

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

**Zemědělská fakulta**

**Studijní program:** B4131 Zemědělství  
**Studijní obor:** Zemědělská technika, obchod, servis a služby  
**Katedra:** Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Bakalářská práce

## **Hluk sklizňové linky při sklizni obilovin**

Vedoucí bakalářské práce:  
**Ing. Marie Šístková, CSc.**

Autor:  
**Lukáš BÁRTŮ**

2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lukáš BÁRTŮ**  
Osobní číslo: **Z10265**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Hluk sklizňové linky při sklizni obilovin.**  
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 :

Hluk nás obtěžuje téměř ve všech oblastech života a jeho nárůst se rok od roku zvyšuje. Při sklizni obilovin je zdrojem hluku sklizňová linka, tzn. sklízecí stroj (mlátička), dopravní prostředky odvázející sklizené zrno a případně stroje na sběr slámy.

V práci proveďte rešerši k problematice hluku v životním prostředí, sklizni obilovin z hlediska používaných strojů a praktické měření hluku při sklizni na okraji sklizeného pozemku (v určité vzdálenosti od jednotlivých strojů linky).

V práci se soustřeďte na:

1. Vhodnou volbu stanovišť (měřicích míst).
  2. Měření hluku při sklizni na jednotlivých stanovištích.
  3. Měření hluku pozadí a klimatických podmínek (teplota, relativní vlhkost vzduchu, barometrický tlak, rychlost a směr větru) před každým vlastním měřením hluku.
  4. Výpočet ekvivalentní hladiny.
  5. Vyhodnocení zjištěných hodnot podle platné legislativy.
-

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

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

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- Tempír, Z. (1997): Sklízecí mlátičky, řezačky a lisy na českém trhu 1997-1998. GT Club Motormedia. 119 s. ISBN 80-9007-056-6;
- Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuelle Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen 2008, s. 48. ISBN 978-3-8169-2788-4;
- Dora, C., Phillips, M.(2000): Transport, environment and health. WHO. 81 p. ISBN 92-890-1356-7;
- Havránek, J. a kol.: Hluk a zdraví, Praha, Avicenum, 1990, 280 s. ISBN 80-201-0020-2;
- Nový, R.: Hluk a chvění. ČVUT, Praha, 1995, 389 s. ISBN 80-01-01306-5;
- Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení, Praha, Sdělovací technika, 1998, 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 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.

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  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 6. března 2012

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem svoji bakalářskou práci na téma: **Hluk sklizňové linky při sklizni obilovin** vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 12. 4. 2013

.....  
Podpis autora

**Poděkování:**

Děkuji Ing. Marii Šístkové, CSc. za ochotu, cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Tímto také děkuji za zapůjčení měřicí techniky. Dále děkuji zemědělskému družstvu LUČINA Dolní Němčice s.r.o. za možnost uskutečnění měření. V neposlední řadě bych také rád poděkoval rodině za podporu při studiu.

## **Abstrakt:**

Bakalářská práce je zaměřena na sklizeň obilnin z hlediska hlukové zátěže. Při sklizni obilovin je zdrojem hluku sklizňová linka, tzn. sklízecí stroj (sklízecí mlátička), dopravní prostředky odvázející sklizené zrna (traktory s návěsy) a případně stroje na sběr slámy (traktory se sběracími vozy). Hlavním cílem práce je praktické měření hluku při sklizni na okraji sklizeného pozemku. V práci jsem se soustředil na výběr vhodného stanoviště, měření hluku jednotlivých strojů, měření hluku pozadí a klimatických podmínek. Dále následoval výpočet ekvivalentní hladiny hluku a vyhodnocení podle platné legislativy. Na základě naměřených a vypočtených hodnot vyplývá, že hluková zátěž při sklizni nemá negativní vliv na své okolí, a proto není potřeba žádných opatření k jejímu snížení.

## **Klíčová slova:**

Hluk, zvuk, sklízecí mlátička, traktor, ekvivalentní hladina hluku

## **Abstract:**

The thesis focuses on harvest of cereals in terms of noise pollution. Sources of noise during harvesting are harvest line (combine harvester), manipulation equipment transporting harvested grain (tractors with trailers) and in some cases harvesters straw (tractors with collectors). The main aim of this work is to measure noise at harvest on the outskirts of the crop land. In this work I focused on the selection of suitable observation post, measurement of noise pollution of particular agricultural machines, background noise measurement and evaluation of climatic conditions. Furthermore, acquired data are used for equivalent noise level calculations and evaluation against current legislation. Based on the data analysis can be concluded that noise pollution during harvest does not negatively impact its surroundings, therefore there is no need for any action to reduce noise exposure.

## **Keywords:**

Noise, sound, combine harvester, tractor, equivalent noise level

# **Obsah**

1 Úvod .....	9
2 Literární přehled .....	10
2.1 Zvuk .....	10
2.1.1 Definice zvuku .....	10
2.1.2 Zdroje zvuku .....	10
2.1.3 Šíření zvuku.....	11
2.1.4 Vlivy prostředí na šíření zvuku .....	11
2.2 Ultrazvuk a infrazvuk.....	15
2.3 Hluk.....	16
2.3.1 Definice hluku .....	16
2.3.2 Zdroje hluku .....	16
2.3.3 Typy hluku .....	18
2.3.4 Měření hluku .....	18
2.3.5 Vnější vlivy prostředí na měření hluku .....	19
2.4 Veličiny .....	20
2.4.1 Decibel .....	20
2.4.2 Kmitočet .....	20
2.4.3 Vlnová délka .....	20
2.5 Zdroje hluku u zemědělských strojů .....	21
2.5.1 Mechanické zdroje hluku .....	22
2.5.2 Aerodynamické zdroje hluku .....	25
2.6 Snižování hluku a protihluková opatření .....	26
2.6.1 Hodnocení rizik .....	26
2.6.2 Prevence a kontrola rizik.....	26
2.6.3 Pravidelné monitorování rizik a protihlukových opatření.....	28
2.7 Vliv hluku na člověka .....	28
2.7.1 Ztráta sluchu .....	28
2.7.2 Mrzutost .....	29
2.7.3 Kardiovaskulární onemocnění.....	29
2.7.4 Poruchy spánku .....	29
2.7.5 Narušení imunity .....	30
2.7.6 Biochemické poruchy.....	30
2.7.7 Reprodukční poruchy .....	30
2.7.8 Výkonnostní poruchy .....	30
3 Cíl práce .....	31
4 Metodika.....	32
4.1 Použitá měřicí technika .....	32
4.2 Postup měření .....	33
4.2.1 Stanoviště měření .....	34
4.2.2 Časový rozsah měření .....	35
4.2.3 Klimatické podmínky měření.....	35
4.2.4 Přehled měřených strojů.....	35
4.3 Postup vyhodnocení naměřených hodnot.....	40
4.3.1 Použité vzorce .....	40
5 Naměřené a vypočtené hodnoty .....	41

5.1 Průměrné hodnoty .....	41
5.2 Srovnání ekvivalentních hladin hluku.....	48
5.3 Srovnání hlukové zátěže jednotlivých strojů .....	49
5.4 Celkové shrnutí hodnot .....	54
5.4.1 Shrnutí hodnot z jednotlivých hlukoměrů .....	54
5.4.2 Celkové porovnání hodnot .....	56
6 Závěr.....	57
7 Přílohy .....	59
8 Seznam použité literatury .....	63



# 1 ÚVOD

Zvuk a hluk patří do lidského života už od nepaměti. Zvuk je jeden ze smyslových vjemů. Nejdůležitějším smyslem v této oblasti je tedy sluch. Slouží nám pro komunikaci s okolím, především s ostatními lidmi. Dále nás varuje například před nebezpečím a pomáhá nám orientovat se v prostoru. Nadbytek zvuku nebo jeho výskyt v nevhodnou dobu či v nevhodné intenzitě se označuje jako nežádoucí, obtěžující nebo škodlivý. Takovéto zvuky označujeme jako hluk.

Hluk ovlivňuje člověka pozitivně nebo negativně. V dnešní době převládá spíše negativní účinek zvuku a hlavně hluku. Hluk se stává vážným problémem v posledních letech, protože je tu přímá úměrnost mezi růstem průmyslu a růstem hluku. Čili je enormní nárůst strojů produkující hluk. Nárůst techniky se zaznamenává, jak na většině pracovních míst, tak i ve většině domácností. Člověk v průběhu let přece jen zpohodlněl a nechá za sebe čím dál tím více pracovat stroje.

Většina hluku, se kterým se dnes setkáváme, nepůsobí bezprostřední bolesti nebo specifické poruchy. Pro někoho je příjemný zvuk například metalová skladba a pro jiné je to velmi obtěžující hluk. Avšak je nebezpečné hluk podceňovat. Účinky působení hluku jsou různé dle typu člověka, jeho momentální nálady, věku, atd. Po dlouhodobém vystavení nadměrnému hluku může nastat snížení citlivosti sluchu nebo v horším případě i úplná ztráta sluchu, hluchota. Závažnou vlastností zvuku i hluku je šíření na velké vzdálenosti téměř všemi skupinami látek. Nejlépe se šíří vzduchem bez překážek, ale dokáže se dobře šířit i vodou a pevnými látkami. Hluk postihuje nejen jeho původce, ale i široké okolí, pro které je velmi obtěžující.

## **2 LITERÁRNÍ PŘEHLED**

### **2.1 Zvuk**

Mechanickým vlněním pružného prostředí ve frekvenčním rozsahu 16 až 20 000 kmitů za sekundu se nazývá zvuk, který se v daném pružném prostředí (tj. v kapalinách, plynech nebo pevných látkách) šíří konečnou rychlostí. [1]

#### **2.1.1 Definice zvuku**

Zvuk je podélné mechanické vlnění hmotného prostředí s kmitočtem v rozmezí přibližně od 16 Hz do 20 kHz, které působí na lidský sluchový orgán a vyvolává v něm subjektivní sluchový vjem. Zvukové vlny se od zdroje zvuku šíří všesměrově. Rychlost šíření zvuku je závislá na vlastnostech prostředí; v případě vzduchu je to zejména teplota a atmosférický tlak.[2]

#### **2.1.2 Zdroje zvuku**

Zdroj zvukového vlnění se stručně nazývá zdroj zvuku a hmotné prostředí, ve kterém se toto vlnění šíří, je vodič. Vodič zvuku, obvykle vzduch, zprostředkuje spojení mezi zdrojem zvuku a jeho přijímačem (detektorem), kterým bývá v praxi ucho, mikrofon nebo snímač. Zvuky se šíří i kapalinami (např. vodou) a pevnými látkami (např. stěnami domu). Vzduchoprázdno, vakuum, je dokonalou zvukovou izolací.

Zdrojem zvuku může být každé chvějící se těleso. O vlnění v okolí zdroje zvuku však nerozhoduje jen jeho chvění, ale i okolnost, jestli je tento předmět dobrým nebo špatným zářičem zvuku. Tato jeho vlastnost závisí hlavně na jeho geometrickém tvaru. Struna napnutá mezi dvěma pevnými body není dobrým zářičem zvuku, protože při chvění struny vzniká přetlak ve směru jejího pohybu a současně na opačné straně podtlak. Tím se nejbližší okolí struny stává druhotným zdrojem dvou vlnění, která se šíří na všechny strany prakticky s opačnou fází, protože příčné rozměry struny jsou vzhledem na vlnovou délku zvukového vlnění vždy velmi malé. Tato dvě vlnění se interferencí ruší.

Zdrojem zvuku mohou být kromě těles kmitajících vlastními kmity i tělesa kmitající kmity vynucenými. K nim patří např. ozvučnice mnohých hudebních nástrojů, reproduktory, sluchátka a další zařízení pro generování nebo reprodukci zvuku. [3]

### 2.1.3 Šíření zvuku

Zvuk se šíří od zdroje ve vlnoplochách. Ve volném prostředí mohou mít kulový nebo rovinný tvar, který se však může změnit třeba odrazem/průchodem překážkou apod. Za rovinnou vlnoplochu považujeme též kulovou vlnu, která je vytvořena zdrojem zvuku ve značně velké vzdálenosti, kde již zakřivení vlny nehraje podstatnou roli. Akustické pole je prostor, ve kterém se šíří zvuk. Přičemž podle charakteru zvukových vln rozlišujeme pole rovinné, kulové a difúzní (obecné, tvořené vlnami různých tvarů).

Při šíření zvuku v prostředí s překážkami (skutečné prostředí), dochází při dopadu zvukové vlny na některou překážku k mnoha jevům, při které se navíc část zvuku mění na jinou formu energie (teplo). Obecně se část zvuku odrazí, část akustické energie se přemění v teplo, část překážkou projde popř. se šíří překážkou samotnou. Dále se může kolem překážky ohnout, může ji rozkmitat tak, že se vlny odečtou a překážka se začne chovat jako by veškerou akustickou energii pohlcovala apod. Všechno záleží na rozměrech, složení a tvaru překážky, na vlnové délce zvukové vlny atd. Příklady rychlosti šíření zvuku v různých látkách jsou uvedeny v tabulce 1. [4]

**Tabulka 1** – Šíření zvuku v různých látkách [5]

Látka	Rtuť	Voda	Beton	Led	Dřevo	Ocel	Sklo
Rychlost [ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]	1 400	1 440	1 700	3 200	4 000	5 000	5 200

### 2.1.4 Vlivy prostředí na šíření zvuku

#### Šíření zvuku ve volném prostoru

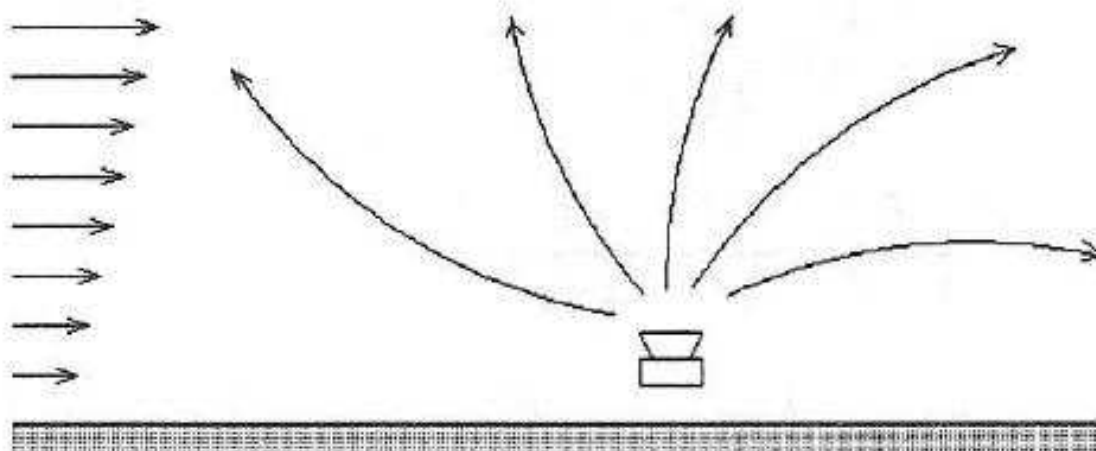
Při šíření zvuku ve volném prostoru (ve volném zvukovém poli) se akustický výkon  $P$  [W] s rostoucí vzdáleností  $r$  [m] od zdroje (s výjimkou zdroje plošného) rozprostírá na stále větší plochu  $S$  [ $\text{m}^2$ ]. Tím se snižuje intenzita  $I$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ]. Od bodového zdroje se zvuk šíří v kulových vlnoplochách, kde  $S=4\pi r^2$ . [6]

