhledem k měřenému stroji.
5. Vyhodnocení podle platné legislativy.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 50 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

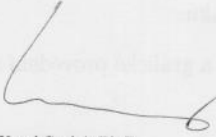
Seznam odborné literatury:

- Jeřábek, K.(1992): Zemní stroje. ČVUT Praha. ISBN 800-10-0804-5;
Doder, W. a kol. (2007): 1000 stavebních strojů. Euromedia Group, k.s. - Knižní klub, Praha. 336 s. ISBN 978-80-242-1897-7;
Zaharna, M., Guilleminault, C. (2010): Sleep, noise and health. Noise and Health. Volume 12, Issue 47, p. 64-69;
Havránek, J. a kol.(1990): Hluk a zdraví, Praha, Avicenum, 280 s. ISBN 80-201-0020-2;
Nový, R. (1995): Hluk a chvění. ČVUT, Praha, 389 s. ISBN 80-01-01306-5;
Smetana, C. a kol. (1998): Hluk a vibrace, měření a hodnocení, Praha, Sdělovací technika, 188 s. ISBN 80-901936-2-5;
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č.j. HEM -300-11.12.01-34065;
Sbírka zákonů č. 51/2006, zákon č. 148. Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací: Praha 2006;
ČSN ISO 9612 . Akustika - směrnice pro měření a posuzování expozice hluku v pracovním prostředí. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000.28s.;
ČSN ISO 1996-1 Akustika - Popis, měření a hodnocení hluku prostředí. Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení. Praha 2004;
ČSN ISO 1996-2 Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí. Část 2: Určování hladin hluku prostředí. Praha 2009;
Časopis Komunální technika


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

Datum zadání bakalářské práce: **14. ledna 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2013**


Ing. Karel Suchý, Ph.D.
proděkan pověřený vedením ZF

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


doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 7. března 2012

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: „Hlučnost zemních strojů“ vypracoval samostatně, a veškerá použitá literatura, kterou cituji, je zařazena do seznamu v závěru práce.

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.

V Českých Budějovicích dne 10. 4. 2013

.....

Štěpán Kolář, DiS.

Poděkování

Tímto si dovoluji poděkovat vedoucímu bakalářské práce Ing. Marii Šístkové, CSc. za odborné vedení mé práce a cenné rady. Dále pak svým rodičům za podporu a vytvoření vhodných podmínek pro studium a rovněž chci poděkovat všem, kdo mi pomáhali při terénních pracích.

Abstrakt

Práce se zabývá měřením hladin akustických tlaků u univerzálních zemních strojů (UZS) od různých výrobců a s odlišnou výkonovou třídou. Pro toto měření byly vybrány stroje typu: JCB 3CX TURBO SITEMASTER a BĚLORUS 30-2621 B.

Měření bylo provedeno nejen v určitých provozních stavech: při volnoběžných otáčkách, při maximálních otáčkách (za klidu), při pracovní operaci a při zatížení stroje (za jízdy) v určitých vzdálenostech od stroje, ale také v kabině obsluhy stroje.

Pro měření byla vypracována vlastní metodika a výsledné hodnoty byly porovnány s platnou legislativou.

Klíčová slova: univerzální zemní stroj, hluk, akustický tlak

Abstract

The bachelor paper deals with the measurement of acoustic pressure levels at universal earth moving machines from various manufacturers and with different power rating. For this measurement there were selected these machine types: JCB 3CX TURBO SITEMASTER and BĚLORUS 30-2621 B.

The measurement was carried out not only in certain operational conditions, such as during freewheel revolutions, idling at maximum speed (at rest), working operation and during machine load (while driving) at certain distances from the machine, but also in the cab of the machine operator.

The methodology was specially developed for the measurement and the resulting values were compared with valid legislation.

Key words: universal earth moving machine, noise, acoustic pressure

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Literární přehled.....	9
2.1. Akustika	9
2.1.1. Charakteristika hluku a zvuku	9
2.2. Kmitavé děje	9
2.3. Zvuk a vibrace – šíření rozruchu.....	10
2.4. Základní veličiny při měření hluku	12
2.4.1. Hladina akustického tlaku.....	12
2.4.2. Hladina akustického výkonu.....	13
2.4.3. Hladina intenzity zvuku	14
2.5. Vliv hluku na zdraví.....	15
2.5.1. Sluch	15
2.5.2. Hluk a lidé v číslech.....	15
2.6. Křivky hladin stejné hlasitosti.....	16
2.7. Objektivizované měřicí postupy	17
2.8. Univerzální zemní stroje (UZS)	18
2.8.1. Přídavná pracovní zařízení UZS	18
2.8.2. Lopaty rýpacího zařízení.....	18
2.9. Zdroje hluku	19
2.9.1. Aerodynamické zdroje	19
2.9.2. Mechanické zdroje	19
2.10. Předpisy v oblasti ochrany před hlukem	21
2.10.1. Legislativa pro oblast emisí	21
2.10.2. Legislativa pro oblast imisí	21
3. Cíl práce	22
4. Metodika práce.....	22
4.1. Měřicí přístroje.....	22
4.2. Podmínky měření	22
4.3. Metoda měření	23
4.3.1. Měření hluku v kabině obsluhy a vně stroje současně 2 hlukoměry za klidu (volnoběžné a maximální otáčky).....	23
4.3.2. Měření hluku při pracovní operaci (nakládání zeminy) v kabině obsluhy a vně stroje současně 2 hlukoměry	24
4.3.3. Měření při maximálním zatížení (za jízdy).....	25
4.3.4. Vyhodnocení naměřených dat.....	26
4.4. Použité zemní stroje	26

4.5. Popis vlastního měření	27
4.5.1. Použitá měřidla	27
4.5.2. Podmínky měření	28
4.5.3. Charakteristika prostředí před vlastním měřením	28
4.6. Vlastní měření	29
4.7. Výsledky měření	31
4.7.1. JCB 3CX	31
4.7.2. Bělorus 30-2621B	35
4.8. Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku univerzálních zemních strojů	39
5. Diskuze.....	41
6. Závěr	43
7. Použitá literatura	45

1. Úvod

Když srovnáme svět dnes a před několika desítkami let, nestačíme se divit. Lidská společnost prošla velkou změnou ve všech odvětvích, které lidstvo dnes a denně potřebuje.

Lidstvo se stává čím dál tím více náročnějším, používá neustále více techniky, strojních zařízení a jiné mechanizace, aby si práci usnadnilo a zrychlilo. Ale všechny plusy mají také své mínusy, na což doplácí lidský organismus, v našem případě sluchový orgán.

Příliš velká hlasitost zvuku může způsobit nejen únavu a ztrátu pozornosti, ale dlouhodobé nadměrné vystavování hluku také způsobuje vysoký krevní tlak, či dokonce úplnou ztrátu sluchu.

Proto se výrobci zabývají hlukem výrobků dle platných legislativních předpisů a technických norem.

Lze tedy očekávat, že další neustálý rozvoj techniky povede ke zpřísnění emisních hlukových limitů, které budou ještě více chránit lidské zdraví.

2. Literární přehled

2.1. Akustika

Akustika je rozsáhlý vědní obor zabývající se komplexně zvukem od jeho vzniku, přenosu prostorem až po vnímání lidskými smysly.

(http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm, 27. 2. 2013)

2.1.1. Charakteristika hluku a zvuku

Zvuky jsou přirozenou a důležitou součástí prostředí člověka, jsou základem řeči a příjmu informací, mohou přinášet příjemné i nepříjemné zážitky. Obecně se zvuky, které jsou nechtěné, obtěžující nebo mají dokonce škodlivé účinky, nazývají hlukem (Liberko, 2004).

Hlukem se tedy obecně rozumí akustický signál, jehož působení člověka poškozuje, ruší či obtěžuje (Liberko, 2004).

2.2. Kmitavé děje

Vnější i vnitřní síly vyvolávají v prostředí kmitání, které je příčinou chvění a hluku. Jestliže jsou částice prostředí uvedeny do kmitavého stavu, nazýváme jej rozruch, který je předáván i sousedícím částicím. Šíření rozruchu nazýváme vlnění.

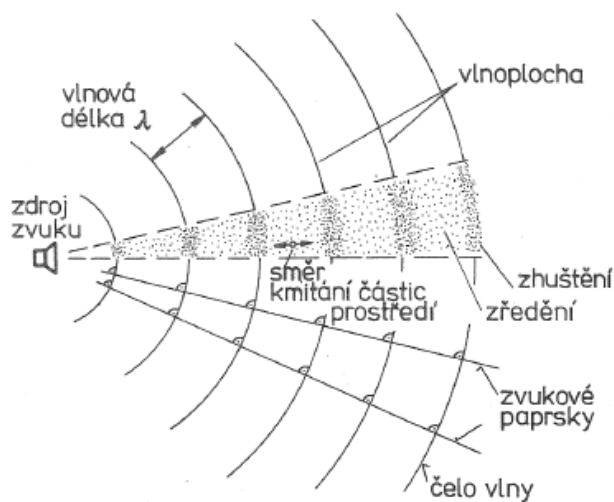
Místa, do kterých rozruch dorazí, můžeme spojit plochou, kterou nazýváme vlnoplocha. Tvar vlnoplochy určuje zdroj kmitání svým tvarem, rozměrem a způsobem kmitání (Smetana a kolektiv, 1998).

Rozruch se šíří vlnami. Místo, kde se první vlnoplocha objeví, nazýváme čelo vlny. Směry šíření vlnoploch se označují jako paprsky, které jsou kolmé na vlnoplochy. Částice prostředí se vychylují buď příčně ke směru šíření, nebo se vychylují podélně ve směru šíření (Smetana a kolektiv, 1998).

V určitých částech prostředí se zvětšuje hustota částic, je to tzv. zhuštění, a v jiných částech se snižuje, to je tzv. zředění. Tím se ve vzduchu mění tlak plynu oproti své statické hodnotě, která se nazývá akustický (zvukový) tlak. Důležitou hodnotou vlnění je vlnová délka λ .

Udává vzdálenost dvou sousedních vlnoploch. Při vyzařování jednoduchého signálu o frekvenci f (Hz) a rychlosti šíření vln prostředím c (m/s) je vlnová délka dána vztahem $\lambda = \frac{c}{f}$ (1)

(Smetana a kolektiv, 1998)



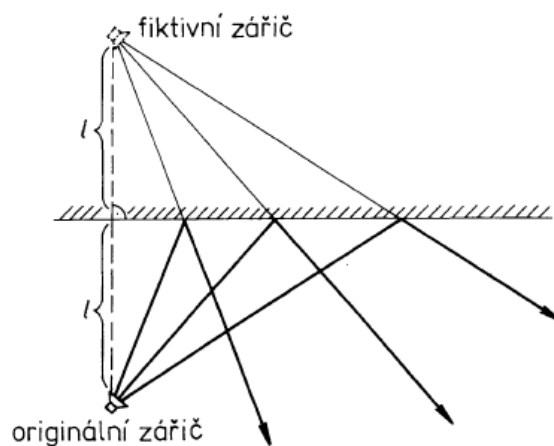
Obrázek 1 – Šíření zvukových vln (Smetana a kolektiv, 1998)

2.3. Zvuk a vibrace – šíření rozruchu

Vlnění v plynném či kapalném prostředí označujeme jako zvuk. Vlnění šířící se v tuhých látkách označujeme jako vibraci. Ovlivňováním směru šíření rozruchu dochází k odrazu, ohybu a lomu. (Smetana a kolektiv, 1998).

a) Odraz

Nastává při šíření vln proti překážce. Intenzita odražené vlny závisí na vlastnostech odrazné plochy a na vlnové délce signálu. Jestliže se jedná o rovinnou plochu, jejíž rozměry jsou podstatně větší než délka dopadající vlny, lze užít zákon odrazu, podle kterého se úhel odrazu rovná úhlu dopadu. Geometrickou konstrukci šířící se vlny usnadní tzv. fiktivní zdroj, kde se využívá metody zrcadlového obrazu (Smetana a kolektiv, 1998).



Obrázek 2 – Konstrukce odražených paprsků pomocí zrcadlového obrazu
(Smetana a kolektiv, 1998)

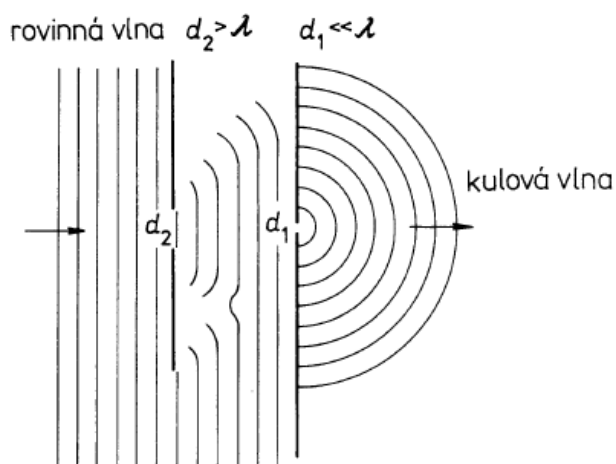
Odraz nastává tehdy, je-li vlnová délka srovnatelná, nebo menší než rozměry plochy ve všech směrech. U složených signálů nastane odraz jen pro ty kmitočty, pro něž platí $\lambda \leq l$ nebo $f \geq c/l$ (2)

kde l (m) je nejmenší rozměr překážky (Smetana a kolektiv, 1998).

b) Ohyb

Je důsledkem Huygensova principu – každé místo na hraně překážky je zdrojem kulových vln. Velikost odchýlení paprsku od původního směru je závislá na vlnové délce postupujícího signálu a na velikosti překážky.