## Šíření zvuku v uzavřeném prostoru

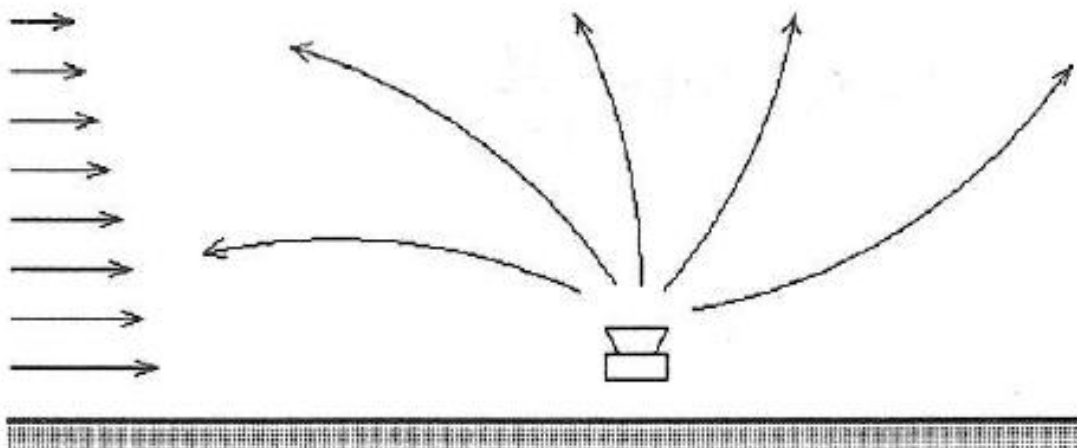
V uzavřeném prostoru (místnosti) dochází k odrazu akustické energie od stěn, stropu a podlah zpět směrem ke zdroji. To má za následek zvýšení hladiny akustického tlaku v porovnání se stavem, který by vznikl ve volném prostoru. Významnou roli zde hraje pohltivost zvuku povrchů, které ohraničují uzavřený prostor. Při dopadu zvuku o akustickém výkonu  $P_0$  [W] na překážku se část tohoto výkonu  $P_r$  [W] odrazí a část  $P_a$  [W] pohltí. Pohlcený výkon se pak rozdělí na část výkonu  $P_t$  [W], která se ztratí (je odvedena konstrukcí mimo sledované místo nebo se promění v jiný druh energie) a na část  $P_i$  [W], která projde stěnou a je vyzářena do vedlejšího prostoru. [6]

## Vliv větru

Samotný vítr tj. skutečnost že vzduchová hmota se pohybuje, nemá na šíření zvuku vliv, protože rychlost větru je vždy řádově nižší oproti rychlosti zvuku. Šíření zvuku však může být ovlivněno gradientem rychlosti větru, tj. změnou rychlosti v závislosti na výšce nad terénem. Při kladném gradientu (viz obrázek 1), tj. je-li rychlost ve vyšších atmosférách vyšší, se ve směru proti větru zvukové vlny ohýbají od zemského povrchu tak, že nízko nad zemí vzniká akustický stín. Ve směru po větru se zvukové vlny ohýbají naopak k zemskému povrchu, což může být příčinou zesílení přenosu zvuku. Při záporném gradientu (viz obrázek 2) je tomu naopak. Kolmo na směr větru se útlum ani zesílení přenosu zvuku neprojevují. [6]



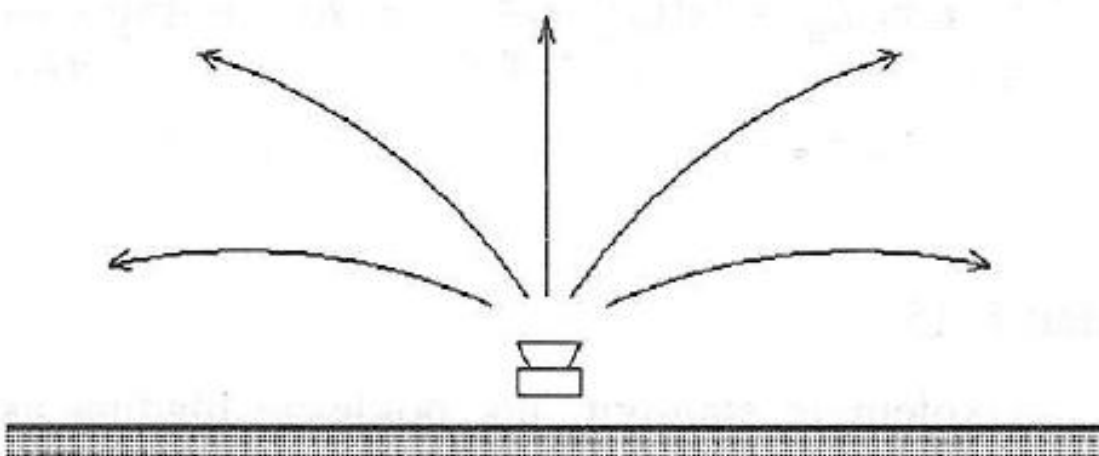
**Obrázek 1** – Kladný gradient větru [6]



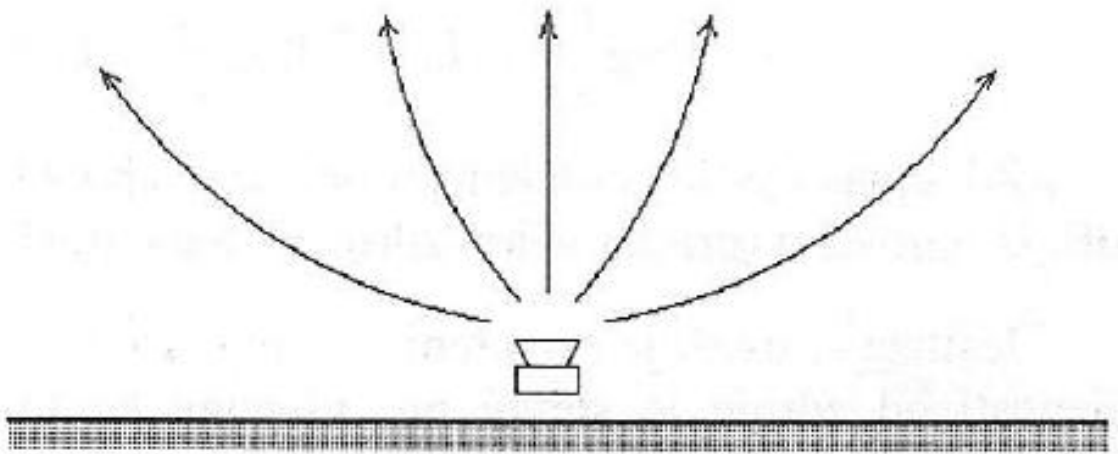
**Obrázek 2 – Záporný gradient větru [6]**

### Vliv teploty

Rychlost zvuku se zvyšuje s teplotou. Účinek gradientu teploty je proto podobný účinku gradientu větru. Při kladném gradientu obvykle v noci (viz obrázek 3), tj. je-li teplota ve vyšších vrstvách atmosféry vyšší, než u zemského povrchu, se zvukové vlny ohýbají směrem k zemskému povrchu a může tak nastat zesílení přenosu. Naopak při záporném gradientu (viz obrázek 4) obvykle ve dne se vlny ohýbají od terénu a vytváří se zvukový stín. [6]



**Obrázek 3 – Kladný gradient teploty (v noci) [6]**



**Obrázek 4 – Záporný gradient teploty (ve dne) [6]**

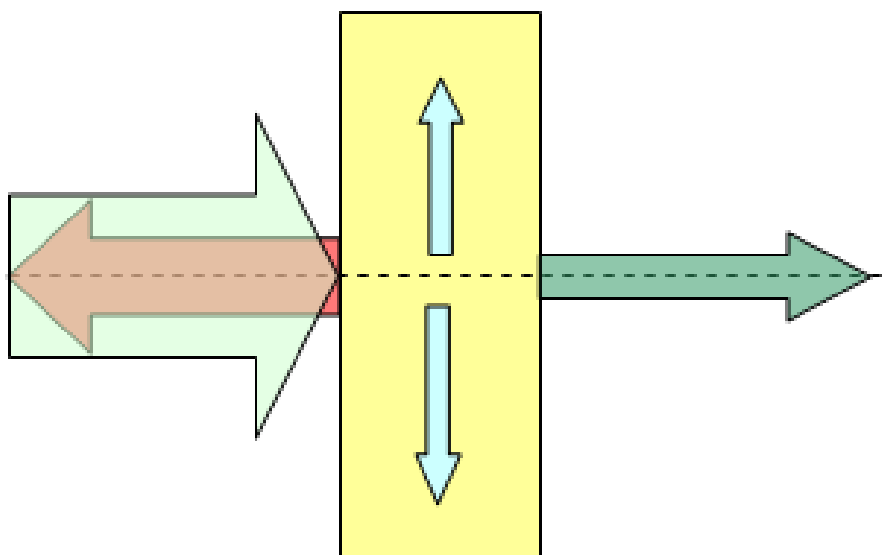
#### Vliv sněhu

Sněhová pokrývka mění pohltivost zemského povrchu. Snižuje tak účinnost zvukových vln odražených od zasněžených ploch, které měly původně nižší pohltivost zvuku.

Výše uvedené jevy, tj. útlum vlivem větru, teploty a sněhu, jsou jevy závislé na proměnlivém stavu atmosféry. [6]

#### Vliv překážek

Za každou překážkou na cestě šíření zvuku, jejíž rozměry převyšují vlnovou délku, se vytváří zvukový stín, ve kterém lze pozorovat snížení intenzity zvuku oproti stavu volného šíření zvukových vln bez překážky. Útlum intenzity zvuku závisí na poloze zdroje zvuku, na poloze a geometrickém tvaru překážky, na poloze pozorovatele za překážkou a na vlnové délce zvuku. Vznik a vlastnosti zvukového stínu lze vysvětlit pomocí ohybu vlnění. Zákonitosti ohybu platí pro každé vlnění. Příklad průchodu zvuku přes překážku je zachycen na obrázku 5. [6]



**Obrázek 5** - Pohlcení části vlny přijetím dopadu na překážku [7]

## **2.2 Ultrazvuk a infrazvuk**

### Ultrazvuk

Je mechanické vlnění o frekvenci vyšší než 16 kHz a sluchem ho nevnímáme. Je slyšitelný pro řadu živočichů (psi, delfíni, netopýři,...). Ultrazvuk má velké využití v lékařství a technice. Ultrazvukové vlnění méně podléhá pohlcení prostředím, velmi dobře se odráží od překážek. Díky těmto vlastnostem je ultrazvuk velmi využíván v lékařské diagnostice a lze jej použít např. místo rentgenu. (detailní obraz vnitřních orgánů). V technice je využíván k tzv. ultrazvukové defektoskopii - k zjišťování skrytých vad materiálu na základě šíření a odrazu ultrazvuku. [8]

### Infrazvuk

Je mechanické vlnění o menší frekvenci než 16 Hz. Dobře se šíří zejména ve vodě. Tak lze například zjistit tzv. hlas moře, které několik hodin předem duněním předpovídá příchod vlnobití. Toto varování vnímají někteří mořští živočichové. Infrazvuk člověk také neslyší, avšak při frekvenci, která je blízká frekvenci tlukotu srdce, je infrazvuk pro lidský organismus škodlivý. [8]

## **2.3 Hluk**

Hluk je definován jako zvuk, který člověka poškozuje (na zdraví, majetku nebo na životním prostředí), ruší nebo obtěžuje. [1]

### **2.3.1 Definice hluku**

Dle zákona je hluk definován: Hlukem se rozumí zvuk, který může být škodlivý pro zdraví a jehož hygienický limit stanoví prováděcí právní předpis.[9]

Poměrně velice přesně lze zvuk fyzikálně popsat a jeho vlastnosti, ať už u zdrojů (emise) nebo pokud se šíří prostředím (imise), měřit. Lékařsky lze považovat hluk za zvuk, který má účinky přímo na správnou činnost sluchového orgánu (specifické účinky), nebo prostřednictvím něho v různé intenzitě jinak působí škodlivě na člověka (nespecifické účinky). I tyto vlivy zvuku příliš silného, příliš častého, nebo působícího v nevhodné situaci, době či na slabého jedince (tedy bez ohledu na jeho fyzikální vlastnosti) lze dnes již poměrně přesně pozorovat a objektivně popsat.

V praktickém boji proti hluku je dnes klíčovou otázkou, nakolik je v současné době technicky a ekonomicky realizovatelné jeho omezení. Z technického hlediska je u hluku výhodné např. to, že se chová relativně přesně podle fyzikálních zákonů, což umožňuje aplikaci výpočtových metod s mnohem větší přesností než např. u prognóz znečištění ovzduší. Hluková energie podléhá entropii a nezanechává žádná rezidua, nekumuluje se v prostředí, jako např. některé chemické škodliviny. Pokud jde o ekonomická hlediska, je samozřejmě snižování hluku spojeno s finančními náklady. Avšak opatření proti hluku mají v případě emisí mnohdy technicky příznivé účinky (např. v oblasti životnosti zařízení). V případě imisí mají zřejmě i ekonomický přínos, což lze již dnes objektivně kvantifikovat - i když je to složitý problém, spočítat ztráty či přínosy způsobené nepřikročením k protihlukovým opatřením ekonomové dovedou (např. se ekonomicky ocení zvýšená unavenost a nemocnost - ztráty produktivní, ztráty na účet zdravotních a sociálních výdajů). [7]

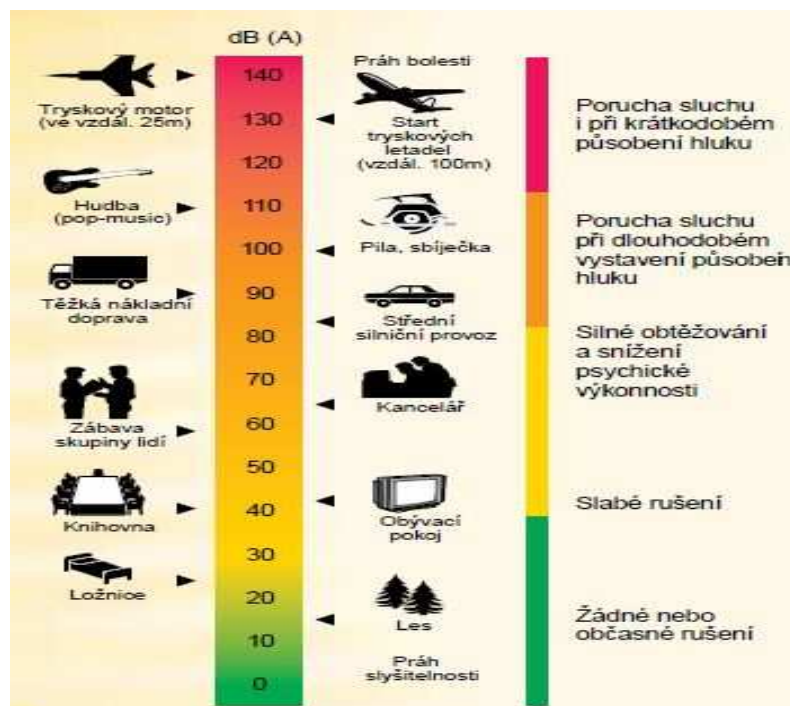
### **2.3.2 Zdroje hluku**

Obecně lze říci, že se daří omezovat hluk úpravami strojů a dalších hlučných zařízení přímo při jejich výrobě – tedy přímo u zdroje. Neplatí pak v tomto případě



před třiceti lety běžná úvaha, že technický pokrok dosáhl dimenzí, které nenechávají prostor a čas k likvidaci vyvolaných negativních důsledků. Již se snad nepodceňuje hluk v pracovním prostředí, který dle odhadů tvoří 40 % hluku „vypouštěného“ lidmi do životního prostředí. Okolo 50 % celkové hlukové zátěže způsobuje doprava (někdy se uvádí až 70 %). Příklady hladin hluků při různých činnostech zobrazuje obrázek 6. Každopádně bylo odhadnuto, že podle platných limitů hluku bylo např. v Praze roku 2002 zasaženo hlukem z automobilové a tramvajové dopravy 7,6 % obyvatel. Uděláme-li přibližné korekce ve výše uvedeném smyslu – odečteme silné, ale i slabé jedince – dostaneme nejméně 50 tisíc obtěžovaných občanů. Zkusme si za procentuelní hodnotu obtěžovaných v hlavním městě - kráceno výší urbanizace, podílem podobně zahlcených měst a měst s tramvajemi - dosadit počet občanů republiky (dle méně střízlivých odhadů je zasaženo hlukem v České republice asi 2,5 milionů obyvatel). Evropská unie za rok 2000 udává 25 % hlukem obtěžované populace, 5 – 15 % rušené ve svém spánku hlukem. Hluk tedy není jen „pražská“ záležitost, ale evropská procenta jsou vyšší asi proto, že laťka pro nežádoucí překročení byla nasazena mnohem níže (bez ohledu na tzv. staré zátěže) nebo proto, že za obtěžování se považuje třeba i zavření okna pro nerušený poslech televize. Odhadovaný počet obyvatel unie zasažených v roce 2000 hlukem o ekvivalentní hladině akustického tlaku vyšší než 65 dB byl 100 miliónů obyvatel.

[7]



Obrázek 6 – Hladiny hluku [10]

### **2.3.3 Typy hluku**

#### Ustálený hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě nemění v závislosti na čase o více než 5 dB.

#### Proměnný hluk

Je hluk, jehož hladina akustického tlaku se v daném místě mění v závislosti na čase o více než 5 dB.

#### Impulsní hluk

Je hluk tvořený jedním impulsem nebo sledem impulsů, kdy doba trvání každého impulsu je kratší než 0,2 s a impulsy následují po sobě v intervalech delších než 0,01 s.

#### Vysoce impulsní hluk

Je tvořen impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem je střelba z ručních zbraní, kování kovů, tlučení, nastřelování hřebíků, buchary, zarážení pilot, výstředníkové lisy, pneumatická kladiva a sbíječky, nárazy při posouvání vagónů nebo podobné zdroje.

#### Vysokoenergetický impulsní hluk

Je tvořen impulsy ve venkovním prostoru, jejichž zdrojem jsou výbuchy v lomech a dolech, sonické třesky, demoliční a průmyslové procesy s pomocí výbušnin, střelba z těžkých zbraní, zkoušky výbušnin a další zdroje výbuchů, jejichž ekvivalentní hmotnost TNT překračuje 25 g a podobné zdroje [11]

### **2.3.4 Měření hluku**

Při měření hluku včetně jeho výpočtu a při hodnocení hluku se postupuje podle metod a terminologie týkajících se oborů elektroakustiky a akustiky, obsažených v příslušných českých technických normách. Při jejich dodržení se výsledek považuje za prokázaný. Pokud nelze takto postupovat musejí být u použité metody doloženy její záchytnost, přesnost a reprodukovatelnost. Při měření nebo výpočtu hluku se uvádějí nejistoty odpovídající metodě měření nebo výpočtu; ty musejí být uplatněny při hodnocení naměřených nebo vypočtených hodnot. [12]

Nejčastěji se měření v rozmezí teplot 0-50°C a největší rychlost větru, při které se může měřit je maximálně 5 m/s. Neměření se také za deště a sněžení.

### **2.3.5 Vnější vlivy prostředí na měření hluku**

Patří sem změny atmosférického tlaku, teploty a vlhkosti. Měřené hodnoty jsou ovlivňovány i proudem vzduchu kolem mikrofonu (větrem), na zvukoměr působícími vibracemi a elektromagnetickým polem. [13]

#### Atmosférický tlak

Se zvyšujícím se atmosférickým tlakem citlivost klesá; při obvyklých změnách atmosférického tlaku se citlivost mění o asi desetiny decibelu (asi -0,1 dB/kPa) a prakticky to nemusíme většinou respektovat. [13]

#### Teplota

Na citlivosti měřicího zařízení se výrazněji neprojeví ani vliv teploty, kde korekce dosahuje až 0,01 dB/°C, ale ani tuto korekci není za běžných teplot většinou nutno uvažovat. I když se vliv teploty uplatňuje hlavně u nejvyšších kmitočtů (rezonančního kmitočtu mikrofonní vložky), nepřesáhne korekce hodnotu 1 dB. [13]

#### Vlhkost

Vliv vlhkosti může být závažný (i 1 dB/10% relativní vlhkosti), ale není-li překročen rosný bod, počítáme s poklesem pouze desetin dB. [13]

#### Vítr

Již při rychlostech větru asi 3 m/s mohou být hodnoty nižších hladin (asi 40 dB) ovlivňovány. Vhodný kryt proti větru zeslabí větrem vyvolané šумы o asi 15 dB a přitom potlačení nejvyšších kmitočtů vlivem krytu (v oblasti kolem 10 kHz) nepřesahuje asi 1 dB. Pro běžná měření se proto doporučuje používat vždy alespoň jednoduchý kryt proti větru a to i z důvodu, že kryt chrání částečně mikrofonní vložku i proti slabému dešti, prachu a náhodnému poškození. [13]

## **2.4 Veličiny**

### **2.4.1 Decibel**

Decibel je jednotka nejznámější svým použitím pro měření hladiny intenzity zvuku, ale ve skutečnosti se jedná o obecné měřítko podílu dvou hodnot, které se používá v mnoha oborech. Jedná se o fyzikálně bezrozměrnou míru, obdobně jako třeba procento, ovšem na rozdíl od něj je decibel logaritmická jednotka, jejíž definice souvisí s objevením Fechner-Weberova zákona, že totiž lidské tělo vnímá podněty logaritmicky jejich intenzitě (i velké změny velkých podnětů způsobují jen malé změny počitků). Míra vytvořená v roce 1923 inženýry Bellových laboratoří původně sloužila k udávání útlumu telefonního vedení. Například pokles (útlum) o 3 dB u výkonu značí poloviční výkon, naopak zisk (zesílení) o 3 dB je dvojnásobný výkon (pozor, pro jiné veličiny jako např. napěťový přenos toto nemusí platit). [14]

### **2.4.2 Kmitočet**

Kmitočet (resp. frekvence kmitání)  $f$  určuje počet kmitů za sekundu, které vykoná kmitající hmotný bod. Základní jednotka kmitočtu je Hz (Hertz).

$$f = \frac{1}{T} [\text{Hz}]$$

$f$  – kmitočet [Hz]

$T$  – doba kmitu

Kmitočet je roven převrácené hodnotě periody kmitání. [1]

### **2.4.3 Vlnová délka**

Vlnová délka  $\lambda$  je určena vzdáleností mezi dvěma nejbližšími body bodové řady se stejným akustickým stavem v daném okamžiku. Resp. je to vzdálenost, kterou urazí akustická vlna v průběhu jednoho kmitu  $T$ . Potom pro vlnovou délku platí vztah:

$$\lambda = \frac{c}{f} = c \cdot T$$

$\lambda$  – vlnová délka [m]

$c$  - rychlost šíření světla

[1]

## **2.5 Zdroje hluku u zemědělských strojů**

V současné době jsme svědky stále intenzivnějšího využívání mechanizačních prostředků ve všech oblastech výroby včetně zemědělské a lesnické. Používání stále většího počtu strojů je provázeno řadou negativních dopadů na životní prostředí. Zvýšením technické úrovně strojů a mechanismů se sice docílilo snížené fyzické námahy, ale na druhé straně je člověk negativně ovlivňován mnoha aspekty souvisejícími právě s technizací výrobních procesů a technologií. Tak jako ve většině oblastí činnosti člověka jsou i v zemědělství pracovníci vystavováni řadě škodlivých vlivů. Vzduch je znečišťován spalinami z energetických zdrojů (dopravní prostředky, traktory), průmyslovými exhalacemi, prachem, a nezanedbatelné jsou i výkyvy teplotního působení. Dalšími faktory negativního působení zemědělské techniky na životní prostředí jsou znečišťující látky působící na čistotu vod a půd (ropné produkty, pesticidy atd.). Vedle těchto obecně známých nebezpečných vlivů působících na organismus člověka se ve stále větší míře zvyšuje hluková expozice lidí a zvířat. Dlouhá léta bylo působení hluku v zemědělské výrobě považováno za bezvýznamné a z tohoto titulu nebylo téměř sledováno. Všudypřítomný hluk a jeho negativní působení však začaly právě se shora uvedeným rozvojem mechanizace procesů negativně ovlivňovat zdravotní stav lidí i zvířat i v zemědělství – u zvířat se pak může nadměrná hluková zátěž projevovat výrazným snížením užitkovosti. Příklady různých zdrojů hluku v zemědělství znázorňuje tabulka 2. Zdravotní riziko hluku je spojeno s jeho schopností šířit se na velké vzdálenosti vzduchem, vodou i pevnými látkami. Většinou se působení hluku na lidský organismus bezprostředně neprojevuje, ale jeho účinky se v organismu kumulují a projevují se až po delší době [15]

**Tabulka 2 – Zdroje hluku v zemědělství [16]**

<b>Příklady hladin hluku v zemědělství</b>	
<b>Zemědělské stroje</b>	<b>Hluk[dB]</b>
Kaskádová sušička obilí	93,4
Sušička obilí s příčným průtokem	93,8
Sušička píce	89,8
Válčovací / drtící stroj pro přípravu krmiv	92,3
Čistička / česačka chmele	93,9
Hala pro přípravu / balení zeleniny	91,6
Řepný kombajn	91,7
Řádkovač	97,5
Metač / sypač (osobní)	89,4
Motorová pila	103,9
Škubačka drůbeže	99,8
Drůbežárna	94,4
Sadový postřikovač	85-100
<b>Používání traktorů</b>	
Traktor s kotoučovou sekačkou	91,1
Traktor s vysokohustotním baličem	96,8
Traktor s křovinořezem	89,6
Traktor se sadovým postřikovačem	97,9
Traktor s trhačem slámy	90,4
Traktor s kabinou	73-90
Traktor bez kabiny	91-99
Traktor se zcela sešlápnutým akceleračním pedálem	105
Plně naložený traktor	120
Terénní vozidlo	100

Hluk vznikající při provozování nejen zemědělských strojů můžeme rozdělit do dvou skupin:

- mechanické zdroje hluku
- aerodynamické zdroje hluku[17]

### 2.5.1 Mechanické zdroje hluku

Většina výrobků strojírenského průmyslu obsahuje elementy, které konají vratný nebo rotační pohyb, s nímž je spojeno silové působení na okolní součásti. Jestliže je kmitající povrch součásti obklopen vzduchem, nastává přenos energie chvění do okolního prostředí. [17]

U naprosté většiny zemědělských strojů je hluk způsoben právě těmito mechanickými zdroji. Radíme mezi ně především:

- Hluk valivých ložisek
- Hluk ozubených převodů a převodových skříní
- Hluk pohonné jednotky
- Hluk pneumatik

Hladina akustického tlaku, vyvolaná jednotlivými dopravními prostředky, závisí na několika faktorech:

- Na mechanickém výkonu motoru
- Na rychlosti vozidla
- Na režimu práce motoru
- Na technickém stavu vozidla
- Na kvalitě vozovky
- Na okolní zástavbě
- Na povětrnostních podmínkách, atd.[17]

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

Další příčinou hluku ložisek je tzv. prokluz, který je průvodním 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.

Na hluk ložiska se může také nepříznivě projevit jeho uložení. Vzhledem k tomu, že valivá ložiska jsou poměrně malého rozměru, což má vliv na malý činitel vyzářování, připadá značná část vyzářené akustické energie na sekundárně

vyzařovanou složku z okolní konstrukce. Účinným zdrojem hluku se může tedy ložisko stát pouze tehdy, když je dokonale mechanicky vázáno s okolní konstrukcí stroje. Chvění se potom přeneso do tyčí a desek, které v důsledku svých větších rozměrů již mohou téměř beze ztrát vyzařovat akustickou energii do okolního vzduchu. Tento jev bývá zesílen, zejména když vlastní kmitočet součástky, např. desky je shodný s některou z diskretních složek chvění ložiska. U kovových materiálů nedochází k přirozenému útlumu. To je příčinou velkého zesílení rezonačních složek, které potom určují výslednou hlučnost ložiska.

Pro náročná valivá uložení je nutno volit ložisko z výběrové řady C 6, 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  $\mu\text{m}$ , což se dosahuje nalisováním ložiska na hřídel. [17]

#### Hluk ozubených převodů a převodových skříní

Strojní inženýr si dovede těžko představit složitější strojní zařízení, v němž by nebyl aplikován ozubený převod. 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 ve formě hluku. Z principu ozubených převodů vyplývá, že nelze zcela zamezit vzniku rázů při záběru jednotlivých zubů. Budou-li se podrobněji studovat vzniklé budící síly, zjistí se, že se síly periodicky opakují.

U ozubení se zmenšují záběrové rázy zvětšením poddajnosti zubů. Toho se dosáhne vytvořením drážek ve věnci kola. Také zmenšením vůlí v mechanismu lze významně snížit rázy. Při zmenšování vůlí klesá budící síla s druhou mocninou. 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 působících 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 zatížení a vzniklé rázy mají podstatně menší amplitudu. V praxi se ukazují šikmá ozubení o 5 dB méně, než u ozubení s přímými zuby. Na hluk má také značný vliv obvodová rychlost kol. [17]



### Hluk pístových strojů

Do této skupiny se zařazují 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. Z praxe je známo, že jak spalovací motory, tak i kompresory, které nejsou opatřeny tlumičem sání a výtlačku vytvářejí ve svém nejbližším okolí hladiny akustického tlaku i přes 120 dB. U vodou chlazených naftových motorů lze očekávat hladiny akustického tlaku cca o 3 dB nižší než u benzínového.[17]

### Hluk pneumatik

Hluk z motoru převažuje při nižších rychlostech vozidel přibližně do 40 km·h<sup>-1</sup>. Při vyšších rychlostech dominuje hluk pneumatik, přičemž aerodynamický hluk roste současně s rychlostí. U zemědělských strojů se při práci na pozemku tento hluk neprojevuje. Avšak začíná se projevovat při jízdě po silnici zejména soupravou sestávající z traktoru s návěsem. Hluk z pneumatik postupem času roste s tím, jak roste používáním širších typů pneumatik. [19]

#### **2.5.2 Aerodynamické zdroje hluku**

Hluk aerodynamického původu je možno charakterizovat jako zvuk vznikající v důsledku působení proudu vzduchu na okolní obklopující prostředí. Příčinou vzniku hluku tedy není kmitání povrchu pevných těles, jak tomu bývá v klasické akustice, ale pohyb vzduchu.

Tyto zdroje hluku jsou u zemědělských strojů zanedbatelné, protože jejich pojezdová rychlost nepřekračuje 50 km·h<sup>-1</sup>! Vzduch má tedy dostatek času přizpůsobit se obtékanému stroji a nevytváří žádný hluk. [17]

## **2.6 Snižování hluku a protihluková opatření**

Odstraňování nebo snižování nadměrného hluku při práci není pro zaměstnavatele jen právní povinností, ale je to i v obchodním zájmu jednotlivých organizací. Čím bezpečnější a zdravější je pracovní prostředí, tím nižší je pravděpodobnost ekonomicky nákladné pracovní neschopnosti z důvodu onemocnění, úrazů a nízké výkonnosti.

### **2.6.1 Hodnocení rizik**

Stupeň a druh vyhodnocování rizik závisí na charakteru a rozsahu problému na daném pracovišti, je však třeba uvážit všechna s hlukem spojená rizika. Například způsob, jakým může hluk zvýšit riziko úrazů v továrně, by měl být posuzován společně s rizikem poruchy sluchu způsobené hlukem (PSZH). [19]

### **2.6.2 Prevence a kontrola rizik**

K zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci je nutné dodržovat následující regulační opatření:

- Odstranění zdroje hluku

Nejúčinnější způsob, jak odstranit rizika, kterým jsou pracovníci vystaveni, je odstranit daný zdroj hluku. Tento způsob je třeba brát v úvahu při plánování nového výrobního zařízení nebo pracoviště. Politika pořizování nového zařízení a vybavení na základě „bezhluchosti nebo minimální hlučnosti“ je obvykle cenově nejefektivnější způsob, jak hlučnosti předcházet nebo ji omezit. Četné členské státy disponují databázemi poskytujícími podnikům pomoc při výběru výrobního zařízení. [19]

- Protihluková opatření u zdroje

Snižování hluku buď přímo u zdroje, nebo během jeho šíření je třeba věnovat hlavní pozornost v programech pro kontrolu hlučnosti, přičemž je třeba brát v úvahu jak charakter, tak i údržbu výrobního zařízení a pracoviště.

Tohoto cíle je možné dosáhnout na základě celé škály technických kontrol včetně:

- o izolování zdroje jeho přemístěním, ohrazením nebo potlačením vibrací při použití kovových nebo pneumatických pružin anebo elastomerových výztuh;

- snížení hluku u zdroje nebo během jeho šíření ohrazením hlučných prostorů, vytvořením protihlukových bariér, použitím akustických tlumičů na výstupech či redukováním řezacích, odsávacích nebo nárazových rychlostí;
- nahrazení nebo úprava strojního zařízení včetně upřednostnění méně hlučných převodů řemenových namísto ozubených či nástrojů elektrických namísto pneumatických;
- využívání tlumicích materiálů jako pryžové obložení u zásobníků, dopravníků a vibračních zařízení;
- aktivní snižování hluku („protihluková ochrana“) v určitých podmínkách;
- provádění preventivní údržby, protože při opotřebenosti součástí může docházet ke zvyšování hlučnosti. [19]
- Kolektivní protihluková opatření

Tam, kde není možné patřičně omezit hluk u zdroje, je třeba provést doplňková opatření, aby se expozice hluku na pracovišti snížila. Jedná se o provedení různých změn:

- na pracovišti – používání absorpčních materiálů v místnosti (např. zvuková izolace stropu) může mít rozhodující vliv na snížení úrovně hladiny hluku;
- v rámci organizace práce (např. použití pracovních postupů, které snižují expozici hluku);
- na výrobním zařízení – to, jak je technologické zařízení instalováno a kde je umístěno, může zásadně ovlivnit hladinu hluku na pracovišti.