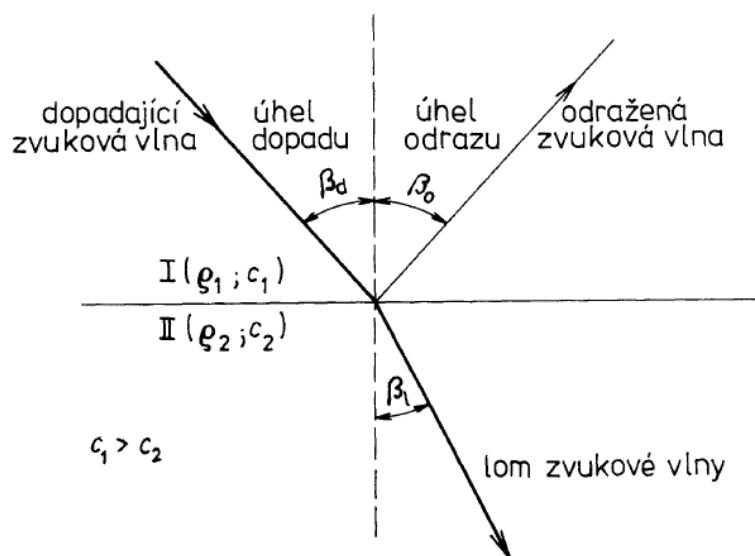
Je-li otvor malý proti vlnové délce, vzniká podle Huygensova principu kulová vlna. Je-li otvor velký proti vlnové délce, vlna prochází (Smetana a kolektiv, 1998)



Obrázek 3 – Průchod zvuku otvory v překážce (Smetana a kolektiv, 1998)

c) Lom

Postupuje-li vlna do jiného prostředí, nastává lom paprsku. Platí, že je-li v novém prostředí rychlost šíření větší než v původním prostředí, lomí se směr paprsku od kolmice ke styčné ploše prostředí. Přesáhne-li úhel dopadu určitou hodnotu (tzv. mezní úhel), nastává úplný odraz (Smetana a kolektiv, 1998).



Obrázek 4 – Lom a odraz zvukového paprsku na rozhraní prostředí (Smetana a kolektiv, 1998)

2.4. Základní veličiny při měření hluku

2.4.1. Hladina akustického tlaku

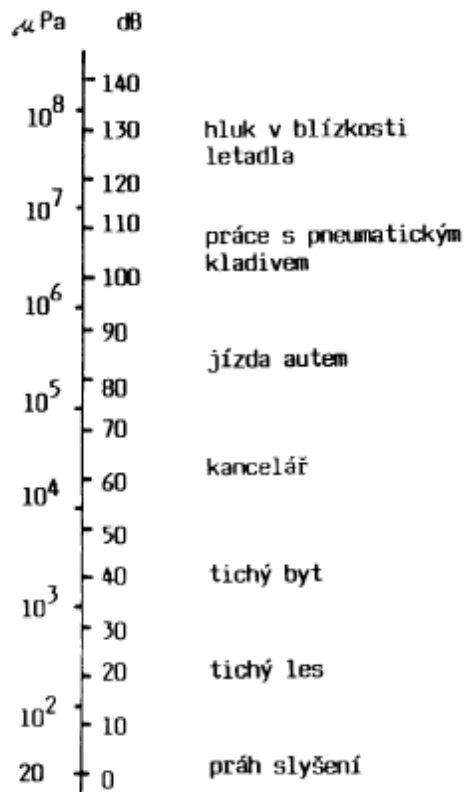
Akustický tlak slyšitelného rozsahu vjemů přesahuje sedm dekad, což by při vyjadřování v jednotkách tlaku (Pa) vedlo k nepraktickému zápisu. Vjemové veličiny jsou proto vyjadřovány v logaritmické stupnici (Smetana a kolektiv, 1998)

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ [dB]} \quad (3)$$

kde je p [Pa] sledovaný akustický tlak,

p_0 [Pa] referenční akustický tlak $\rightarrow 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} = 0 \text{ dB}$.

(Nový, 2009)



Obrázek 5 – Hladina akustického tlaku v různém prostředí (Nový, 2009)

2.4.2. Hladina akustického výkonu

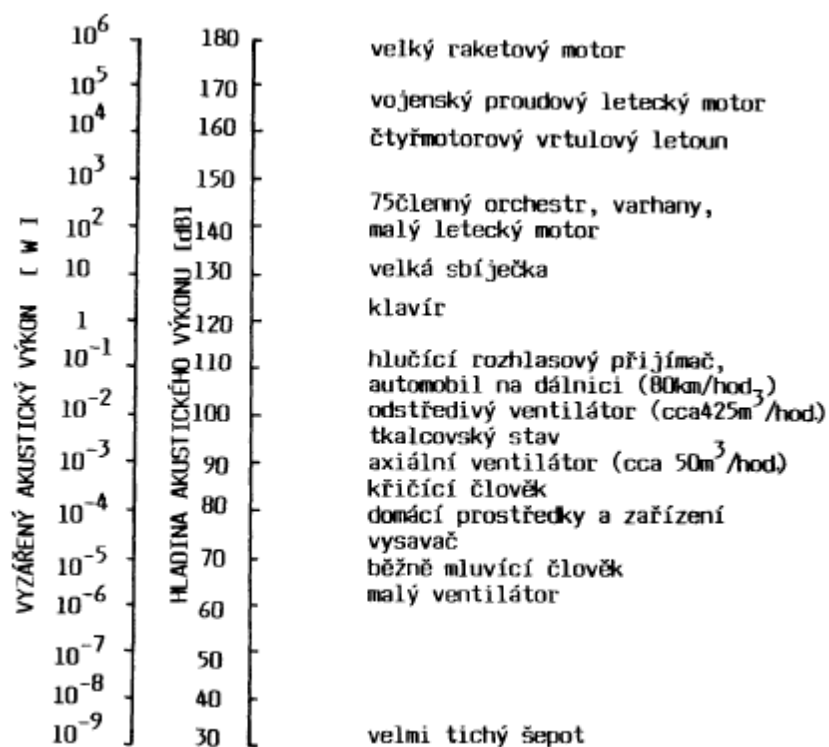
Je definována vztahem

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]} \quad (4)$$

kde je W_0 [W] referenční akustický výkon, $W_0 = 10^{-12}$ W,

W [W] sledovaný akustický výkon.

(Nový, 2009)



Obrázek 6 – Hladina akustického výkonu (Nový, 2009)

2.4.3. Hladina intenzity zvuku

Je definována vztahem

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ [dB]} \quad (5)$$

kde je I_0 [W/m²] referenční hodnota intenzity zvuku,

I [W/m²] intenzita zvuku sledovaného akustického signálu.

(Nový, 2009)

2.5. Vliv hluku na zdraví

2.5.1. Sluch

Sluch slouží člověku především jako varovný systém. Organismus kvůli tomu reaguje na hluk jako na poplašný signál a spouští celou řadu mechanismů. Dochází například ke:

- zrychlení tepu,
- stažení periferních cév,
- zvýšení hladiny adrenalinu,
- ztrátám hořčíku.

Hluk má poměrně významný vliv na psychiku jednotlivce a často způsobuje únavu, depresi, agresivitu, neochotu, zhoršení paměti, ztrátu pozornosti a celkové snížení výkonnosti. Dlouhodobé vystavování nadměrnému hluku pak způsobuje vysoký krevní tlak, poškození srdce včetně zvýšení rizika infarktu, snížení imunity organismu, chronickou únavu a nespavost (<http://hluk.eps.cz/hluk/vliv-hluku-na-zdravi/>, 27. 2. 2013).

Všeobecně známým účinkem hluku na zdraví je pak pochopitelně poničení sluchu. K němu může dojít buď při krátkodobém vystavení hluku přesahujícímu 130 dB – o něco větší hluk než vydává startující letadlo, nebo častému a dlouhodobému vystavování hluku nad 85 dB - např. velmi hlasitá hudba (<http://hluk.eps.cz/hluk/vliv-hluku-na-zdravi/>, 27. 2. 2013).

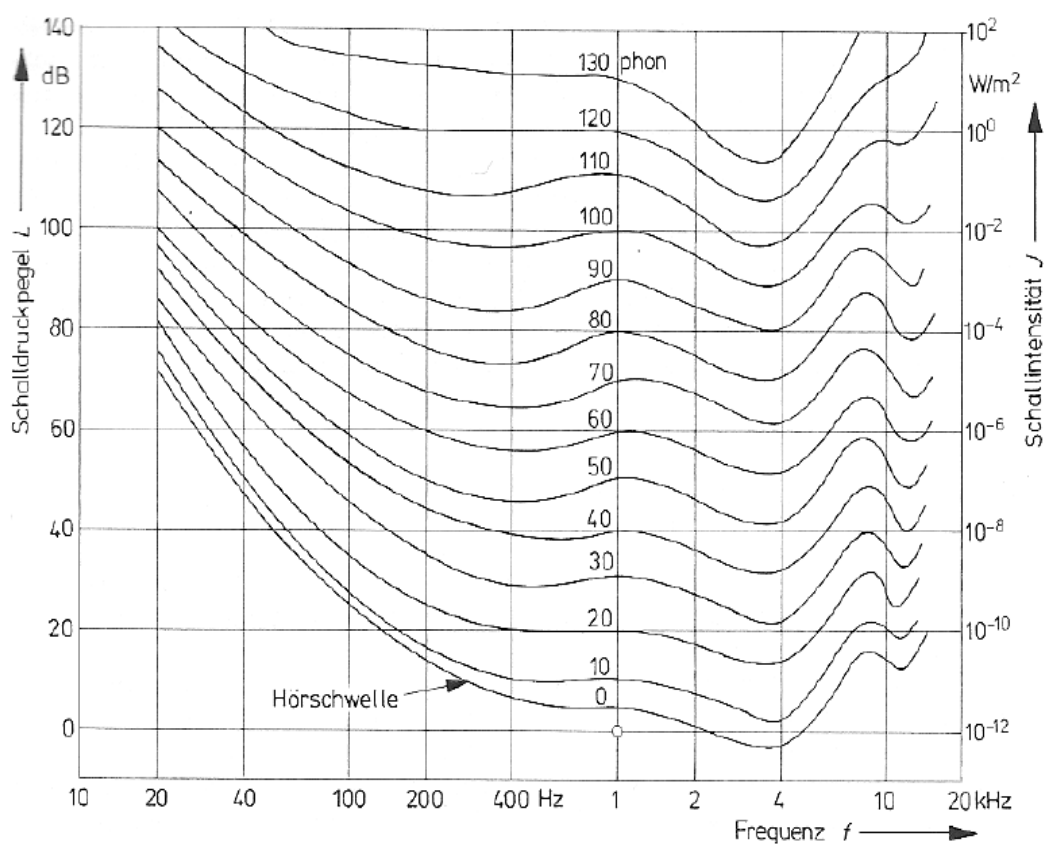
2.5.2. Hluk a lidé v číslech

- až 40% evropské populace je vystaveno takové míře hluku, která může způsobit škody na zdraví
- dle nedávných studií je kvůli hluku z dopravy v Dánsku ročně hospitalizováno 800-2200 osob a dochází ke 200-500 samovolným potratům
- v Evropě je dlouhodobý vliv dopravního hluku příčinou tří procent všech úmrtí na srdeční selhání
- v Praze je nadlimitním hlukem zasaženo kolem 7,6 % obyvatel, tedy přes 90.000 lidí (<http://hluk.eps.cz/hluk/vliv-hluku-na-zdravi/>, 27. 2. 2013)

2.6. Křivky hladin stejné hlasitosti

Křivky hladin znázorňují, jak jsou křivky stejné hlasitosti tónů závislé na frekvenci (Nový, 2009).

Jednotkou hladiny hlasitosti je phon (fón). Je formulován tak, že hladina hlasitosti 1 phon je při kmitočtu 1 kHz stejně veliká jako jednotka hladiny akustického tlaku 1dB. Z toho tedy vyplývá, že např. zvuk o hlasitosti 80 phon vnímá člověk stejně jako zvuk o frekvenci 1 kHz o hladině akustického tlaku 80 dB (Veit, 2005).



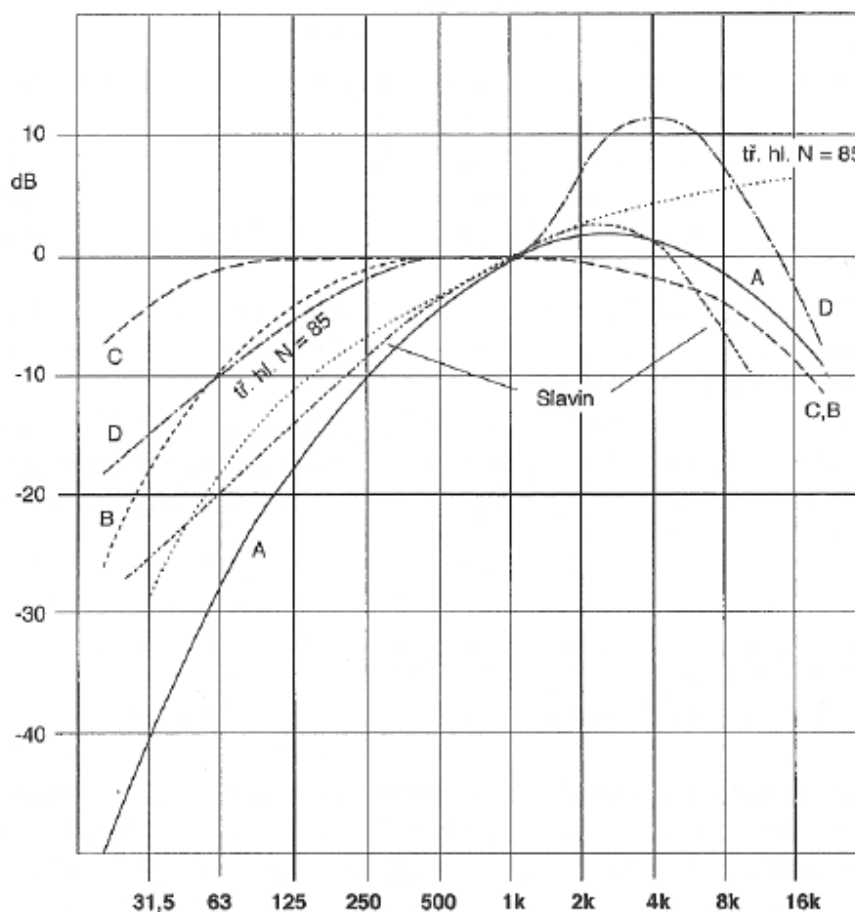
Obrázek 7 – Křivky hladin stejné hlasitosti (Veit, 2005)

2.7. Objektivizované měřicí postupy

Hodnoty zjištěné měřicími přístroji a subjektivní vnímání hluku (hladin akustického tlaku) spolu souvisí jen zčásti. U nejjednodušších zvuků je převod objektivně naměřených hodnot na pocity vnímání hluku pomocí křivek hladin stejné hlasitosti vyhovující, kdežto u složitějších signálů je tento postup nepoužitelný.

Proto byly vytvořeny jednotné mezinárodně uznané váhové filtry.

Označují se písmeny A, B, C, D a jsou zobrazeny na obrázku 8. Dnes se užívá hlavně váhový filtr A, filtr B ztratil na významu a filtry C a D se uplatňují např. v letecké dopravě (Smetana a kolektiv, 1998).



Obrázek 8 – Kmitočtové průběhy váhových filtrů

(Smetana a kolektiv, 1998)

2.8. Univerzální zemní stroje (UZS)

Univerzální zemní stroje jsou uzpůsobeny současně jako nakladače a rýpadla, a jsou vybaveny vlastním motorem pro pojezd. Vpředu jsou opatřeny neseným nakládacím pracovním zařízením s pracovním nástrojem - nakládací lopatou. Vzadu jsou opatřeny rýpacím pracovním zařízením s pracovním nástrojem - rýpací lopatou (Celjak, 2010).

2.8.1. Přídavná pracovní zařízení UZS

Přídavná pracovní zařízení lze na stroji zaměnit za nakládací nebo rýpací pracovní zařízení, čímž je zvyšována univerzálnost použití stroje - různé šířky lopat, jeřábové zařízení, hydraulické kladivo, nožové paletizační vidle, vrtací zařízení, shrnovač, sněžný pluh, zametací zařízení, rozrývací zařízení, vrtací zařízení, vidle na obří balíky a podobně (Celjak, 2010).

2.8.2. Lopaty rýpacího zařízení

Lopaty rýpacího zařízení jsou dodávány s různými pracovními šířkami. Například u výkopové lopaty se šířky pohybují v rozmezí 300 mm až 800 mm. Nakládací lopaty jsou v šířkách 900 až 1000 mm. Lopata jílová je široká 350 mm, drenážní lopata je široká 200 mm. Hmotnost lopat se pohybuje v rozmezí 120 až 225 kg u rýpacího zařízení. Hmotnost lopaty nakládacího zařízení je u standardních lopat 380 - 450 kg, u víceúčelových až 700 kg. Rýpací zařízení je přesuvné na obě strany, což umožňuje pracovat podél obrubníků a zdí. Rozsah otáčení rýpacího zařízení je 180 až 201° (Celjak, 2010).

Tabulka 1 – Rozdělení univerzálních zemních strojů (Celjak, 2010)

Skupina	Třída	Jmenovitá provozní hmotnost (kg)	Výkon hnacího motoru (kW)
Malé UZS	01	1600 - 2500	20 - 30
	02	2500 - 3200	30 - 35
	03	3200 - 4000	35 - 40
Střední UZS	04	4000 - 5000	40 - 45
	05	5000 - 6000	45 - 50
Velké UZS	06	6000 - 7000	50 - 60
	07	7000 - 8000	60 - 75

2.9. Zdroje hluku

Vznikající hluk při činnosti nejen zemních strojů můžeme rozdělit na:

- aerodynamické zdroje,
- mechanické zdroje. (Nový, 2009)

2.9.1. Aerodynamické zdroje

Aerodynamické zdroje je možno charakterizovat jako zvuk vznikající v důsledku působení proudu vzduchu na okolní obklopující prostředí. Příčinou vzniku tedy není kmitání povrchu pevných těles, ale pohyb vzduchu. Aerodynamický zvuk je při provozu zemních strojů ve srovnání s mechanickými zdroji zanedbatelný a mimo tlumiče výfuku se nijak technicky neřeší. Mezi aerodynamické zdroje například patří:

- hluk při obtékání stroje proudem vzduchu,
- hluk ventilátoru a chladiče,
- hluk výfuku. (Nový, 2009)

2.9.2. Mechanické zdroje

Mechanický zdroj hluku vzniká následkem vzájemného působení pevných objektů a tekutiny, v tomto případě určité části stroje a vzduchu. Většinu hluku zemních strojů má za následek mechanický původ. Mezi hlavní mechanické zdroje patří:

- hluk ložisek,
- hluk převodů a převodovek,
- hluk pohonné jednotky,
- hluk pneumatik. (Nový, 2009)

Tabulka 2 - Příklady zdrojů a hladin hluku v prostředí (Havránek a kol., 1990)

Hladina zvuku (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 let. motoru (vzdálenost 10m)		
130	Práh bolesti	Zápustkové kování (vzdálenost 2m)		
120	Extrémně silný hluk, hranice zákazu pobytu osob	Natavování oceli v el. peci (vzdálenost 3m)	Start vojenského proudového letounu (vzdálenost 300m)	
110	Velmi silný hluk	Frézování tvrdého dřeva (vzdálenost 1m)	Houkačka lokomotivy (vzdálenost 30m)	
100		Hala prádelny	Zvukové znamení aut (7m)	Symfonický orchestr
90	Silný hluk, hranice zdravotního rizika pro sluch		Tramvaj - vzdálenost 7m, rychlost 60km/h	Mixér (vzdálenost 1m)
80		Tiskárna počítače (1m)	Osobní automobil (7m)	Vysavač prachu (vzdálenost 1m)
70	Mírný hluk	Halová kancelář, el. psací stroj	Splav na řece (vzdálenost 10m)	Školní třída při vyučování
60		Běžná kancelář	Zpěv kosa (vzdálenost 3m)	Běžný hovor
50	Klid	Tichá pracovna	chůze chodce v noci (vzdálenost 30m)	Obracení stránek novin
40	Ticho		Noční ticho ve volné krajině, bezvětrí	Tikot budíku (vzdálenost 2m)
30				Místnost v bytě, noc, žádná doprava
20	Hluboké ticho		Zasněžený les, bezvětrí	
10	Práh slyšení			
0				

2.10. Předpisy v oblasti ochrany před hlukem

Předpisy týkající se oblasti ochrany před hlukem lze rozdělit na:

a) Emise

Zajímáme-li se jen o zdroj hluku, jde o emise. To znamená, že hlukové emise jsou nezávislé na kvalitách okolního prostředí.

b) Imise

Pokud se zabýváme úrovní hluku v místě jejího příjmu příjemcem, jde o hlukové imise. Lze tedy říci, že imise jsou ovlivněny jak zdrojem hluku, tak prostředím, ve kterém se akustický signál šíří k příjemci (Liberko, 2004).

2.10.1. Legislativa pro oblast emisí

Hlavním předpisem, který stanovuje technické požadavky na výrobky, je zákon č. 22/1997 Sb. Emisní limity hluku pro skupiny strojů, výrobků a zařízení, které jsou vyráběny, dováženy či vyváženy v rámci členských států EU, nesmějí být překročeny, a tudíž musejí být akustické parametry uvedeny na štítku, který je umístěn na stroji, výrobku či zařízení stanoveném nařízením vlády č. 342/ 2003 Sb. Z hlediska vztahu české legislativy a legislativy EU je nařízení vlády č. 342/2003 Sb. transpozicí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/14/EC.

2.10.2. Legislativa pro oblast imisí

Ochranu zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací stanovuje vyhláška MZd ČSR č. 13/1977. S postupnými novelizacemi jsou stanovené přípustné limitní hodnoty hluku v zákoně č. 274/2003 Sb. o ochraně veřejného zdraví, nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací a nařízení vlády č. 272/2011, které je transpozicí Evropského parlamentu a Rady č.2002/44/ES.

3. Cíl práce

Cílem této práce bylo změřit úroveň hluku zemních strojů v kabině obsluhy a vně stroje současně dvěma hlukoměry, a dále změřit hluk v různých pracovních režimech (při nakládání zeminy a při jízdě strojů) v určitých vzdálenostech od hlukoměru. Tyto naměřené a vypočítané hladiny hluku následně graficky vyhodnotit a porovnat s platnou legislativou.

4. Metodika práce

Měření hluku bylo provedeno u dvou kolových zemních strojů s rýpacím pracovním zařízením, různé výkonové třídy, od různých výrobců a s odlišným rokem výroby.

Pro objektivitu výsledných hodnot bylo měření provedeno čtyřikrát a byla vypočtena výsledná průměrná ekvivalentní hladina akustického tlaku.

4.1. Měřicí přístroje

Pro zaznamenání podmínek měření a změření hladin akustického tlaku byly použity tyto přístroje:

- mobilní digitální meteorologická stanice pro záznam rychlosti větru, tlaku a teploty okolí,
- délkové měřidlo pro určení přesné polohy mikrofonu,
- hlukoměr s váhovým filtrem A a záznamem naměřených hodnot.

4.2. Podmínky měření

Podmínky měření byly nastaveny u obou zemních strojů stejně. Před vlastním měřením byly seřizené volnoběžné otáčky dle předpisů výrobce, byl správně nastaven omezovač otáček a motor byl zahřátý na provozní teplotu.

Měření bylo provedeno na volném prostranství a v blízkosti zemních strojů ani mikrofonů nebyl žádný zdroj hluku, který by mohl negativně ovlivnit výsledné hodnoty.

Při měření bylo polojasné počasí o rychlosti větru do 5 m/s a o teplotě okolí nad 15 °C.

Součástí výsledných hodnot bylo zaznamenáno:

- a) datum a čas měření,
- b) místo měření,
- c) teplota okolí,
- d) atmosférický tlak,
- e) rychlost větru.

4.3. Metoda měření

4.3.1. Měření hluku v kabině obsluhy a vně stroje současně 2 hlukoměry za klidu (volnoběžné a maximální otáčky)

Měření při volnoběžných otáčkách – volnoběžné otáčky se pohybovaly v rozmezí 650 – 750 ot/min.

Měření při maximálních otáčkách – maximální otáčky se pohybovaly v rozmezí 1750 – 2200 ot/min. Podle obrázku 9 byl mikrofon 1 umístěn 1,2 m nad zemí, kolmo k podélné ose stroje, ve vzdálenosti 5 m a poté 7 m od nejbližšího povrchu stroje. Mikrofon 2 držel asistent, ve vzdálenosti 10 cm od sluchového orgánu obsluhy stroje.