Je třeba posoudit ergonomii jakéhokoli protihlukového opatření. Jestliže protihlukové opatření působí pracovníkům potíže při vykonávání jejich práce, může dojít k jeho úpravě či odstranění, čímž se stane neúčinnými. [19]

- Osobní ochranné pracovní prostředky

Osobní ochranné pracovní prostředky (OOPP), jako jsou zátkové nebo sluchátkové chrániče, mají být použity až jako poslední možnost poté, co byly vyzkoušeny všechny ostatní možnosti, jak odstranit nebo snížit expozici hluku. Přistoupí-li se k jejich používání, je třeba vzít v úvahu následující opatření:

- ujistit se, zda jsou zvolené osobní ochranné pracovní prostředky vhodné pro daný typ a délku trvání hluku a zda jsou kompatibilní s ostatními pracovními prostředky;
- umožnit zaměstnancům vybrat si vhodný prostředek pro ochranu sluchu, aby si tudíž mohli zvolit ten nejpohodlnější;
- profese, jako jsou řidiči, policisté nebo kameramani, často potřebují ke komunikaci chrániče sluchu, které jsou opatřeny systémem aktivního potlačení hluku (APH), čímž je zajištěna nerušená komunikace a riziko nehod je minimální;
- zajistit řádné ukládání a údržbu osobních ochranných pracovních prostředků;
- je třeba poskytnout školení o používání, ukládání a údržbě osobních pracovních prostředků. [19]

### **2.6.3 Pravidelné monitorování rizik a protihlukových opatření**

Zaměstnavatelé jsou povinni pravidelně kontrolovat, zda jsou zavedená protihluková opatření, která mají zabránit vzniku hluku nebo omezovat úroveň hluku, stále účinná. Podle úrovně expozice hluku mají pracovníci právo na náležité sledování zdravotního stavu. Uskuteční-li se zdravotní prohlídka, je třeba vést individuální záznamy o zdravotním stavu a předat zprávu příslušnému pracovníkovi. Údaje získané sledováním zdravotního stavu je třeba využít pro revizi hodnocení rizik a protihlukových opatření. [19]

## **2.7 Vliv hluku na člověka**

Nejčastější symptomy zvýšené hladiny hluku se projevují jako mrzutost (nepříjemnost). Dále může negativně ovlivňovat i kardiovaskulární systém, imunitní systém, spánek, výkon, chování a duševní zdraví. [20]

### **2.7.1 Ztráta sluchu**

Přímý vztah, který je mezi ztrátou sluchu a hlukem je již dostatečně prokázán. Je dokázáno, že hladina zvuku menší než 75 dB působí nepříznivě na náš sluch. Hladina hluku vyšší než 85 dB působící 8 hodin denně způsobí za pár let i úplnou ztrátu sluchu. Podle údajů má 30 % mladých lidí, kteří pracují, již nějakou poruchu sluchu způsobenou hlukem. [20]

### **2.7.2 Mrzutost**

Mrzutost lze definovat jako vyjádření negativních pocitů vyplívajících z narušení klidu, pohody a radosti. Je prokázáno, že neočekávaný nebo impulsní hluk je horší než kontinuálně zvýšená hladina hluku. Na pracovištích byla tato mrzutost studována a může přinést užitečné poznatky ke snížení hladiny hluku. Sice se neprojevila spojitost mezi zvýšenou hladinou hluku na pracovišti a mrzutostí zaměstnanců ale bylo definováno pět proměnných, které mohou snížit mrzutost. Patří mezi ně například předvídání, vyhýbání se a kontrolovatelnost hluku. [20]

### **2.7.3 Kardiovaskulární onemocnění**

Hlukem vyvolané kardiovaskulární problémy byly rozsáhle studovány v pracovním prostředí. Došlo se k závěru, že dlouhodobé vystavení hluku může přispět ke zvýšení krevního tlaku a hypertenze. Tyto zdravotní problémy mohou nastat u hladiny akustického tlaku vyšší než 85 dB. Mezi další hlukem vyvolané kardiovaskulární onemocnění patří: abnormality v elektrokardiogramu, nepravidelné bušení srdce, rychlejší tepová frekvence a pomalejší obnova cévního stažení.

V městském prostředí jsou tyto problémy vážnější. Mnoho studií se zaměřilo na účinky hluku z letecké a silniční dopravy na osoby v jejich vlastních domovech. Komplikujícím faktorem bylo rozlišit dopravní hluk od jiných, často i hlučnějších zvuků z jiných zdrojů. Lidé žijící v těchto oblastech jsou náchylnější na zvýšené riziko vzniku hypertenze a ischemických srdečních chorob. Některé studie zjistily, že děti z mateřských škol, které jsou v oblastech se zvýšenou hladinou hluku, mají významně vyšší systolický a diastolický krevní tlak v porovnání s dětmi z tiššího prostředí. Nicméně, tyto účinky se zdají být pouze dočasné povahy. [20]

### **2.7.4 Poruchy spánku**

Hluk zapříčiňuje snížení kvality a délky spánku. Epidemiologické studie se zaměřily na dopad hluku na jednotlivce, třeba jako jsou pacienti v nemocnicích. Byl pozorován dopad konkrétního zdroje hluku (např. letadlo) na spánek. Tyto studie prokázali, že je vztah mezi dlouhodobým působením hluku a poruchami spánku. Mezi poruchy patří například probouzení, špatný průběh spánku a subjektivní kvalita spánku. Citlivé osoby, které jsou citlivé na hluk i během dne, mohou mít výrazné potíže i při spánku. [20]

### **2.7.5 Narušení imunity**

Narušení imunity úzce souvisí se spánkem, hlavně s jeho kvalitou. To vyplývá z další studie, která vychází z pozorování lidí, kteří byli během spánku ovlivněni zvýšenou hladinou hluku. Noční hluk, jak již bylo naznačeno, je velké zdravotní riziko. Narušení fází spánků vede ke snížení obranyschopnosti, konkrétně k snížení počtu eosinofilů a bazofilů, které se obvykle během spánku množí. Dále se u pozorovaných osob zjistila zvýšená koncentrace leukocytů v krvi. Ačkoli žádné studie neprokázaly přímou souvislost mezi hlukem a snížením imunity, zvýšená koncentrace leukocytů v krvi může vést ke zvýšenému výskytu onemocnění, například chřipky. [20]

### **2.7.6 Biochemické poruchy**

Biochemické poruchy (zvláštní hormony a kovové ionty, např. hořčík) byly nalezeny u osob vystavených zvýšené hladině hluku v jejich životním nebo pracovním prostředí. Hluk tedy působí jako stresový faktor, stresor. Několik studií také poukazuje na to, že biochemické změny zvyšují riziko onemocnění ischemickými chorobami. Nicméně, v současné době nemáme dostatek údajů k přesnější diagnóze. [20]

### **2.7.7 Reprodukční poruchy**

Existují pouze omezené podklady o tom, že hluk nepříznivě ovlivňuje reprodukci populace. Tedy, že není žádný vztah mezi zvýšenou hladinou hluku a problémy u těhotných žen. Nejsou prakticky žádné údaje, které by naznačovaly zvýšené riziko vrozených anomálií a nebo nízkou porodní hmotnost. [20]

### **2.7.8 Výkonnostní poruchy**

Velmi málo výzkumů se zaměřuje na vliv hluku na lidskou produktivitu. Většina testování proběhla v laboratořích. Hladina hluku zde byla zvyšována a byly pozorovány reakce subjekty. U těchto subjektů by mělo dojít k zvýšení ostražitosti a snížení pozornosti na zadaný úkol. Nicméně jejich výkon při plnění jednoduchých úkolů, obzvláště těch, které jsou monotónní, může být ve skutečnosti působením hluku zlepšen. Pravděpodobně je to tím, že subjekt zvýší bdělost. Avšak na úkolech, které vyžadují větší výkon, hlavně pozornost a soustředění (např. puzzle), se působení hluku projevilo negativně. Z toho vyplývá, že mnoho nehod může být způsobeno hlukem, protože lidé sníží ostražitost i bdělost. [20]

### **3 CÍL PRÁCE**

Náplní této bakalářské práce je změřit hladinu hluku při sklizni obilnin. Sklizeň zahrnuje více dílčích fází, nejdůležitější je vlastní sklizeň (sklízecí mlátička). Následují fáze odvozu sklizeného zrna k dalšímu zpracování, uskladnění nebo čištění (traktor + velkoobjemové návěsy) a sběr slámy (traktor + sběrací vůz). Na základě tohoto měření vypočítat ekvivalentní hladiny hluku a vyhodnotit hlukovou zátěž z hlediska platných norem a hygienických předpisů. Při překročení stanovených limitů provést návrh opatření ke zlepšení stávající situace.

## 4 METODIKA

Měření hladiny hluku bylo provedeno dne 12.8.2012 na pozemcích zemědělského družstva Lučina - Dolní Němčice s.r.o.. Měření probíhalo v katastru různých obcí. Týkalo se hlavně obcí Hostkovice, Dačice, Dolní Němčice.

### **4.1 Použitá měřicí technika**

Za zapůjčení měřicí techniky děkuji Katedře zemědělské dopravní a manipulační techniky, Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Jednalo se o dva hlukoměry Voltcraft Plus SL-300, laserový dálkoměr Bosch DLE 50 a meteostanice KL4900.

#### **Digitální hlukoměr Voltcraft Plus SL-300**

Měření jsem prováděl prostřednictvím hlukoměru Voltcraft Plus SL-300, který je schopen měřit hluk v rozsahu od 30 dB do 130 dB. Hlukoměr splňuje normu EN 61 672-1 třídy 2. Frekvenční rozsah měření je 31,5 Hz až 8 kHz s odezvou 125 až 1000 ms. Veškeré příslušenství je dodáváno v kufříku. Získávání naměřených hodnot z hlukoměru je realizováno prostřednictvím USB rozhraní. Paměť dokáže pojmout až 32 600 měřených hodnot.

#### **Laserový dálkoměr Bosch DLE 50 Professional**

Tento přístroj slouží k měření vzdálenosti, která byla nutná pro vlastní měření. Způsob měření je velmi snadný a přesný. Měřit lze vzdálenost od 0,05 m – 50 m s přesností  $\pm 1,5$  mm. Dále je možné tento přístroj využít k měření ploch a objemů.

#### **Meteorologická stanice KL4900**

Použitá meteostanice sestávala z hlavní řídicí jednotky a dvou bezdrátových čidel pracujících na frekvenci 433 MHz s dosahem až 35 m. Tato stanice podává informace o aktuálním čase, datu, vnitřní a venkovní teplotě, rychlosti a směru větru, předpovědi počasí, vlhkosti a tlaku vzduchu. Rozsah měření teplot je od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $70^{\circ}\text{C}$ , vlhkost od 20% do 95%. Udávaná přesnost měření teploty je  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  a vlhkosti  $\pm 7\%$ .



### **Přenosný počítač HP 530**

K veškeré práci na této práci byl využit přenosný počítač HP 530. Přenosný počítač disponuje procesorem Intel Core Duo CPU T2400 @ 1,83 GHz, 3,4 GB RAM, harddisk 60 GB. Na notebooku je instalován operační systém Microsoft Windows XP Professional SP3. Hodnocení naměřených hodnot se zpracovávalo prostřednictvím programu Microsoft Excel 2002.

### **Digitální fotoaparát Canon A560**

Dokumentace byla realizována digitálním fotoaparátem Canon A560. Dokumentován byl celý průběh měření (měřené stroje, měřící stanoviště, přírodní podmínky, atd, ...)

## **4.2 Postup měření**

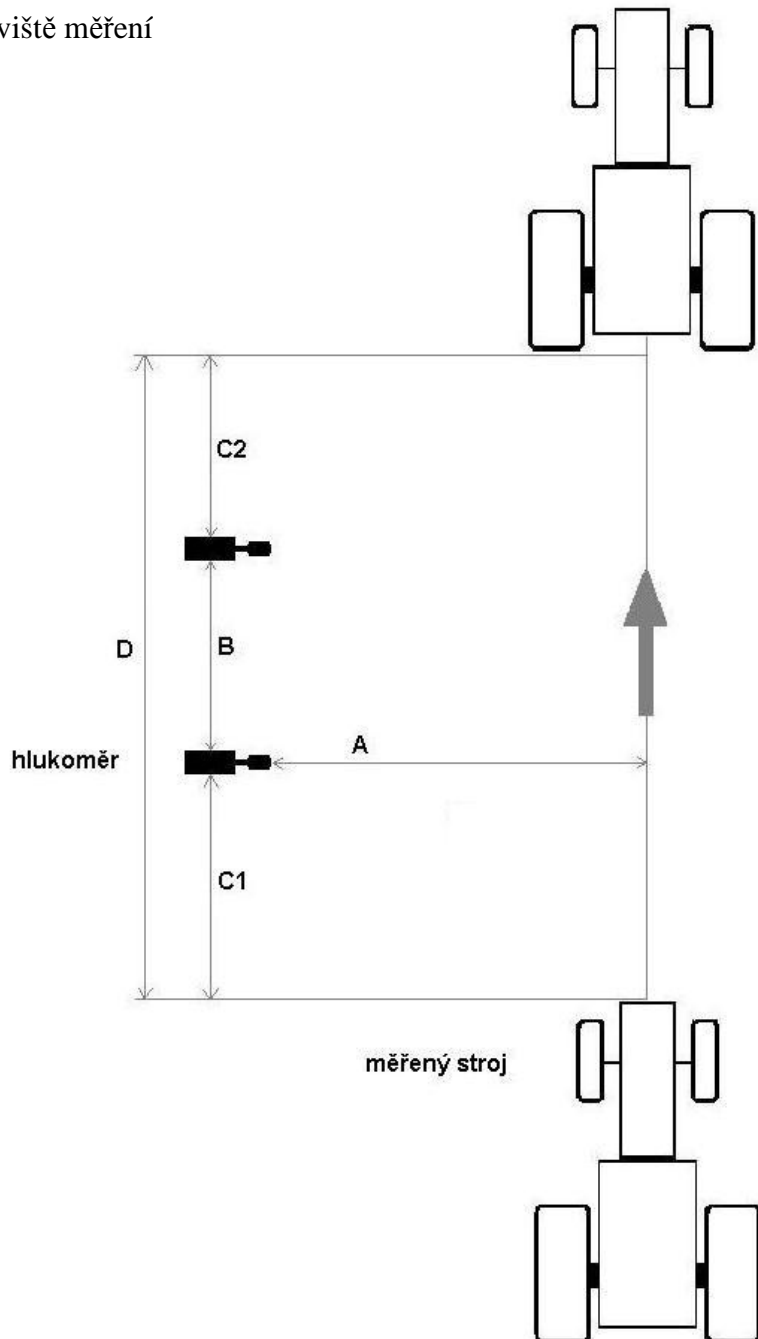
Před vlastním měřením je nutné provést měření klimatických podmínek, které musejí vyhovovat podmínkám měření. Nesmí foukat vítr o více než 5 m/s, teplota okolí nesmí být méně než 0°C, nesmí pršet ani být mlha. Tyto hodnoty byly zaznamenány do příslušné tabulky. Následovala kalibrace hlukoměru.

Měření probíhalo na dvou hlukoměrech ve výšce cca 150 cm od země. Mikrofon hlukoměru byl nasměrován kolmo na dopravní prostředek a byl chráněn návlekm proti větru, který zmírňuje zkreslení nepříznivými vlivy. Obsluhování hlukoměrů bylo zajištěno dvěma osobami. Hlukoměry byly obsluhovány dle návodu výrobce. Měřilo se 15 m od měřeného stroje, rozstup hlukoměrů byl 10 m. Měření započalo, když na prvním hlukoměru byla detekována zvýšená hladina hluku. Vzdálenost stroje byla v tuto chvíli přibližně 15 m od hlukoměru. Následoval průjezd stroje přes měřenou dráhou. Po projetí kolem druhého hlukoměru bylo měření skončeno přibližně po 15 m, když se hladina hluku přiblížila hladině hluku v pozadí. Interval záznamu byl nastaven na 1 údaj za vteřinu. Měření se opakovalo 10x pro daný prostředek. Měřil jsem 6 strojů dvěma hlukoměry, tedy 120 měření. Po skončení měření se hlukoměry připojily pomocí USB kabelu k PC a přenesla se data k dalšímu zpracování. Data byly uloženy v textovém formátu a zpracovány v programu MS Excel.