Výsledkem měření byla vypočtena ekvivalentní hladina akustického tlaku dle vzorce:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n \left(t_i \cdot 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right] \quad (6)$$

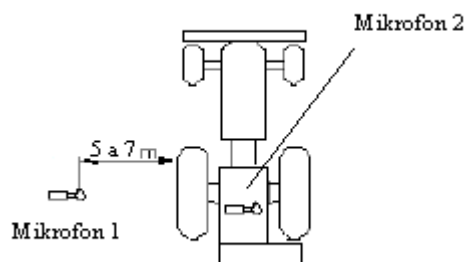
L_{Aeq} - ekvivalentní hladina zvuku (dB),

T - doba měření (s),

L_i - hladina zvuku i-tého vzorku měření (dB),

t_i - doba měření i-té hodnoty,

n - počet naměřených údajů během intervalu T .



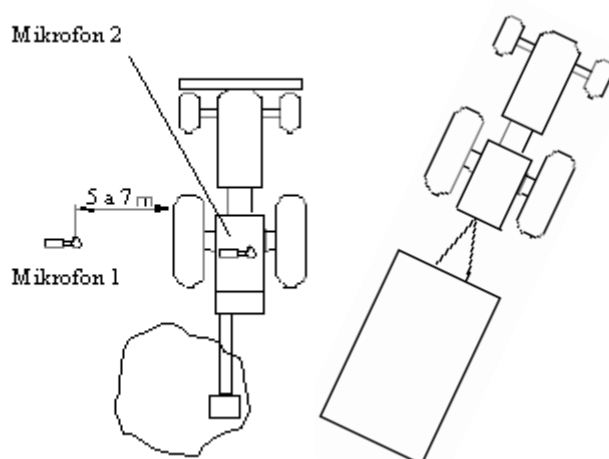
Obrázek 9 – Měření hluku u zemního stroje v klidové poloze

4.3.2. Měření hluku při pracovní operaci (nakládání zeminy) v kabině obsluhy a vně stroje současně 2 hlukoměry

Pracovní otáčky byly nastaveny u obou zemních strojů stejně. Podle obrázku 10 byl mikrofon 1 umístěn 1,2 m nad zemí, kolmo k podélné ose stroje, ve vzdálenosti 5 m a poté 7 m od nejbližšího povrchu stroje, který obsluhoval asistent při terénních pracích.

Mikrofon 2 držel druhý asistent ve vzdálenosti 10 cm od sluchového orgánu obsluhy stroje.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku byla spočtena rovněž podle vztahu (6).



Obrázek 10 – Měření hluku zemního stroje při pracovní operaci (nakládání zeminy)

4.3.3. Měření při maximálním zatížení (za jízdy)

Podle obrázku 11 bylo provedeno následující měření.

Na čáře C byly umístěny hlukoměry 1,2 m nad terénem a byly vzdálené 5 m a poté 7 m od podélné osy roviny stroje.

Čára A značila start měření a čára B cíl měření. Obě tyto čáry byly ve vzdálenosti 10 m před a za mikrofonem.

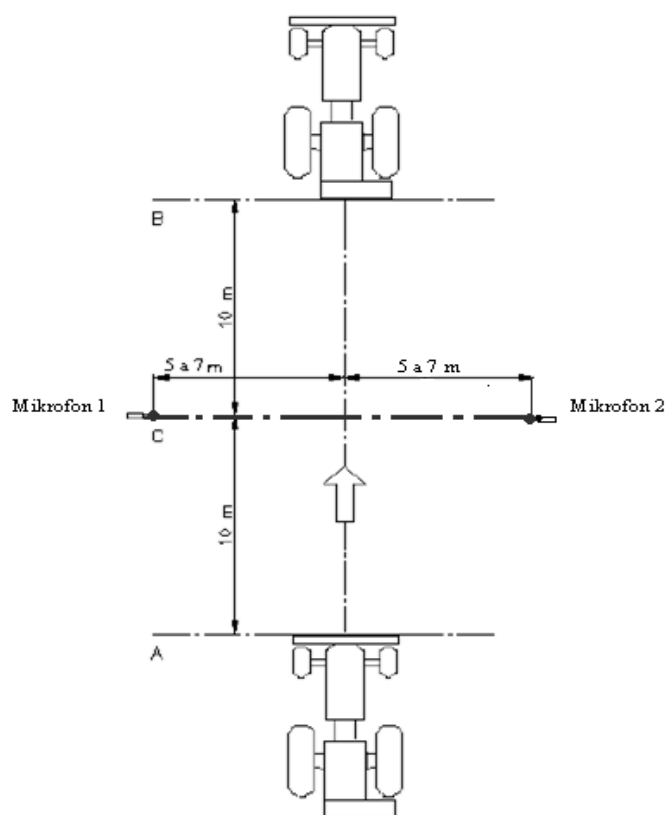
Měření bylo provedeno tak, že se zemní stroj přibližoval ke startovní čáře se zařazeným rychlostním stupněm takovým, při kterém byly otáčky volnoběžné.

Při dovršení úrovně startovní čáry byla provedena jízda až do cílové čáry s maximálním zatížením.

Současně při dosažení čáry A byly asistenty spuštěny záznamy hlukoměrů a při projetí cílovou čarou B byly vypnuty.

Při přibližování zemního stroje k hlukoměru hodnoty rostly a naopak při oddalování hodnoty klesaly.

Ekvivalentní hladina akustického tlaku byla opět spočtena dle vztahu (6).



Obrázek 11 – Měření zemního stroje za jízdy

4.3.4. Vyhodnocení naměřených dat

Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny ve spojnicových grafech s průměry ekvivalentních hladin akustického tlaku a maximální a minimální naměřenou hodnotou.

Spočtené průměry hladin akustického tlaku obou typů univerzálních zemních strojů jsou zaznamenány a porovnány v různých měřených režimech ve formě sloupcových grafů.

4.4. Použité zemní stroje

Měření bylo provedeno u univerzálního zemního stroje JCB 3CX TURBO SITEMASTER a BĚLORUS 30-2621B. Univerzální zemní stroje má ve vlastnictví soukromý podnikatel, který provádí strojní zemní práce. Firma se nachází v Jihočeském kraji v obci Sousedovice, vzdálené 5 km od Strakonice.

JCB 3CX TURBO SITEMASTER

Rok výroby: 1991

Objem motoru: 4400 cm³

Výkon: 70 KW při 2200 ot/min

Celková hmotnost: 7600 kg

Rozměry: délka 5700 mm, šířka 2200 mm, výška 3300 mm, rozvor 2200 mm



Obrázek 12 – Univerzální zemní stroj JCB 3CX TURBO SITEMASTER

BĚLORUS 30-2621 B

Rok výroby: 1975

Objem motoru: 4940 cm³

Výkon: 47,5 KW při 1750 ot/min

Celková hmotnost: 5770 kg

Rozměry: délka 6480 mm, šířka 2100 mm, výška 3800 mm, rozvor 2450 mm



Obrázek 13 – Univerzální zemní stroj Bělorus 30-2621 B

4.5. Popis vlastního měření

4.5.1. Použitá měřidla

Hlukoměry - 2x VOLTcraft PLUS SL-300 (50-100dB) s váhovým
filtrem A + 2 stativy

Dálkoměr - BOSCH DLE 50 PROFESSIONAL

Meteorologická stanice – KL 4900

4.5.2. Podmínky měření

Před vlastním měřením se ověřovaly okolní podmínky.

Zjišťovala se teplota vzduchu, rychlost větru a atmosférický tlak.

Hladina hluku okolí musela být maximálně 60 dB, jelikož se předpokládalo, že naměřené hodnoty se budou pohybovat okolo 70 dB a výše. Tím bylo zajištěno, že výsledky nebyly ovlivněny.

Při měření asistovaly dvě osoby, které pomáhaly při všech terénních pracích.

4.5.3. Charakteristika prostředí před vlastním měřením

Místo měření – areál ZD Sousedovice

Povrch při měření za jízdy – asfalt

Povrch při ostatním měření – travnatý

Datum a čas měření – neděle 30. 9. 2012, 12:00 – 16:00 hodin

Teplota okolí – 22 °C

Atmosférický tlak – 962 hPa

Rychlost větru – 0 m/s (bezvětrí)

Hladina hlukového pozadí okolí – 45,7 dB

Hladina hlukového pozadí v uzavřené kabině obsluhy stroje (JCB) – 36,2 dB

Hladina hlukového pozadí v uzavřené kabině obsluhy stroje (Bělorus) – 39,1 dB

Před vlastním měřením byla vyznačena za pomoci viditelných značek měřicí dráha podle obr. 11 na str. 25. Pomocí laserového dálkoměru byly určeny všechny vzdálenosti a polohy mikrofonů hlukoměru.

Hlukoměr 2, kterým bylo prováděno měření v kabině obsluhy, držel asistent v ruce.

Hlukoměr 1, kterým bylo prováděno měření v určitých vzdálenostech od stroje, byl umístěn na stativ 1,2 m nad terén.

Před vlastním měřením byly seřizené volnoběžné otáčky dle předpisů výrobce, byl správně nastaven omezovač otáček a motor byl zahřátý na provozní teplotu.

V daném případě nebylo nutné volnoběžné otáčky ani omezovač seřizovat.

4.6. Vlastní měření

Měření probíhalo u dvou vybraných univerzálních zemních strojů a to v pořadí:

- 1) JCB 3CX TURBO SITEMASTER,
- 2) BĚLORUS 30-2621 B.

Jako první bylo provedeno měření za klidu při volnoběžných otáčkách 750 ot/min mikrofonem 1 vzdáleným 5 m od nejbližšího povrchu stroje (v tomto případě zadní pneumatika), který obsluhoval asistent č. 1. Současně mikrofon 2 držel asistent č. 2 v uzavřené kabině 10 cm od sluchového orgánu obsluhy stroje.

Třetí měření bylo zaznamenáno na mikrofon 1 vzdálený 7 m též od nejbližšího povrchu stroje asistentem č. 1. Všechny tři měření zaznamenávaly hladiny akustického tlaku v intervalu 1 s. Počet zaznamenaných hodnot bylo 12.

Při maximálních otáčkách, které dosáhly hodnot u JCB 3CX 2200 ot/min a u Bělorusa 30-2621 B 2000 ot/min, byl proveden stejný postup měření s tím rozdílem, že bylo zaznamenáno pouze 6 hodnot, a to z důvodu zabránění havárii motoru.



Obrázek 14 – Měření za klidu stroje

Poté následovalo měření v kabině obsluhy a vně stroje dvěma hlukoměry při pracovních otáčkách, které dosahovaly stejných hodnot a to 1300 ot/min. Postup měření mikrofonom 1 a 2 byl stejný jako při měření za klidu při volnoběžných otáčkách. Počet zaznamenaných hodnot činil 12.



Obrázek 15 – Měření při nakládání zeminy

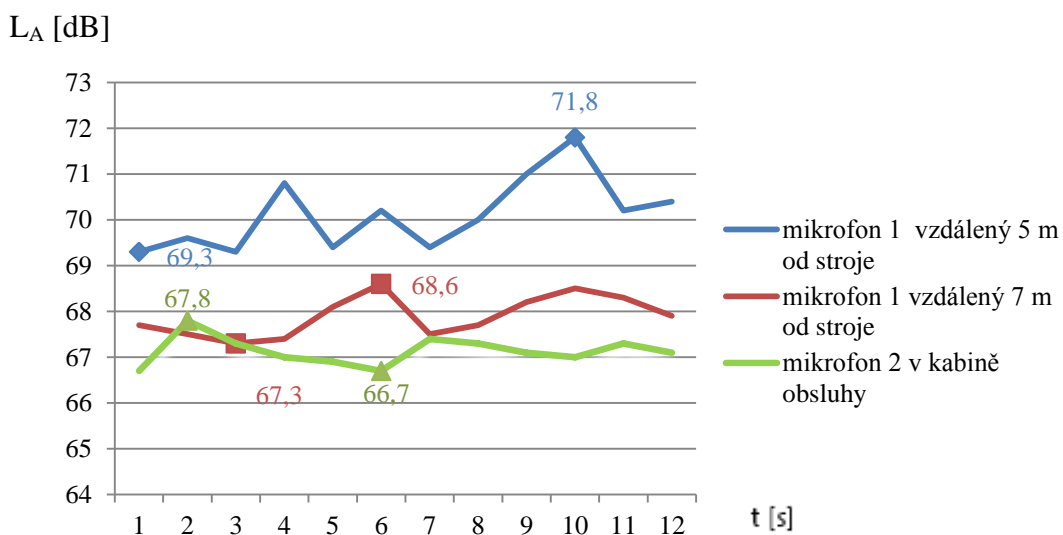
Po dokončení těchto měření bylo provedeno měření s maximálním zatížením (za jízdy).