#### 4.2.1 Stanoviště měření

Měření hluku probíhalo přímo na pozemku v blízkosti měřené techniky. Po několika testovacích měřeních byla zvolena vzdálenost 15 m od zdroje hluku a 10 m rozestup mezi hlukoměry. Stanoviště je zřetelné z přiloženého schématu.

**Schéma 1** – Popis stanoviště měření



**A** – vzdálenost hlukoměru od osy pohybu stroje (15m)

**B** – vzdálenost mezi dvěma hlukoměry (10m)

**C1** – vzdálenost mezi 1. hlukoměrem a strojem při spuštění měření (cca 15m)

**C2** – vzdálenost mezi 2. hlukoměrem a strojem při ukončení měření (cca 15m)

**D** – celková délka měření cca 40m = doba měření ve vteřinách (cca 120s, 40s a 60s)

#### 4.2.2 Časový rozsah měření

Délka měření byla stanovena podle pojezdové rychlosti měřené zemědělské techniky. Pojezdová rychlost sklízecí mlátičky, traktoru s velkoobjemovým návěsem a traktorem se sběracím vozem se značně lišila. Průměrná doba měření je u sklízecích mlátiček 120 s, u odvozu sklizeného zrna byla 40 s a u sběru slámy 60 s.

#### 4.2.3 Klimatické podmínky měření

Před začátkem měření byly vždy změřeny aktuální klimatické podmínky. Zaznamenával jsem teplotu vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, atmosférický tlak, hlukové pozadí, rychlost a směr větru. Klimatické podmínky jsou stejné pro jednu skupinu strojů, protože se měřily na stejném pozemku, viz. tabulka 3.

**Tabulka 3** – Klimatické podmínky při měření

	Sklízecí mlátičky	Traktory s návěsy	Traktory se sběracími vozy
Hluk pozadí [dB]	59	52	50
Teplota vzduchu [°C]	26,7	27,2	28
Relativní vlhkost vzduchu [%]	39	32	30
Atmosférický tlak [Pa]	959	960	962
Rychlost větru [m/s <sup>-1</sup> ]	2	1	1
Směr větru	jihovýchodní	východní	východní

#### 4.2.4 Přehled měřených strojů

##### Sklízecí mlátička Case IH 8120

<b>Rok výroby:</b>	2009
<b>Výkon:</b>	345 kW
<b>Hmotnost:</b>	16 490 kg
<b>Hluk:</b>	89 dB
<b>Lišta:</b>	typ 2050, záběr 9,15 metrů
<b>Mláticí ústrojí:</b>	Axiální, Axial-Flow®



**Obrázek 7 - Sklízecí mlátička Case IH 8120**

**Sklízecí mlátička John Deere T660 Hillmaster**

<b>Rok výroby:</b>	2011
<b>Výkon:</b>	274 kW
<b>Hmotnost:</b>	14 250 kg
<b>Hluk:</b>	85 dB
<b>Lišta:</b>	typ 625R, záběr 7,60 m
<b>Mláticí ústrojí:</b>	Tangenciální, 6-ti vytrásadlové



**Obrázek 8 - Sklízecí mlátička John Deere T660 Hillmaster**

**Traktor Case 7220 Magnum + návěs MEGA 20 (ZDT Nové Veselí)**

**Rok výroby:** 1994  
**Výkon:** 136 kW  
**Hmotnost:** 8 280 kg  
**Hluk:** 87 dB  
**Hmotnost návěsu:** 3 550 kg



**Obrázek 9 - Traktor Case 7220 Magnum + návěs**

**Traktor John Deere 6230 Premium + návěs BIG 12 (S-Profit Opava)**

**Rok výroby:** 2007  
**Výkon:** 83 kW  
**Hmotnost:** 4 390 kg  
**Hluk:** 81 dB  
**Hmotnost návěsu:** 4 300 kg



**Obrázek 10 - Traktor John Deere 6230 Premium + návěs**

### **Traktor Zetor 10540 + sběrací vůz**

**Rok výroby:** 1998  
**Výkon:** 75,5 kW  
**Hmotnost:** 4 940 kg  
**Hluk:** 84,5 dB



**Obrázek 11 - Traktor Zetor 10540 + sběrací vůz**

### Traktor Zetor 5211 + sběrací vůz

**Rok výroby:** 1985

**Výkon:** 33,1 kW

**Hmotnost:** 3 260 kg

**Hluk:** 87 dB



**Obrázek 12 - Traktor Zetor 5211 + sběrací vůz**

### **4.3 Postup vyhodnocení naměřených hodnot**

Ke zpracování a vyhodnocování naměřených hodnot bylo použito přenosného počítače HP a programu Microsoft Excel 2002, která je součástí Microsoft Office 2002.

#### **4.3.1 Použité vzorce**

Protože se nejedná, o ustálený hluk, byla ekvivalentní hladina hluku počítána dle vzorce:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^m T_i \cdot 10^{L_{Aeq,T_i} / 10} \right)$$

[13]

T – celkový počet vzorků

m – celkový počet dílčích časových intervalů

$L_{Aeq,T_i}$  – ekvivalentní hladina akustického tlaku, která se vyskytuje v časovém intervalu  $T_i$

Pro další zpracování dat jsem využil funkce v programu Microsoft Office 2002

- Výpočet minimální hodnoty funkcí: „=MIN (hodnoty)“
- Výpočet maximální hodnoty funkcí: „=MAX (hodnoty)“
- Výpočet průměrné hodnoty funkcí: „=PRŮMĚR (hodnoty)“



## 5 NAMĚŘENÉ A VYPOČTENÉ HODNOTY

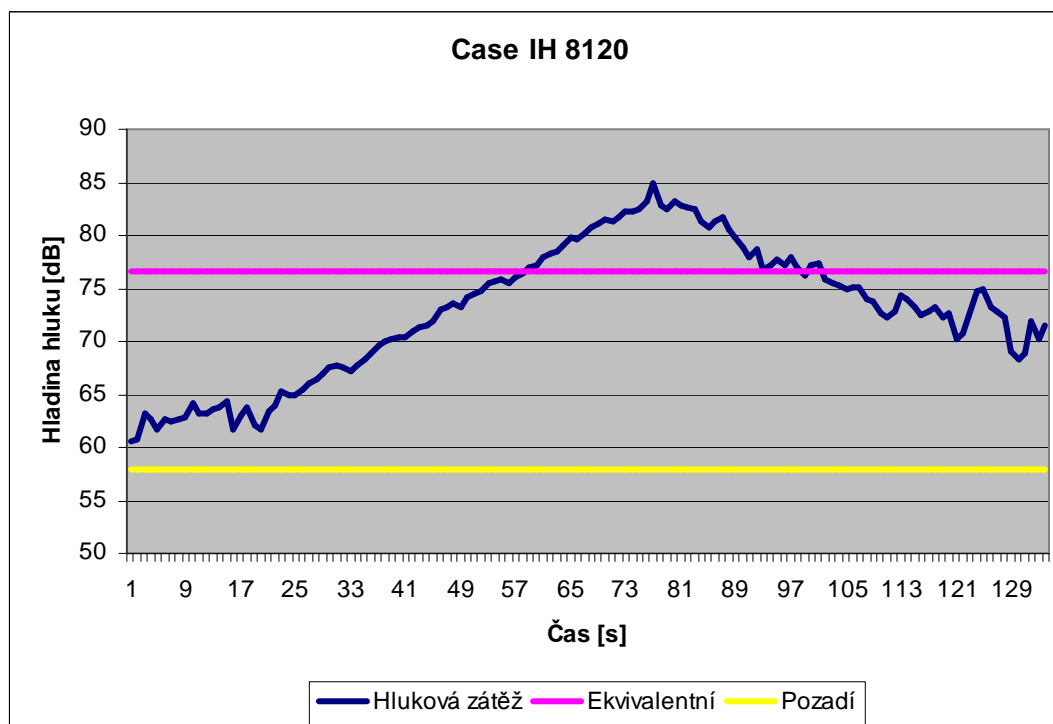
Naměřené hodnoty byly přeneseny z hlukoměru do PC přes USB kabel. Následovalo zpracování těchto dat. Využil jsem tedy MS Excel 2002. Každý stroj byl měřen 10x jedním hlukoměrem. Z těchto měření jsem vypočítal průměrné, maximální a minimální hodnoty hladiny hluku a ekvivalentní hladinu hluku. Ekvivalentní hladina hluku byla vypočítána pro každý stroj zvlášť. Hlukové pozadí bylo měřeno před začátkem měření příslušné skupiny strojů. Tyto hodnoty jsem zanesl do příslušných grafů s křivkami a sloupci daných hladin.

### 5.1 Průměrné hodnoty

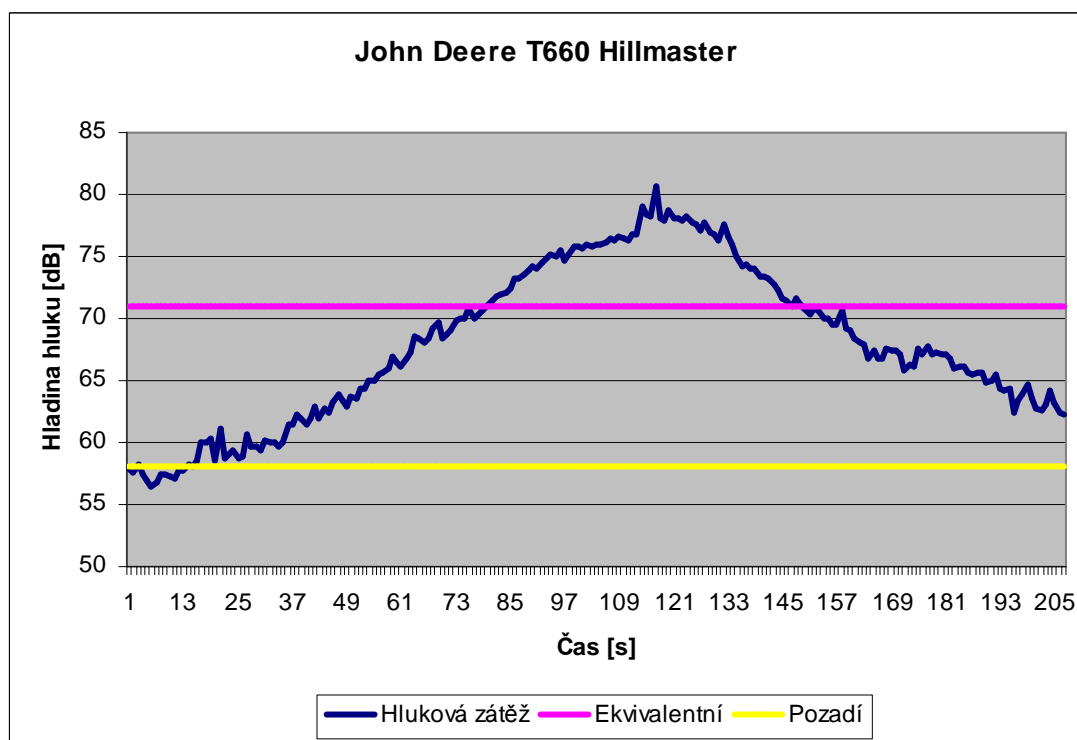
V těchto grafech jsou křivky průměrné hladiny hlukové zátěže, ekvivalentní hladiny hluku a hluk pozadí. Křivka hlukové zátěže je průměr z 10-ti měření. Ekvivalentní hladina hluku byla vypočítána z průměrných hodnot dle uvedeného vzorce. Hladina hluku pozadí byla měřena před začátkem vlastního měření a vypočítána také podle již zmíněného vzorce.

#### Hlukoměr č. 1

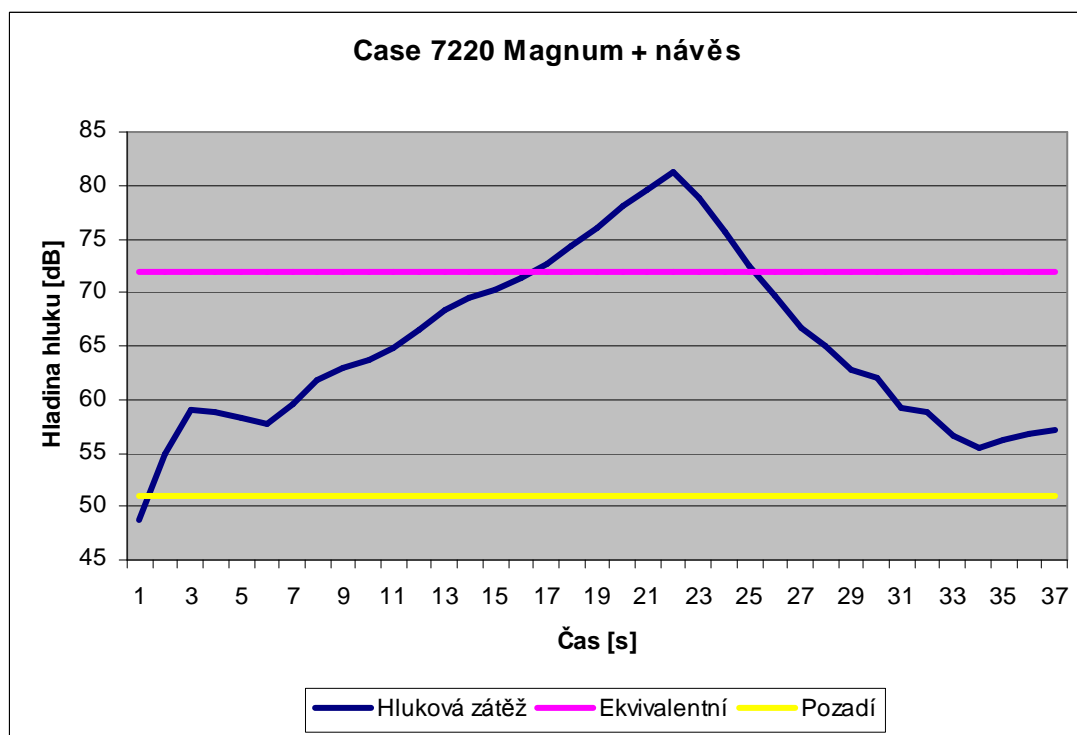
**Graf 1** – Sklízecí mlátička Case IH 8120



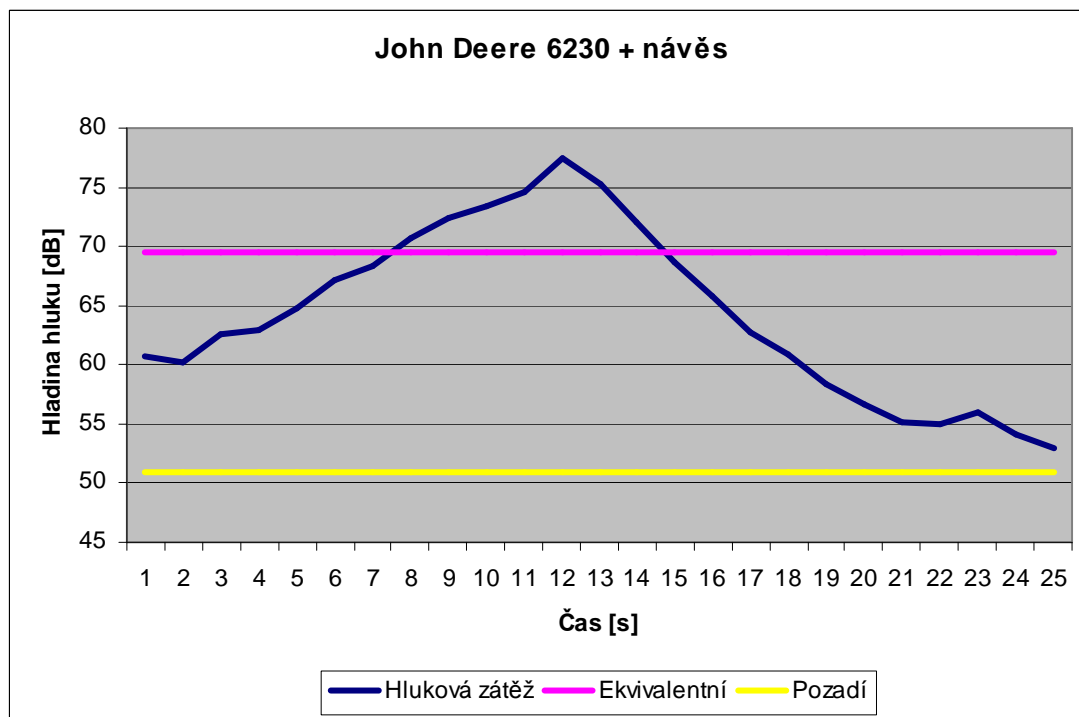
**Graf 2** – Sklízecí mlátička John Deere T660 Hillmaster