Zemní stroj se přibližoval ke startovní čáře A, která je zobrazena na obrázku 11 se zařazeným nejvyšším rychlostním stupněm (JCB – 4. stupeň, Bělorus – 8. stupeň). Jakmile přední část stroje překročila startovní čáru A, řidič plně akceleroval až do průjezdu cílové čáry B. Současně při překročení startovní čáry A bylo zapnuto a při průjezdu cílové čáry B vypnuto měření asistenty. Počet zaznamenaných hodnot byl u JCB 6 a u Bělorusa 7.

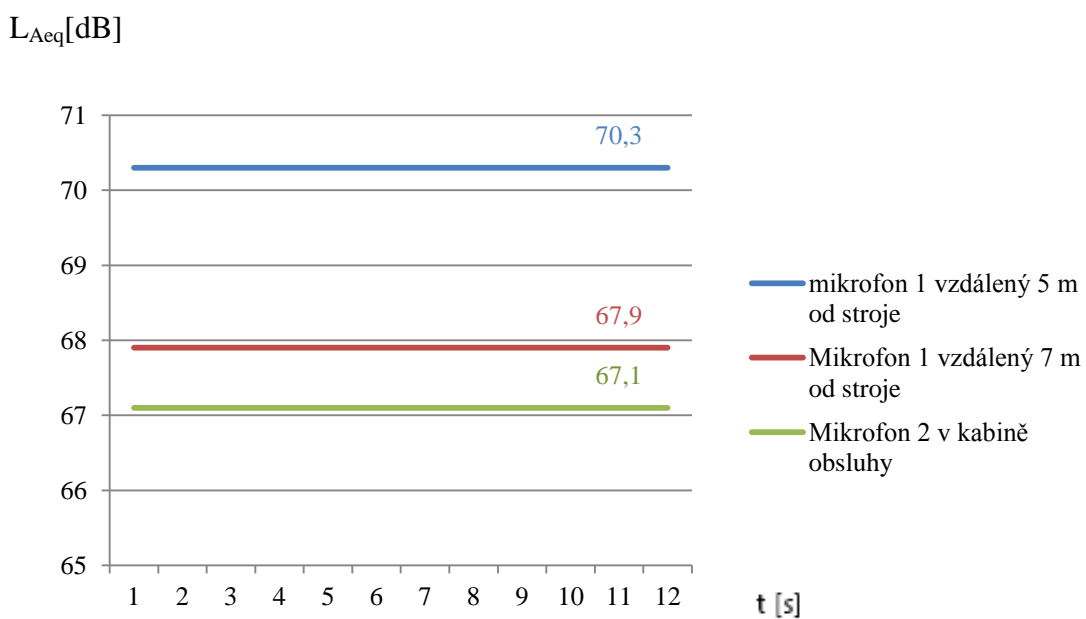
4.7. Výsledky měření

4.7.1. JCB 3CX

1) Hladiny akustického tlaku při volnoběžných otáčkách (v klidu)



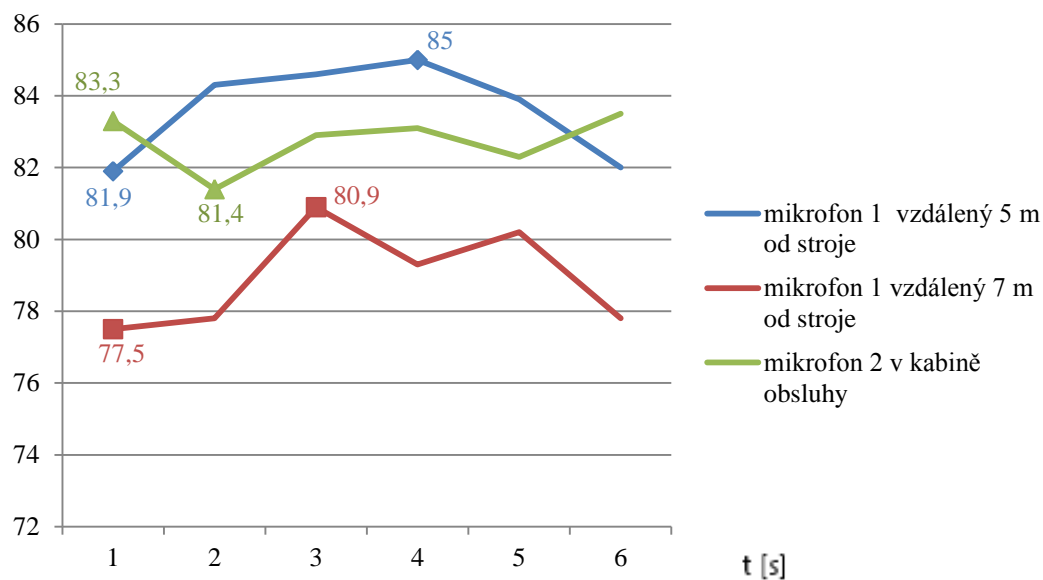
Obrázek 16 – Hladiny akustického tlaku



Obrázek 17 – Průměry hladin akustických tlaků

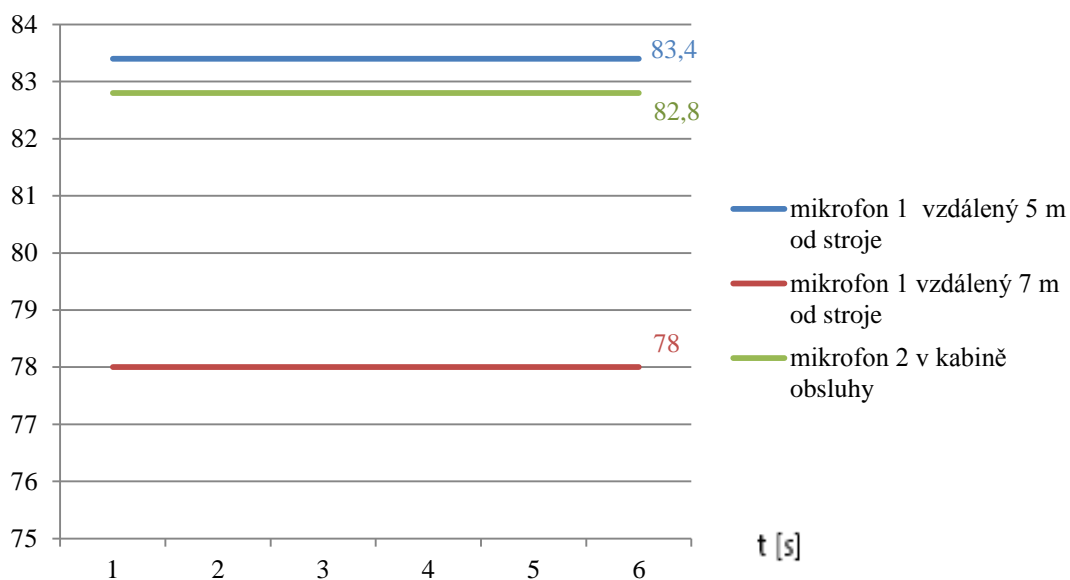
2) Hladiny akustického tlaku při maximálních otáčkách (v klidu)

L_A [dB]



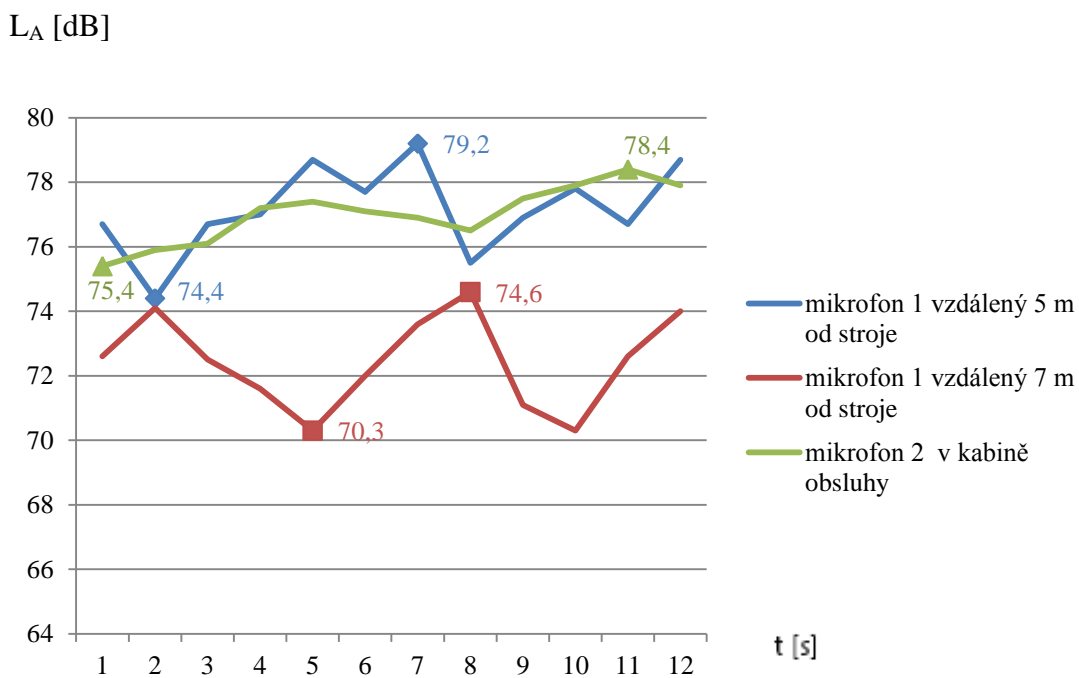
Obrázek 18 – Hladiny akustického tlaku

L_{Aeq} [dB]

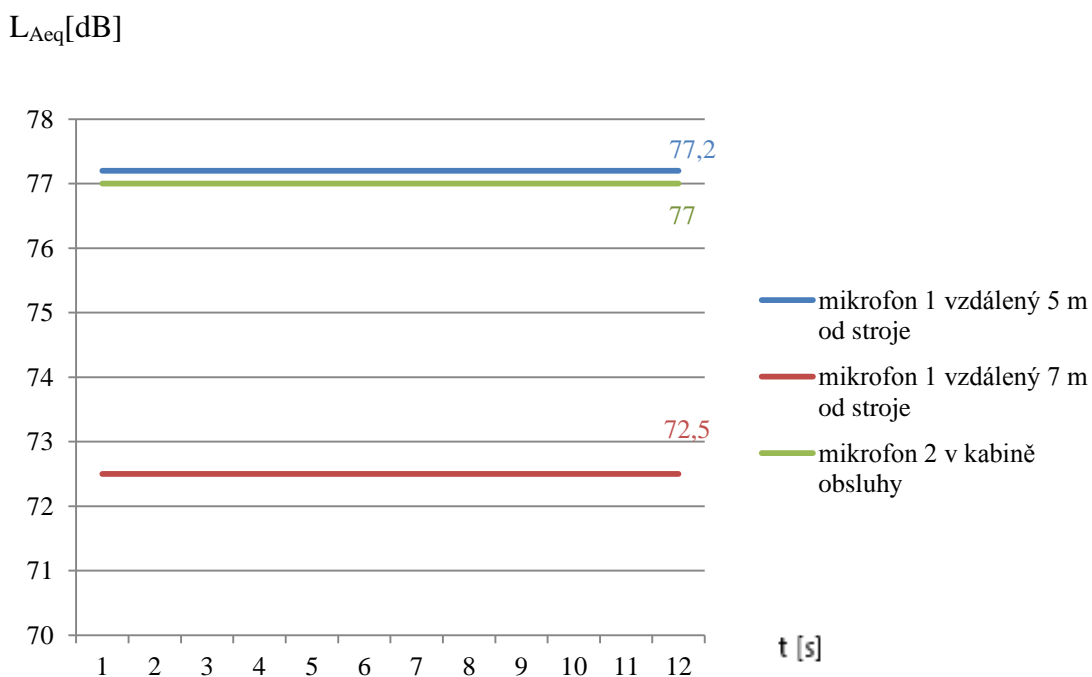


Obrázek 19 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

3) Hladiny akustického tlaku při pracovní operaci (nakládání zeminy)



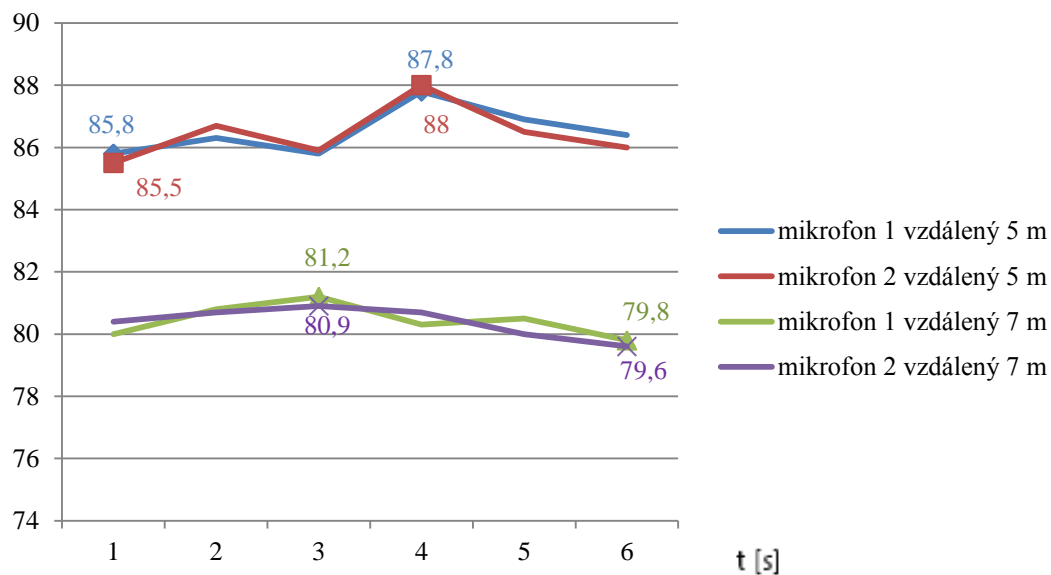
Obrázek 20 – Hladiny akustického tlaku



Obrázek 21 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

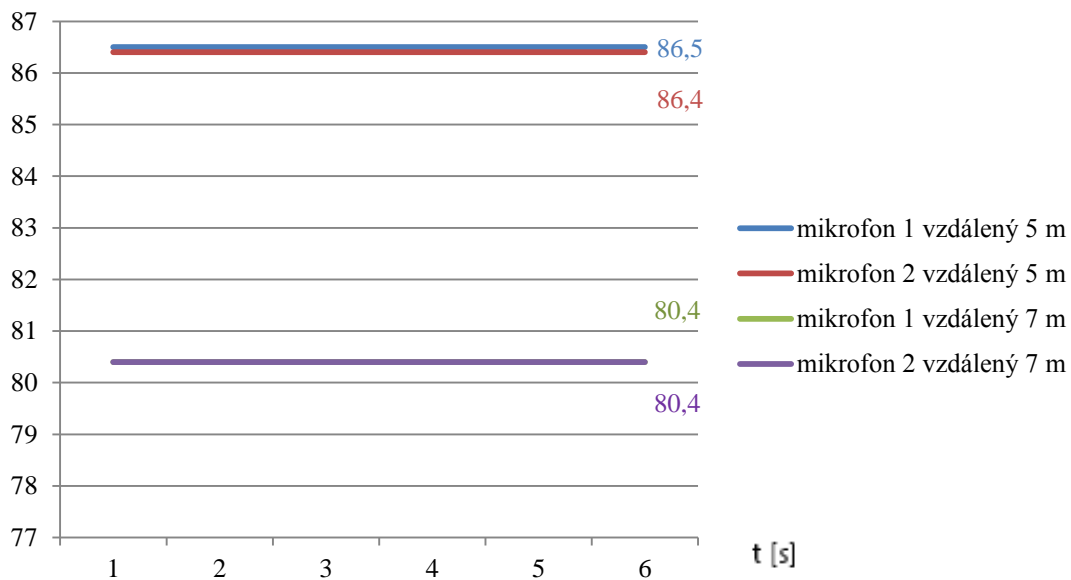
4) Hladiny akustického tlaku při maximálním zatížení (za jízdy)

L_A [dB]



Obrázek 22 – Hladiny akustického tlaku

L_{Aeq} [dB]

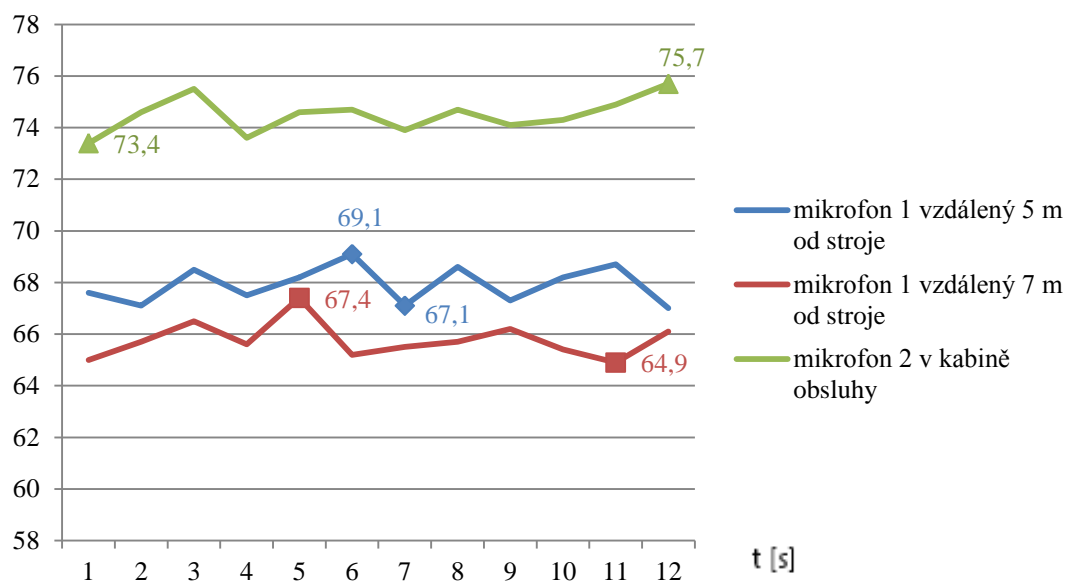


Obrázek 23 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

4.7.2. Bělorus 30-2621B

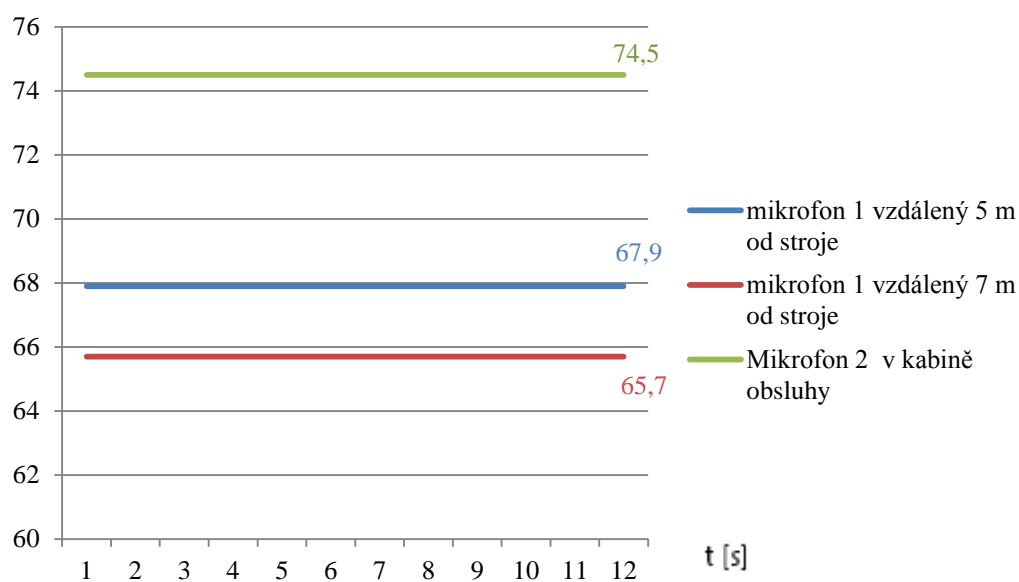
1) Hladiny akustického tlaku při volnoběžných otáčkách (v klidu)

L_A [dB]



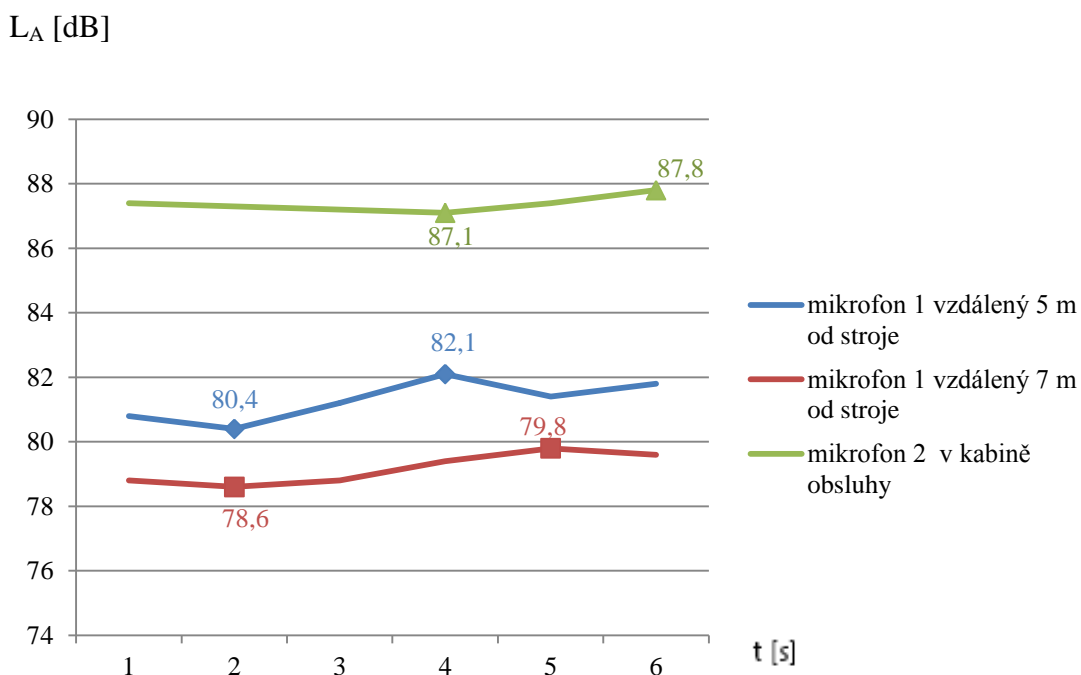
Obrázek 24 – Hladiny akustického tlaku

L_{Aeq} [dB]

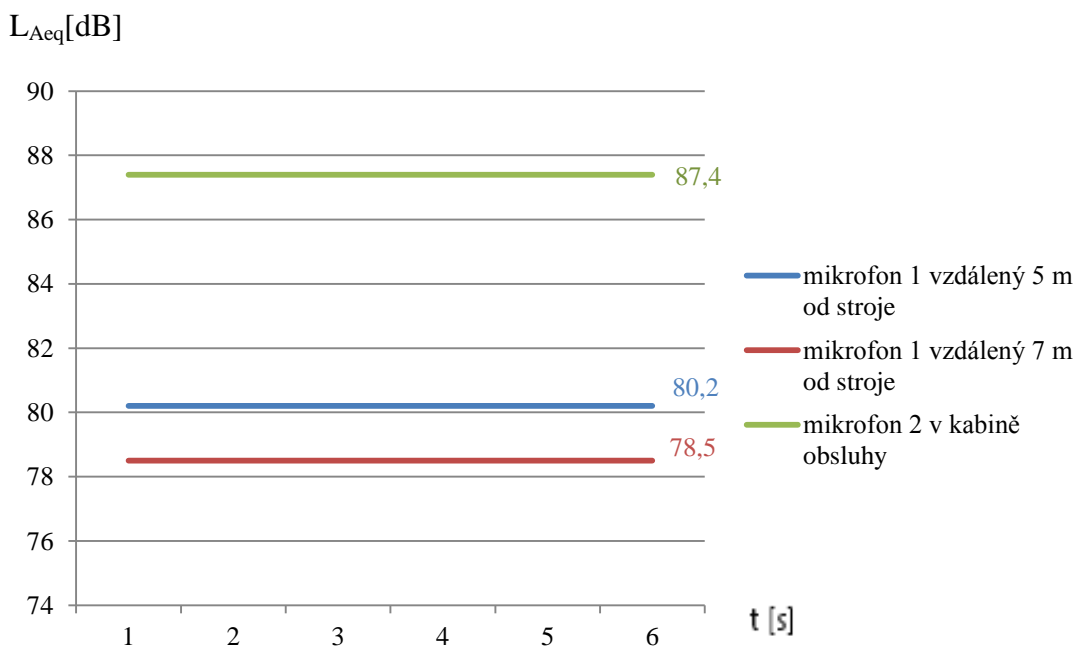


Obrázek 25 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

2) Hladiny akustického tlaku při maximálních otáčkách (v klidu)