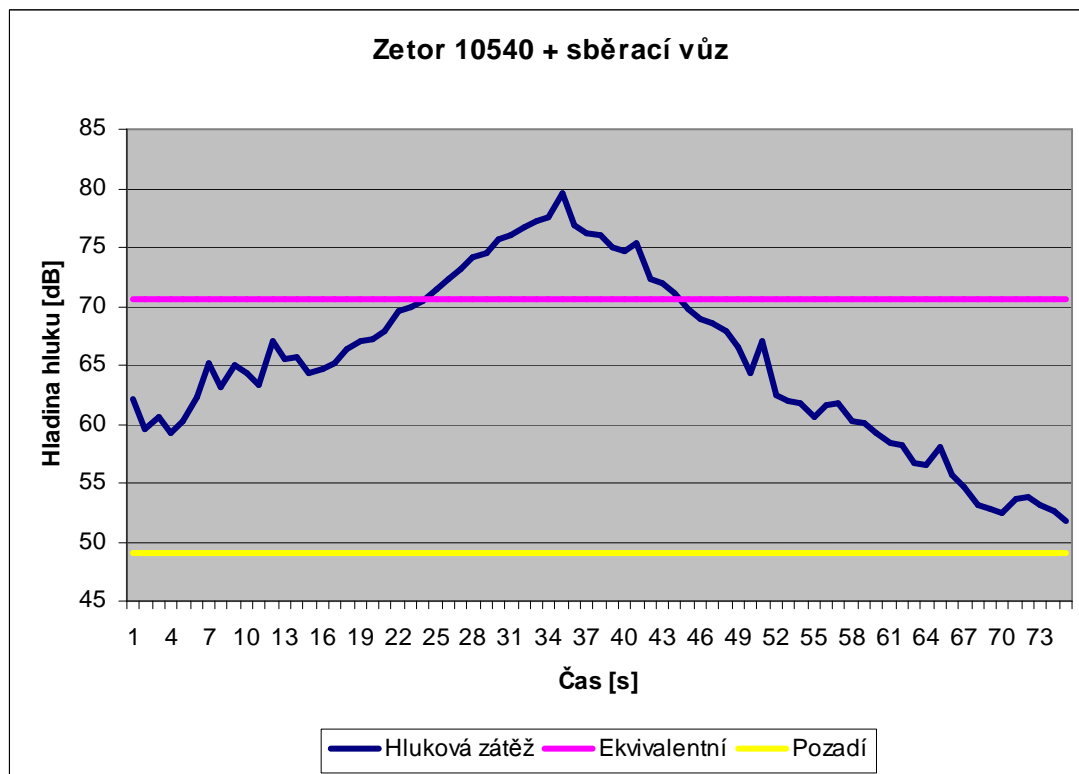
**Graf 3** – Traktor Case 7220 Magnum + návěs



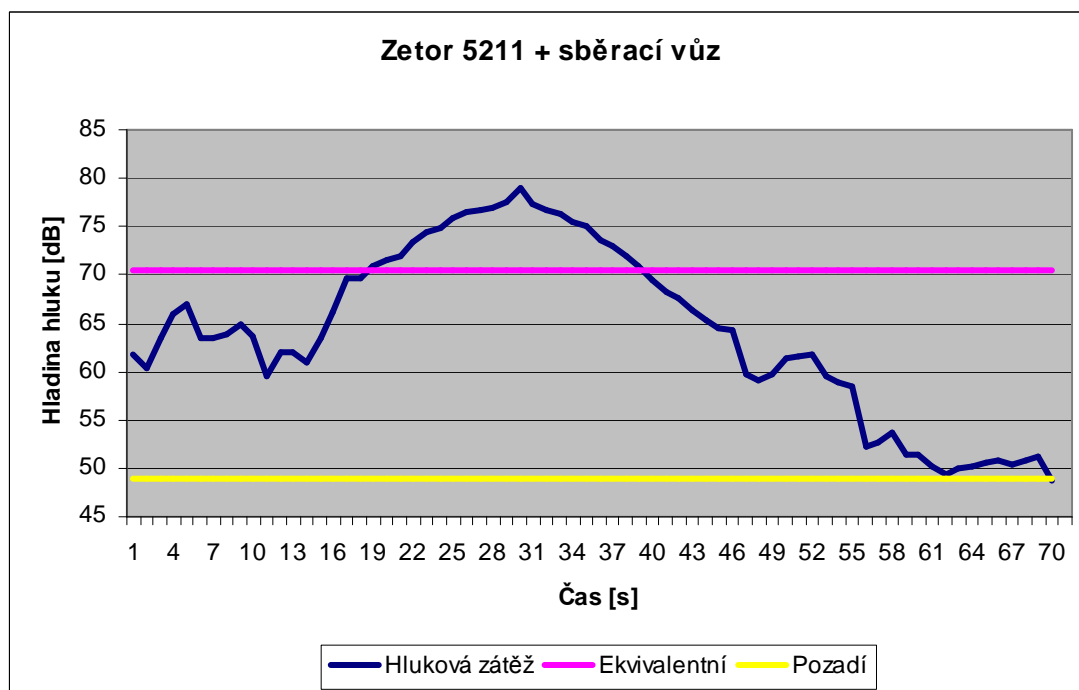
**Graf 4** – Traktor John Deere 6230 Premium + návěs



**Graf 5** – Traktor Zetor 10540 + sběrací vůz

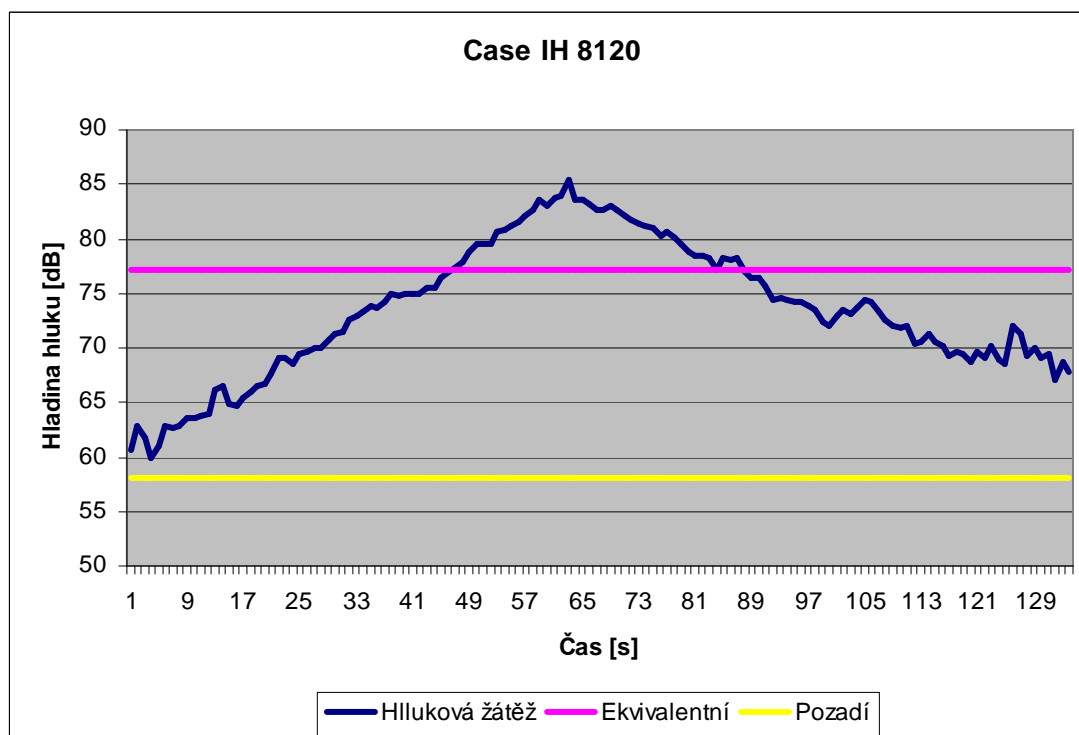


**Graf 6** – Traktor Zetor 5211 + sběrací vůz

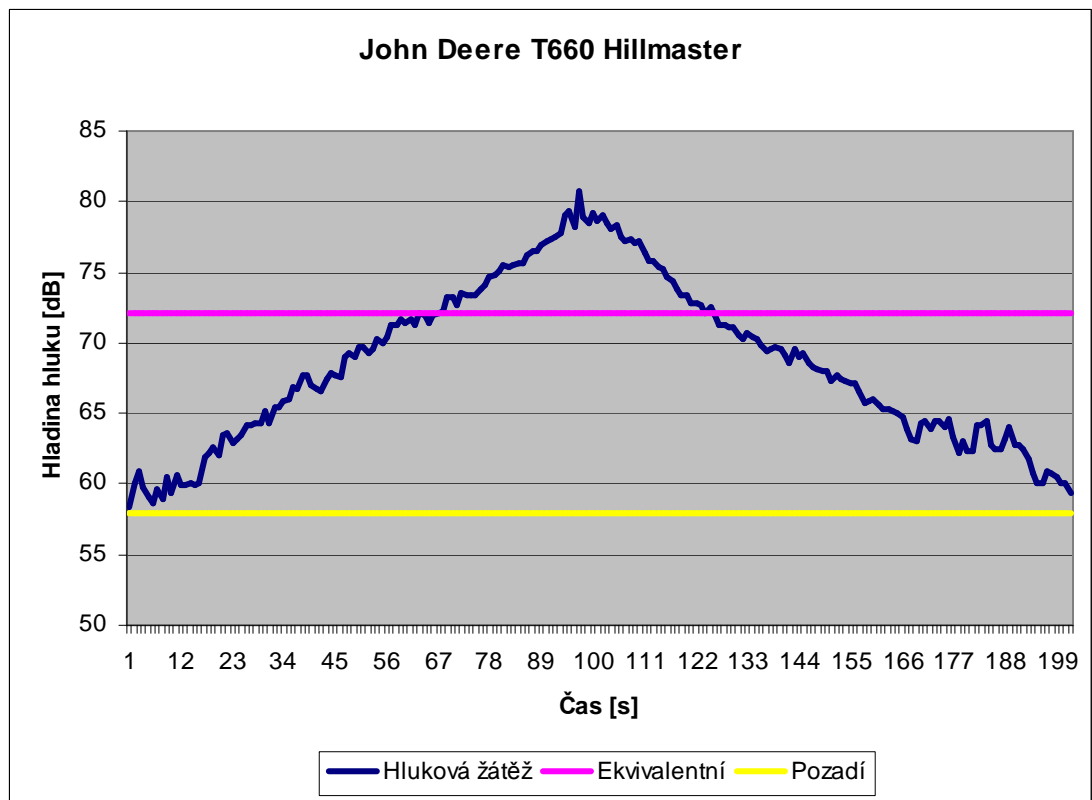


## Hlukoměr č. 2

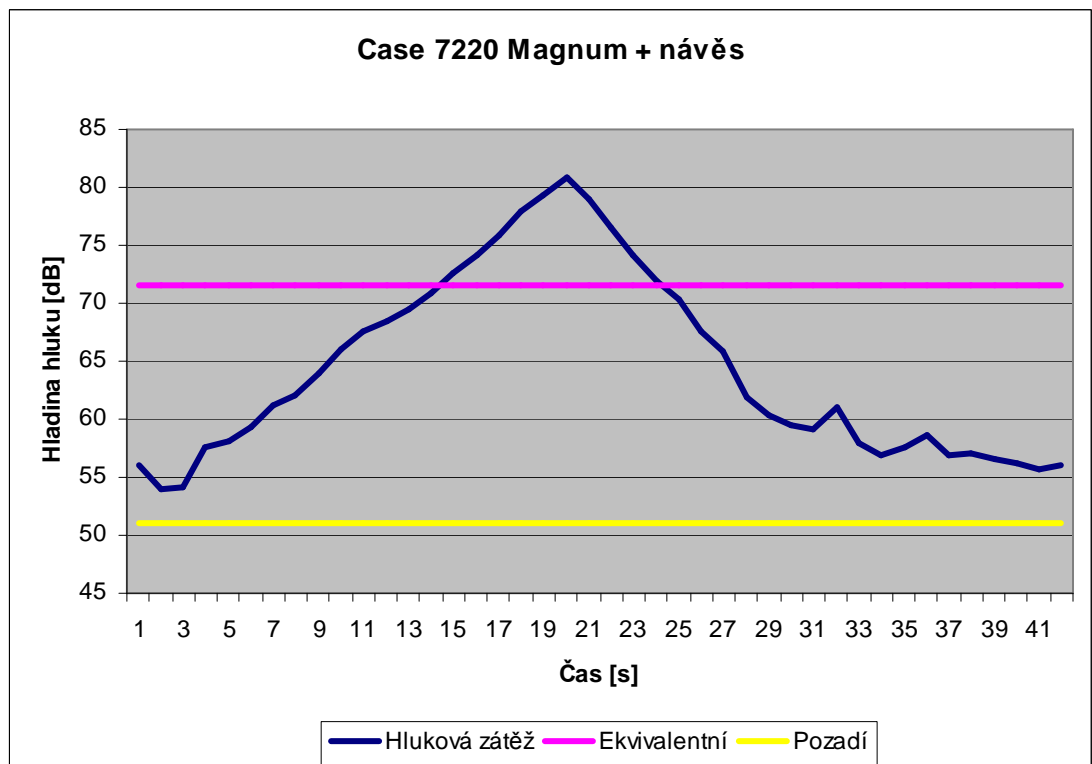
**Graf 7** – Sklízecí mlátička Case IH 8120



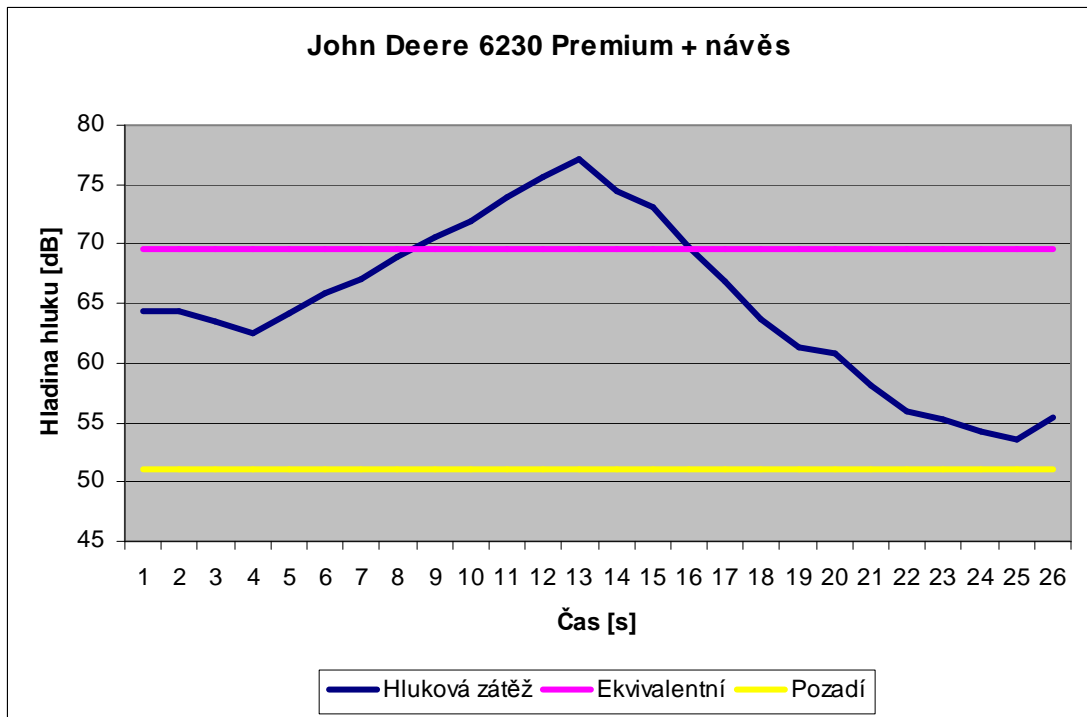
**Graf 8** – Sklízecí mlátička John Deere T660 Hillmaster