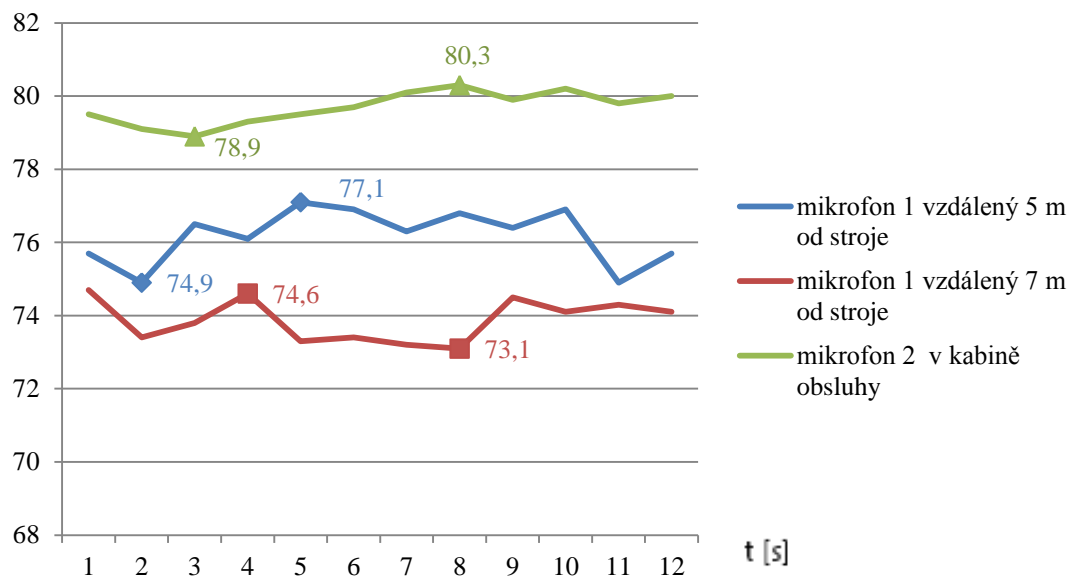
Obrázek 26 – Hladiny akustického tlaku



Obrázek 27 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

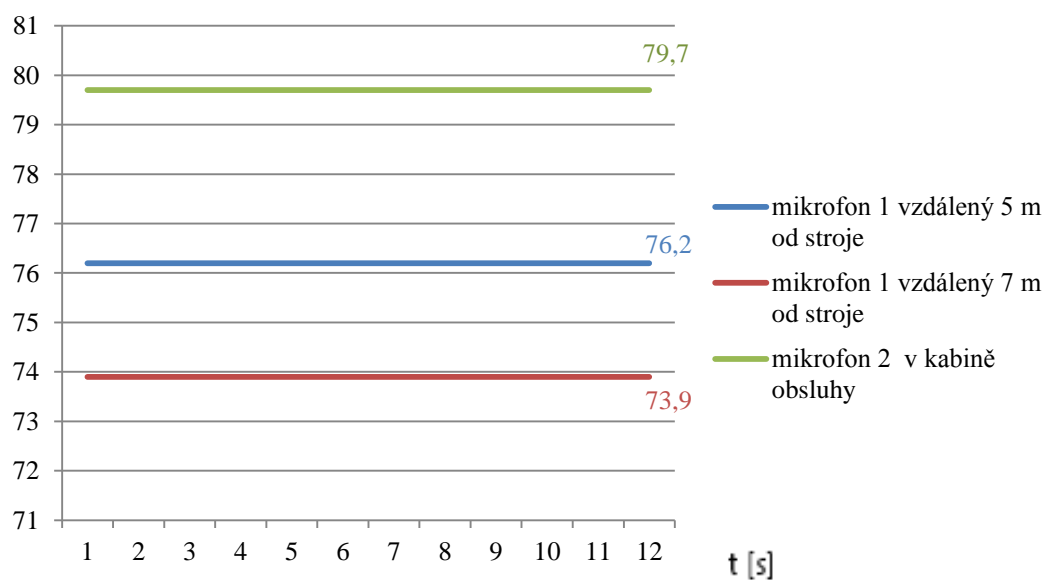
3) Hladiny akustického tlaku při pracovní operaci (nakládání zeminy)

L_A [dB]



Obrázek 28 – Hladiny akustického tlaku

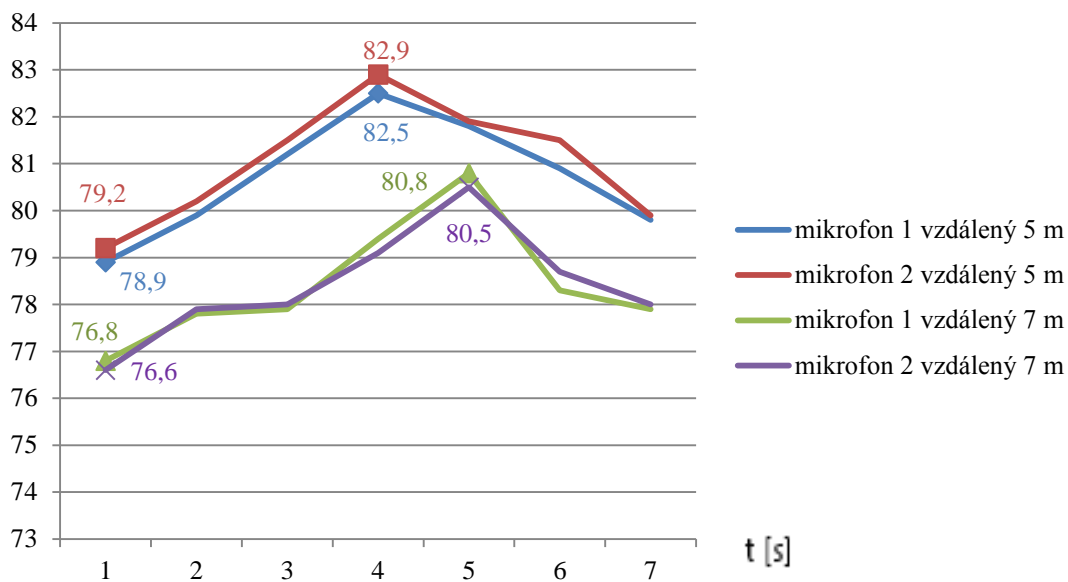
L_{Aeq} [dB]



Obrázek 29 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlak

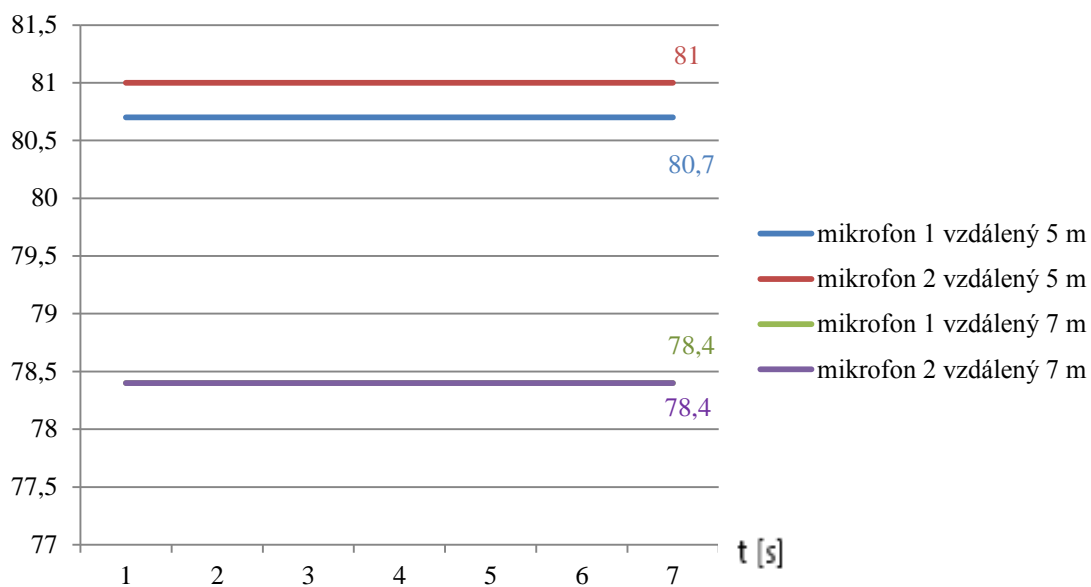
4) Měření při maximálním zatížení (za jízdy)

L_A [dB]



Obrázek 30 – Hladiny akustického tlaku

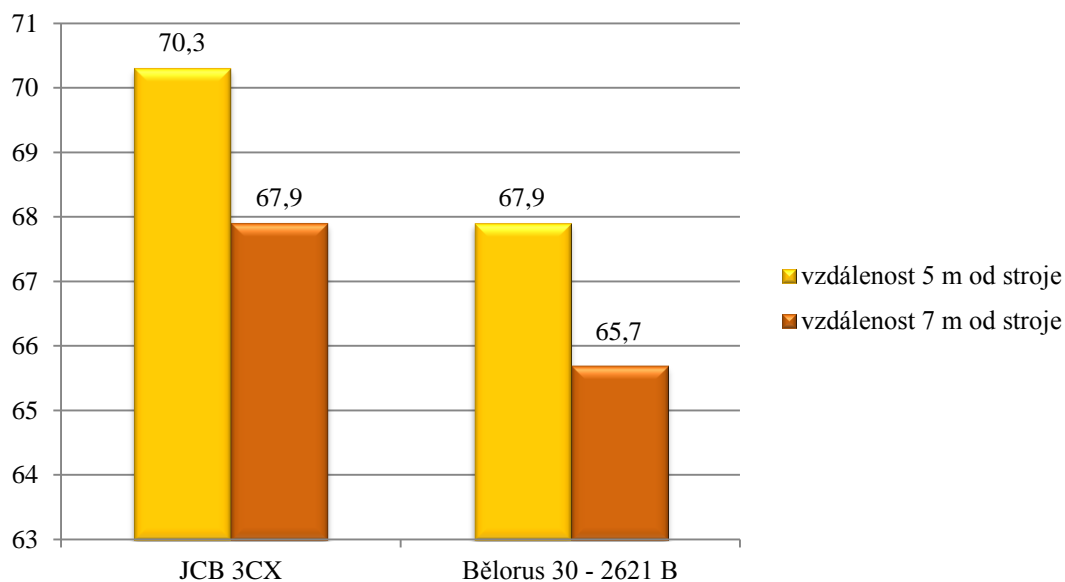
L_{Aeq} [dB]



Obrázek 31 – Průměry ekvivalentních hladin akustických tlaků

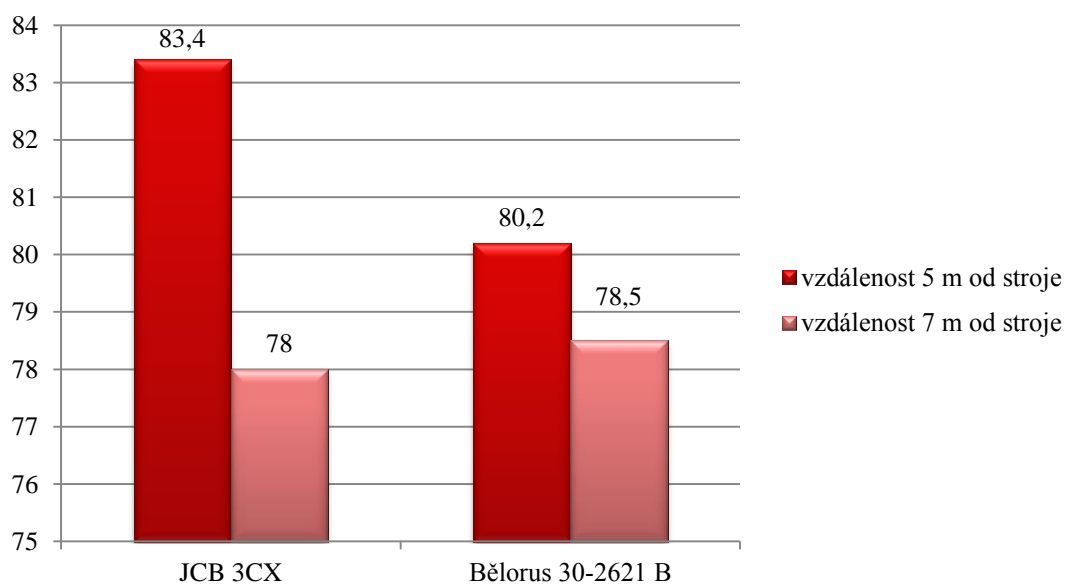
4.8. Porovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku univerzálních zemních strojů

L_{Aeq} [dB]