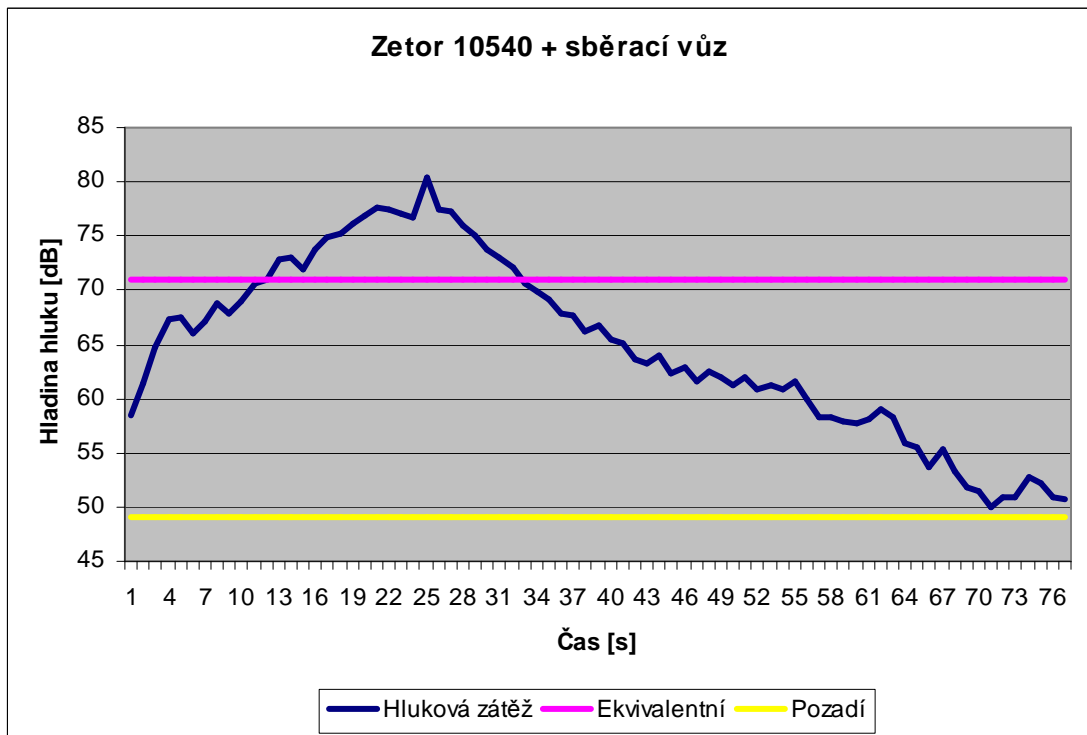
**Graf 9** – Traktor Case 7220 Magnum + návěs



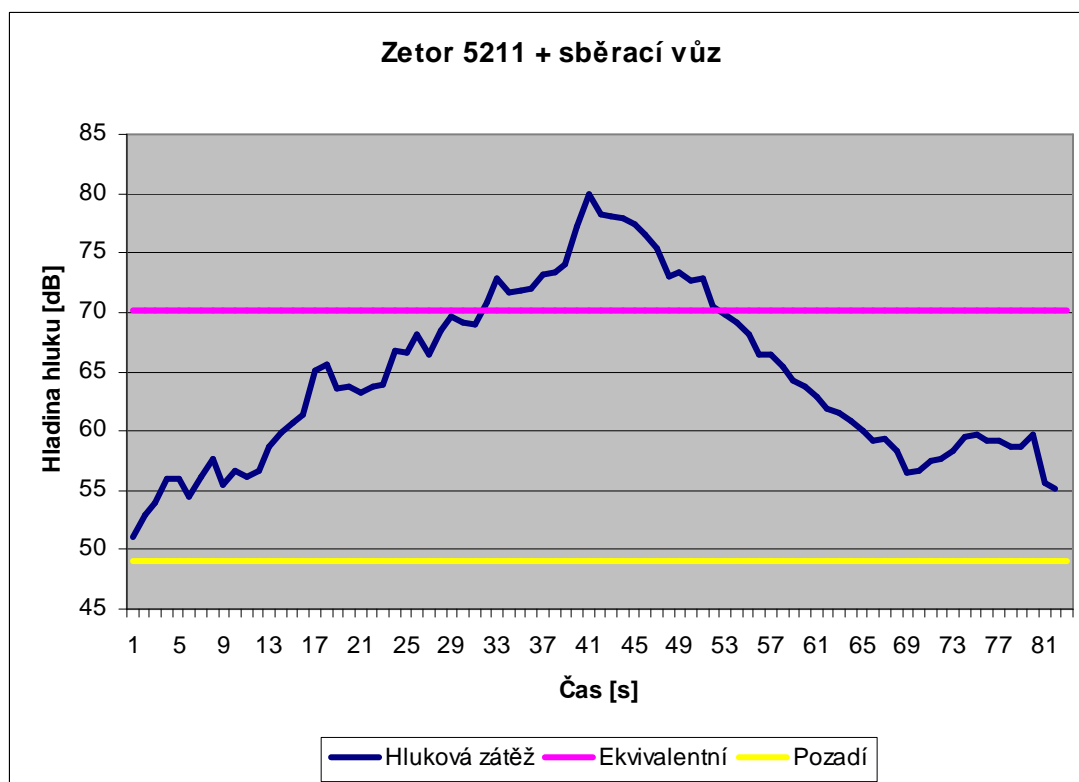
**Graf 10** – Traktor John Deere 6230 Premium + návěs



**Graf 11** – Traktor Zetor 10540 + sběrací vůz



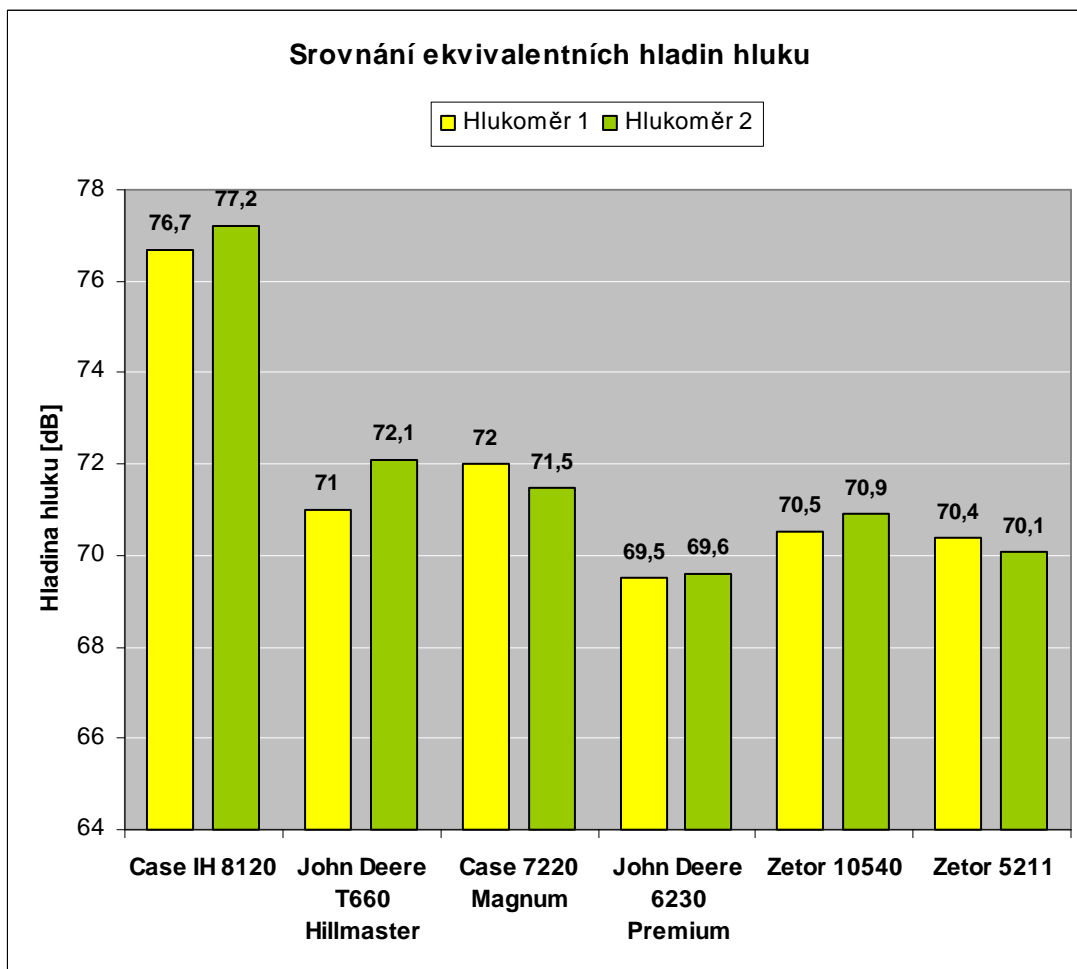
**Graf 12** – Traktor Zetor 5211 + sběrací vůz



## 5.2 Srovnání ekvivalentních hladin hluku

Toto srovnání vychází z hodnot ekvivalentních hladin hluku všech měřených strojů z prvního hlukoměru s hodnotami z druhého hlukoměru. Hodnoty se téměř nelišily, což je známka toho, že měření probíhalo korektně.

**Graf 13** – Srovnání ekvivalentních hladin hluku



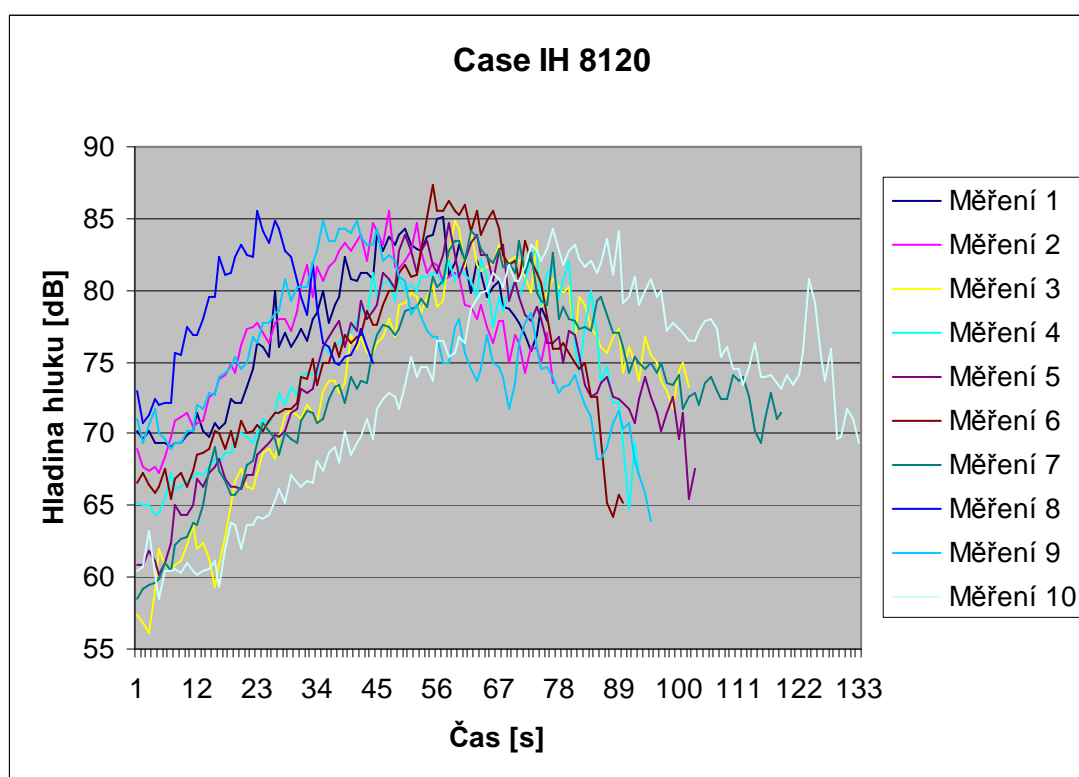
Graf srovnání ekvivalentních hladin hluku vychází z průměrných hodnot z obou hlukoměrů. Průměr byl vždy počítán z 10-ti měření daného stroje z každého hlukoměru. Ekvivalentní hladiny se většinou nelišily o více než 1 dB. Lze říci, že nejhluchnější byla sklízecí mlátička Case, následovala sklízecí mlátička John Deere, která měla srovnatelné hodnoty ekvivalentní hladiny hluku se soupravou traktor Case a návěs. Hladiny u souprav pro sběr slámy byly téměř identické, i když šlo o velmi rozdílné stroje. Nejméně hlučná byla souprava pro odvoz sklizeného zrna složená z traktoru John Deere a návěsu.



### 5.3 Srovnání hlukové zátěže jednotlivých strojů

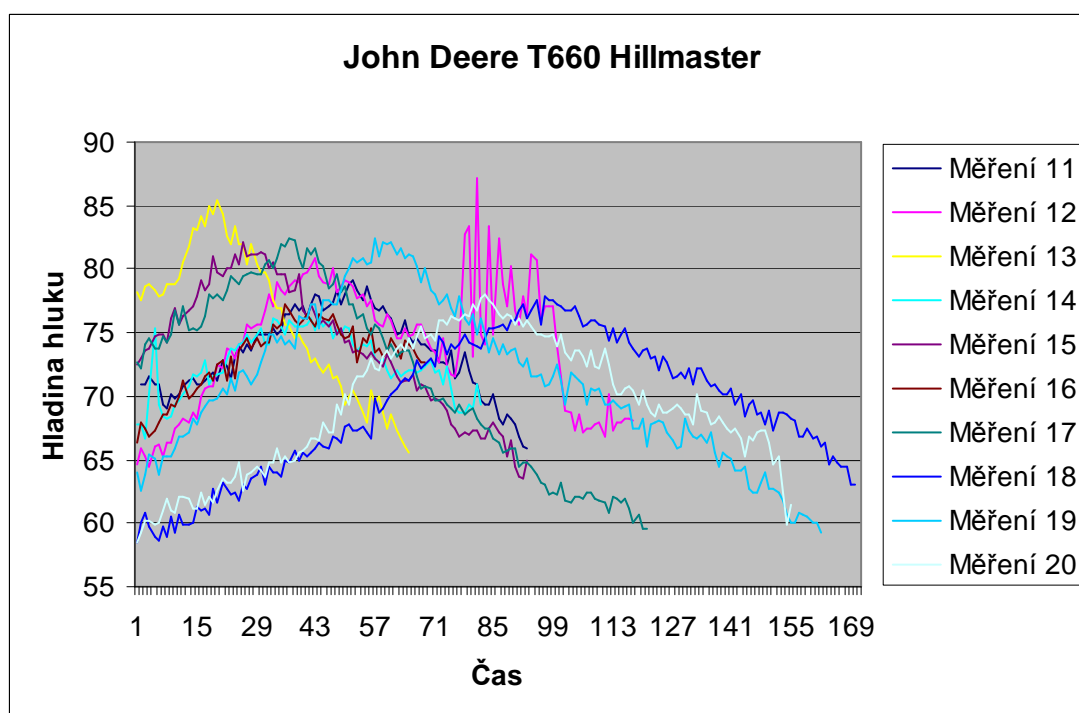
Grafy jednotlivých strojů jsou složeny z křivek jednotlivých měření pro daný stroj. Každý prostředek byl měřen 20x. V každém grafu se nachází 10 křivek z dílčích měření. Těmto grafům předcházelo zpracování dat z hlukoměrů. Křivky mají počátek vždy ve stejném bodě. Jelikož měření jednotlivých strojů neprobíhalo vždy stejně dlouho, délka křivek se značně liší. Měřil se jen průjezd stroje, který se mnohdy lišil o několik desítek vteřin.