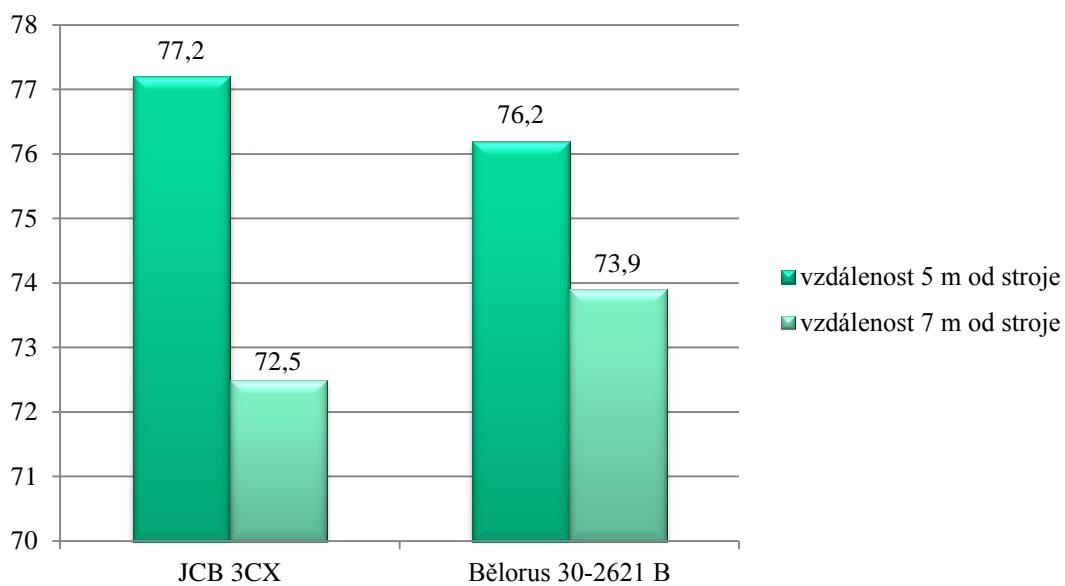
Obrázek 32 – Porovnání strojů **při volnoběžných** otáčkách (za klidu)

L_{Aeq} [dB]



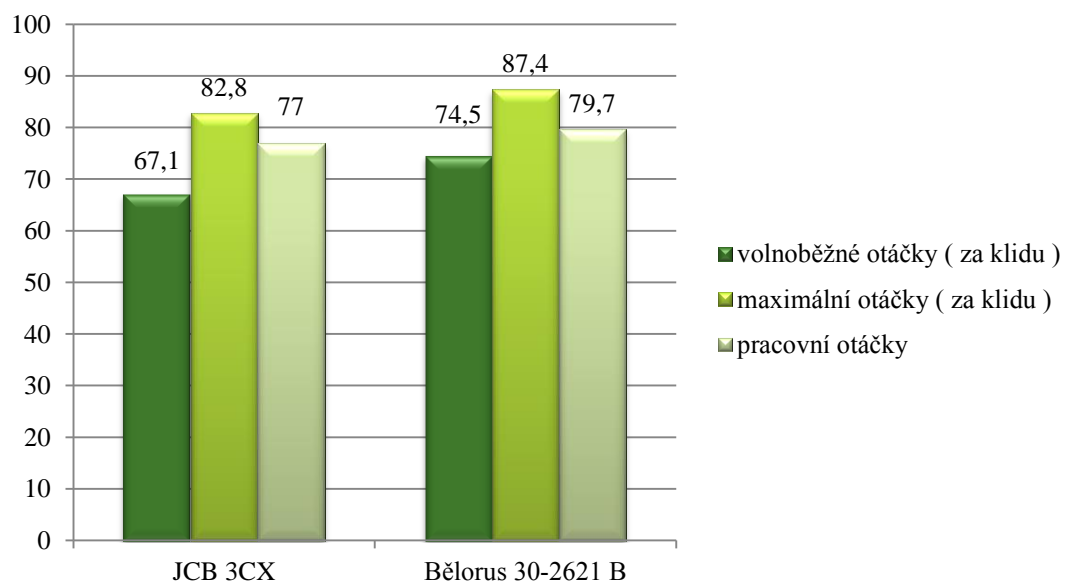
Obrázek 33 – Porovnání strojů **při maximálních** otáčkách (za klidu)

L_{Aeq} [dB]

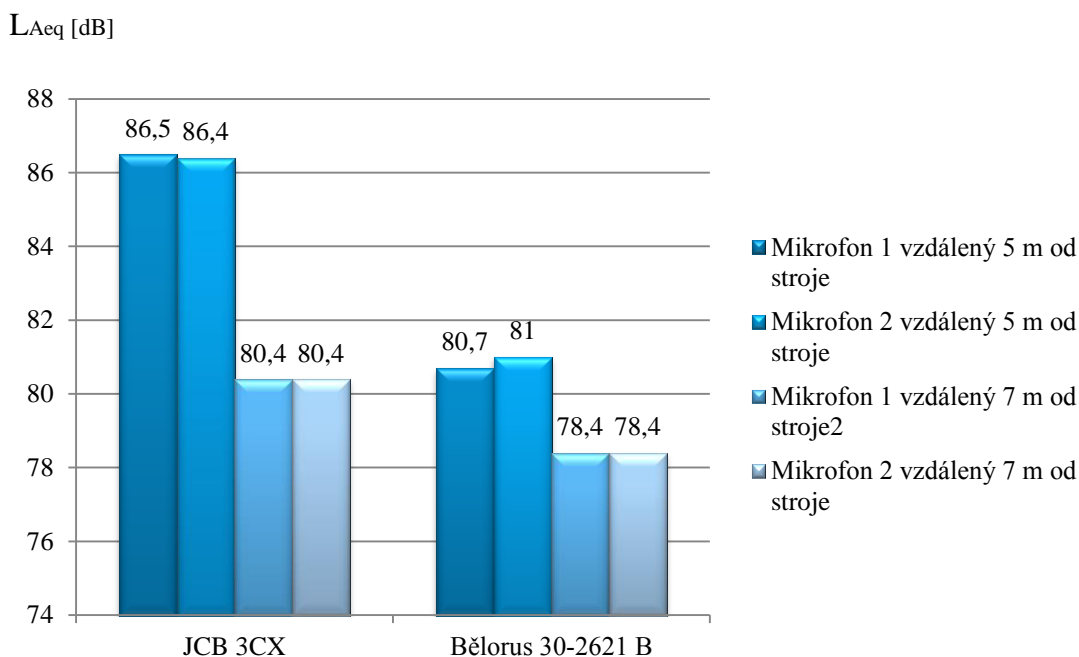


Obrázek 34 – Porovnání strojů při pracovních otáčkách (nakládání země)

L_{Aeq} [dB]



Obrázek 35 – Porovnání hladin akustického tlaku v kabině obsluhy



Obrázek 36 – Porovnání strojů při maximálním zatížení (za jízdy)

5. Diskuze

V současné době je problematice hluku věnována dostatečná pozornost. Nejen, že se zpřísňuje legislativa, která se týká ochrany zdraví člověka před nepříznivým hlukem, ale také se více píše odborné články, které se touto problematikou čím dál více zabývají.

U UZS, které jsou uvedeny v tabulce 3 a 4 byly naměřeny odlišné ekvivalentní hladiny hluku. Tyto rozdíly si lze vysvětlit několika faktory:

- 1) Prostředí a podmínky měření před vlastním měřením byly nastaveny u strojů v tabulce 3 jiné, než u strojů v tabulce 4, nebo při měření mohl být v blízkosti UZS další zdroj hluku, který negativně ovlivnil výsledné hodnoty.
- 2) Konstrukteři a výrobci strojů nekladli tak velký důraz na odhlučnění kabiny, nebo v době měření byly pootevřené dveře či okna.
- 3) Otáčky motoru v době nakládání materiálu byly u stroje CAT 428 B a CAT 438 B vyšší než u strojů JCB 3 CX a Bělorus 30-2621B.
- 4) Technický stav strojů značky CAT byl horší než u zbylých dvou UZS.

Tabulka 3 – Hluková zátěž v kabině obsluhy při pracovních činnostech
(Šístková, Peterka, 2007)

Typ a značka	Rok výroby	Výkon KW/k	Druh pracovní činnosti	Ekvivalentní hladina hluku při pracovní činnosti L_{Aeq} [dB]	Ekvivalentní hladina hlukového pozadí L_{Aeq} [dB]
CAT 428 B	1997	57,4/78	nakládání materiálu	92,5	62,8
CAT 438 B	2001	66/89,8	nakládání materiálu	90,2	60,3

Tabulka 4 - Technické parametry měření UZS a hluková zátěž v kabině
při pracovních činnostech

Typ a značka	Rok výroby	Výkon KW/k	Druh pracovní činnosti	Ekvivalentní hladina hluku při pracovní činnosti L_{Aeq} [dB]	Ekvivalentní hladina hlukového pozadí L_{Aeq} [dB]
JCB 3CX	1991	70/95	nakládání zeminy	77	36,2
Bělorus 30-2621 B	1975	47,5/64,6	nakládání zeminy	79,7	39,1

6. Závěr

Cílem této práce bylo změřit a porovnat úroveň hluku zemních strojů v kabině obsluhy a vně stroje současně dvěma hlukoměry, a dále změřit hluk v různých pracovních režimech a porovnat ho s platnou legislativou.

Z měření bylo zjištěno, že nejnižší ekvivalentní hladiny zvuku A byly u UZS vně při volnoběžných otáčkách. Je to zapříčiněno tím, že otáčky motoru jsou nízké.

	vzdálenost 5 m	vzdálenost 7 m
JCB 3CX	70,3	67,9
Bělorus 30-2621 B	67,9	65,7

Naopak nejvyšší hodnoty ekvivalentních hladin zvuku A byly u UZS vně při maximálním zatížení za jízdy. Je to způsobeno jednak tím, že otáčky motoru dosahují vysokých hodnot, a také tím, že při jízdě stroje dochází k odvalování pneumatik po vozovce a chvění celého stroje.

	mikrofon 1 vzdálený 5 m	mikrofon 2 vzdálený 5 m	mikrofon 1 vzdálený 7 m	mikrofon 2 vzdálený 7 m
JCB 3CX	86,5	86,4	80,4	80,4
Bělorus 30-2621 B	80,7	81	78,4	78,4

Co se týče ekvivalentních hladin zvuku A v kabině obsluhy, ty byly nejnižší při volnoběžných otáčkách a nejvyšší při maximálních otáčkách za klidu. Jak už bylo výše popsáno, je to způsobeno otáčkami motoru, konstrukcí a odhlučněním kabiny stroje.

	volnoběžné otáčky	maximální otáčky (za klidu)	při nakládání zeminy
JCB 3CX	67,1	82,8	77
Bělorus 30-2621 B	74,5	87,4	79,7

Vlastním měřením bylo zjištěno, že největší vliv na velikost hluku mají otáčky motoru.

Smetana a kol. (1998) se odkazuje na vyhlášku MZd ČSR č. 13/1977 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibracemi, kde hygienický limit pro osmihodinovou fyzickou práci bez nároků na duševní soustředění, sledování a kontrolu sluchem a dorozumívání řeči smí být maximálně 85 dB s přípustnou korekcí $K_1 = 0$ dB.

Současná platná legislativa - nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibracemi nařizuje, že ustálený a proměnný hluk na pracovišti, jehož ekvivalentní hladina akustického tlaku $A L_{Aeq} 8h$, by neměla překročit hodnotu 85 dB.

Pokud je tato hodnota překročena, musí zaměstnavatel poskytnout zaměstnancům osobní ochranné pracovní prostředky k ochraně sluchu (např. sluchové chrániče či ušní zátky) a zároveň musí zajistit, aby tyto pomůcky používali.

7. Použitá literatura

- [1] Akustika, vznik a šíření zvuku
(http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomic/pistaly_akustika.htm, staženo dne 27. 2. 2013)
- [2] CELJAK, I. (2010): skripta - Strojní zařízení pro zemní a meliorační práce, Jihočeská univerzita, České Budějovice, zemědělská fakulta, katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky, 132 s.
- [3] HAVRÁNEK, J. a kol. (1990): Hluk a zdraví, Praha, Avicenum, 280 s. ISBN 80-201-0020-2
- [4] LIBERKO, M. (2004): Hluk v prostředí. Problematika a řešení, Praha, Ministerstvo životního prostředí, 27 s., ISBN 80-7212-271-1
- [5] Nařízení vlády č. 342/2003 Sb. o technických požadavcích na výrobky z hlediska emisí hluku (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4197>)
- [6] Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibracemi (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4331>).
- [7] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=22560>)
- [8] NOVÝ, R. (2009): Hluk a chvění, ČVUT, Praha, 400 s., ISBN 978-80-01-04347-9
- [9] SMETANA, C. a kol. (1998): Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika, 188 s., ISBN 80-901936-2-5
- [10] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2000/14/ES týkající se emisí hluku zařízení (dostupné na <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:13:25:32000L0014:CS:PDF>).

- [11] Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 2002/44/ES (dostupné na <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:05:04:32002L0044:CS:PDF>).
- [12] ŠÍSTKOVÁ, M. a PETERKA, A. (2007): Komunální technika: časopis pro komunální služby (12/2007), s. 42-43
- [13] VEIT, I. (2005): Technische Akustik. Würzburg, Vogel Industrie Medien GmbH
- [14] Vliv hluku na zdraví (<http://hluk.eps.cz/hluk/vliv-hluku-na-zdravi/>, staženo dne 27. 2. 2013).
- [15] Zákon č. 13/1977 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibracemi (dostupné na aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=1860).
- [16] Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/1997/sb006-97.pdf>)
- [17] Zákon č. 274/2003 Sb. o ochraně veřejného zdraví (dostupné na <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4176>).