**Graf 14** – Hluková zátěž Case IH 8120



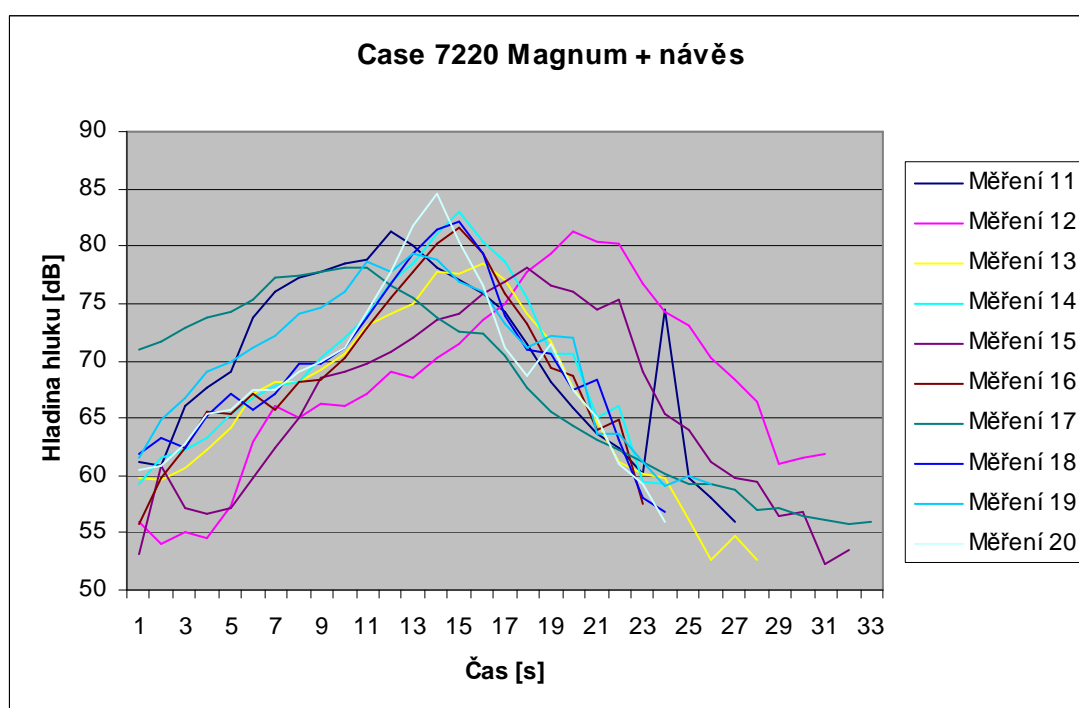
Graf 14 obsahuje hodnoty, které byly naměřeny hlukoměrem č. 1. Křivky hlukové zátěže jsou značně rozkmitané. Je to způsobeno hlukem celého stroje, hlavně hlukem motoru ale i hlukem lišty, dopravního ústrojí, mlátícího ústrojí, čistícího ústrojí atd. Měření probíhalo průměrně kolem 100 sekund. Pojezdová rychlost sklízecí mlátičky je přibližně  $4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Graf 15 – Hluková zátěž John Deere T660 Hillmaster**



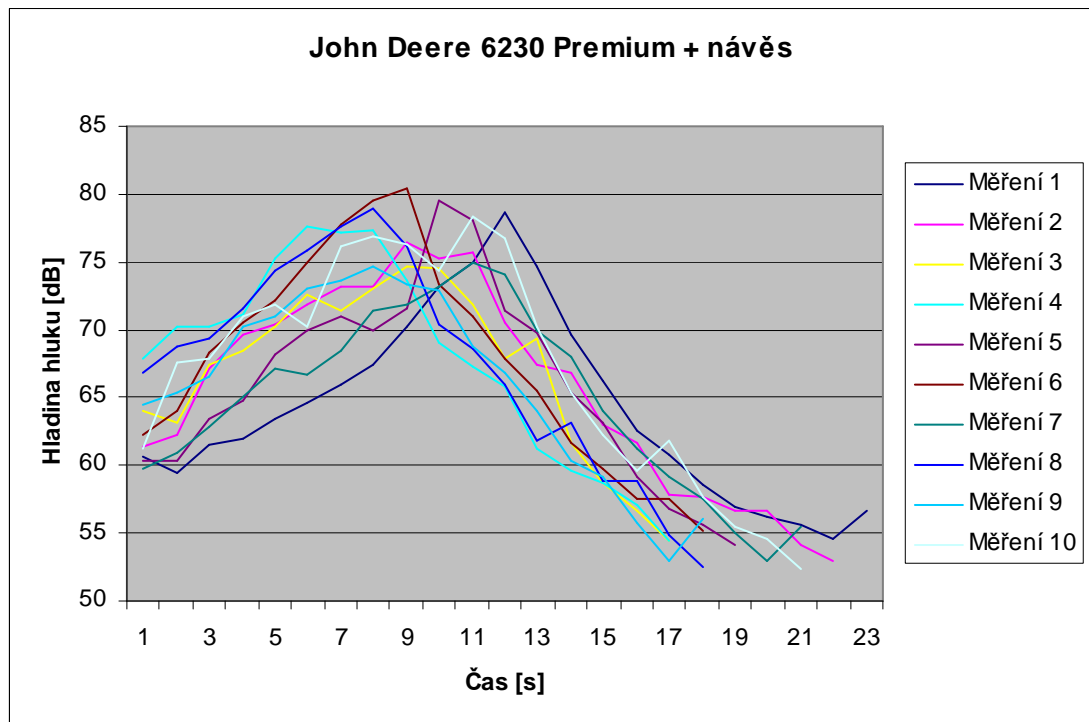
Pro zpracování tohoto grafu posloužily hodnoty z hlukoměru č. 2. Křivky jsou podobně jako u grafu 14 rozkmitané. Avšak rozkmity jsou výrazně menší, je to způsobeno jiným mláticím ústrojím, které je o poznání méně hlučnější. Měření probíhalo v rozsahu 100 sekund.

**Graf 16 – Hluková zátěž Case 7220 Magnum + návěs**



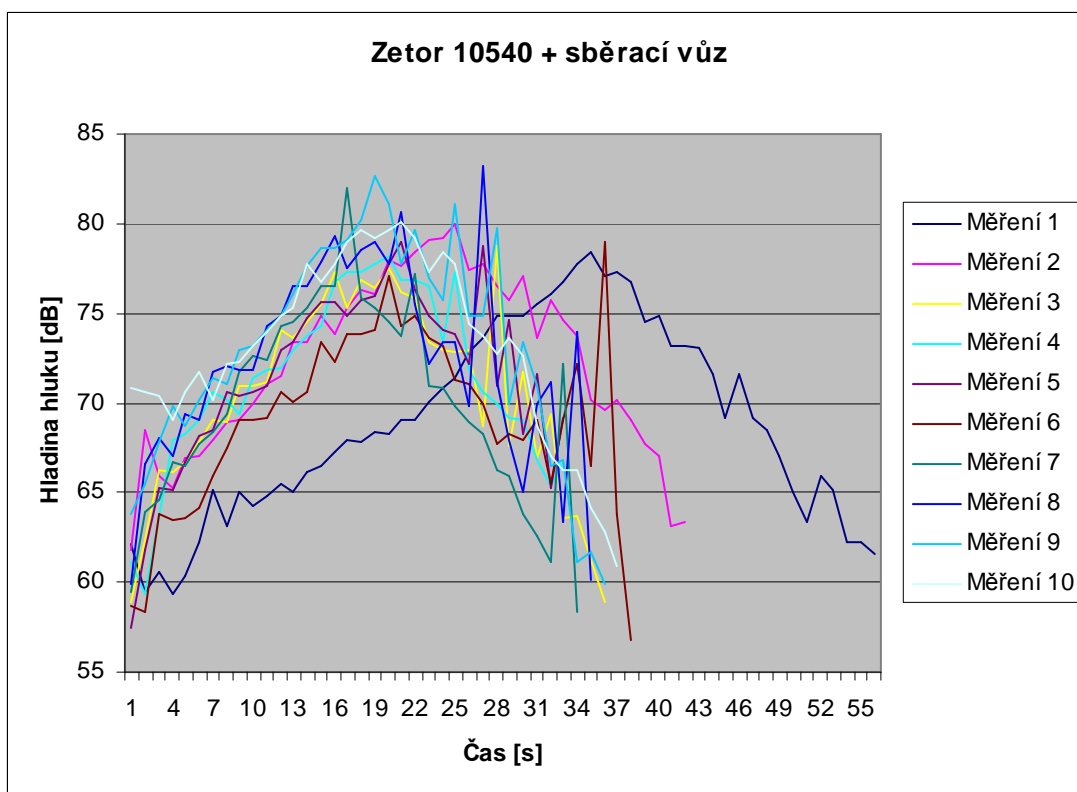
Tento graf obsahuje hodnoty z hlukoměru č. 2. Je v něm zaznamenáno 10 průjezdů stroje kolem hlukoměrů. Křivky hlukové zátěže mají proti sklízecím mlátičkám hladší průběh, protože traktor s návěsem nezpůsobuje vedlejší hluk jako je například hluk lišty nebo mlátícího ústrojí.

**Graf 17 – Hluková zátěž John Deere 6230 Premium + návěs**



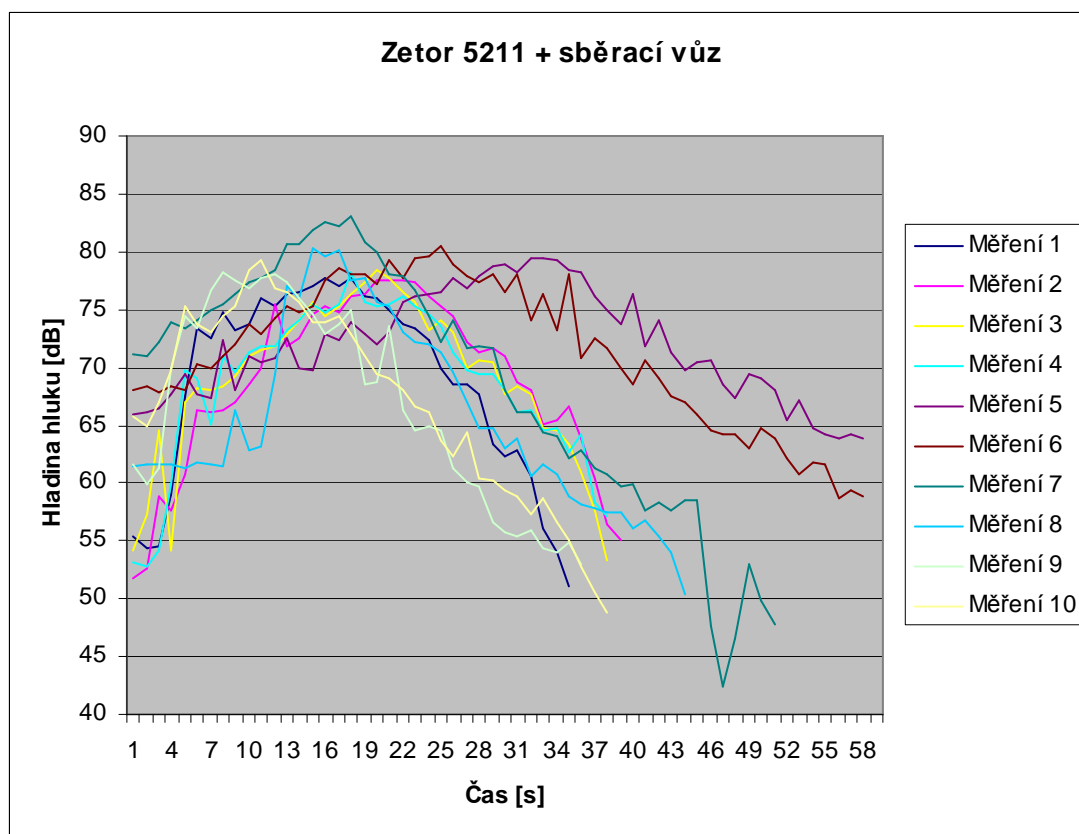
V grafu 17 je hluková zátěž traktoru s návěsem. Hodnoty pocházejí z hlukoměru č. 1. Křivky jsou také hladké jako u předchozího grafu. Měření probíhalo necelých 30 sekund, protože tento stroj se pohyboval po pozemku značnou rychlostí, odhadem  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Měření tohoto stroje probíhalo obtížně vzhledem k tomu, že jsem nechtěl zasahovat do kontinuity sklizně. Celkem měření této soupravy zabralo asi 1 hodinu.

**Graf 18 – Hluková zátěž Zetor 10540 + sběrací vůz**



Křivky hlukové zátěže traktoru se sběracím vozem jsou značně kolísavé. Toto kolísání způsobuje hluk sběracího vozu, především hluk sběracího ústrojí. Před průjezdem traktoru kolem hlukoměru, tedy část do maximálních hodnot, se projevuje hluk traktoru. Po projetí kolem hlukoměru se projevuje hlavně hluk sběracího vozu. V grafu jsou hodnoty z hlukoměru č. 1. Délka měření se v průměru pohybovala kolem 40 sekund. Přibližná rychlost této soupravy byla  $5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

**Graf 19** – Hluková zátěž Zetor 5211 + sběrací vůz



Stejně jakou předchozího grafu jsou křivky velmi kolísavé. Je to opět způsobeno hlukem sběracího vozu. I když v tomto případě i hlukem traktoru, který měl menší výkon a pracoval s větším zátěží, tedy se zvýšenou hladinou hlukové zátěže. Hodnoty jsou převzaty z hlukoměru č. 1, přičemž se měřilo asi 60 sekund.

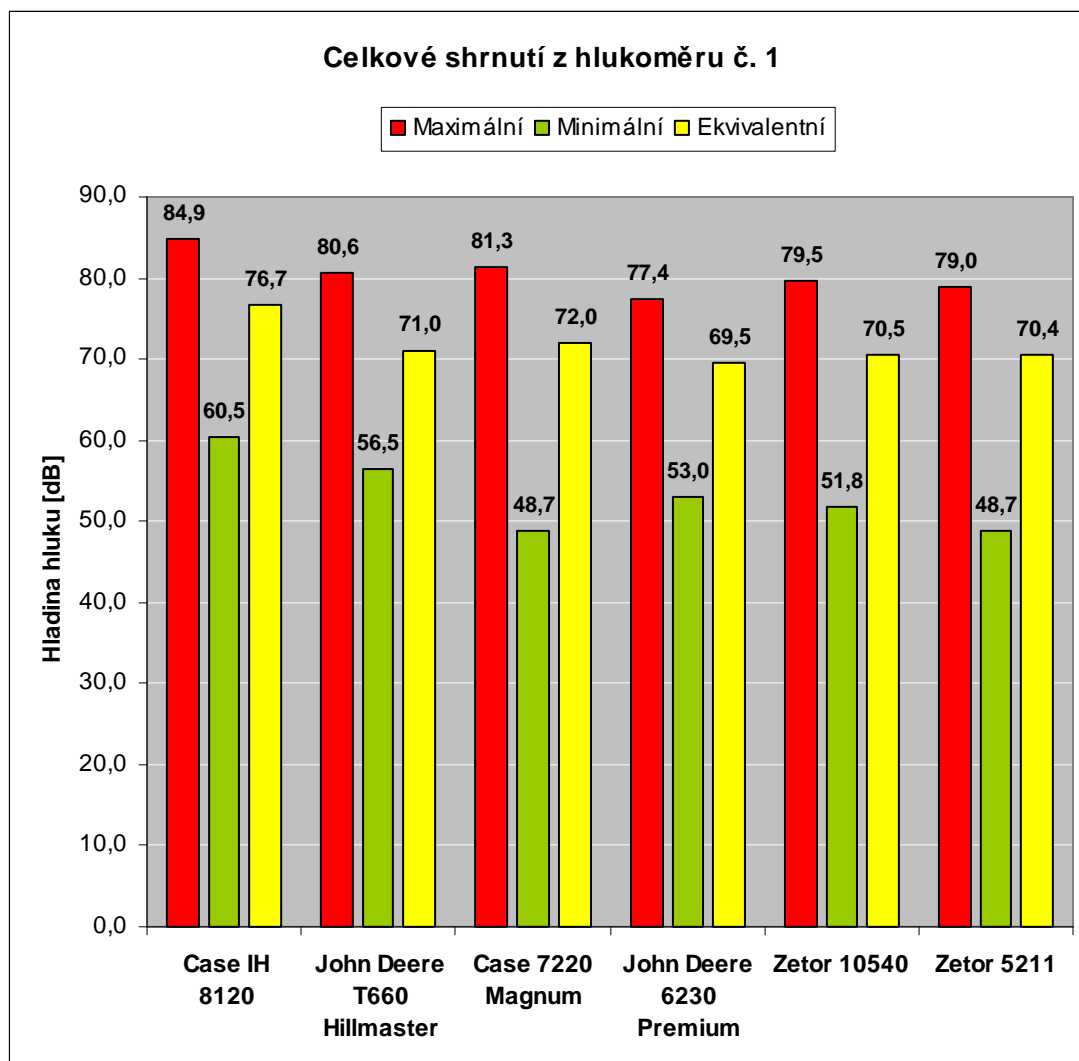
## 5.4 Celkové shrnutí hodnot

### 5.4.1 Shrnutí hodnot z jednotlivých hlukoměrů

V této části práce jsem se zhotovil graf souhrnných údajů pro každý hlukoměr. V grafu jsou zaznamenány jak naměřené tak i vypočtené hodnoty. Ve sloupcích jsou zaneseny maximální a minimální hodnoty hluku a ekvivalentní hladina hluku pro jednotlivé stroje. Minimální hladina hluku je vlastně hladina hluku v pozadí, jelikož se vždy měřilo až do chvíle, kdy byla tato hladina srovnatelná s hladinou pozadí.

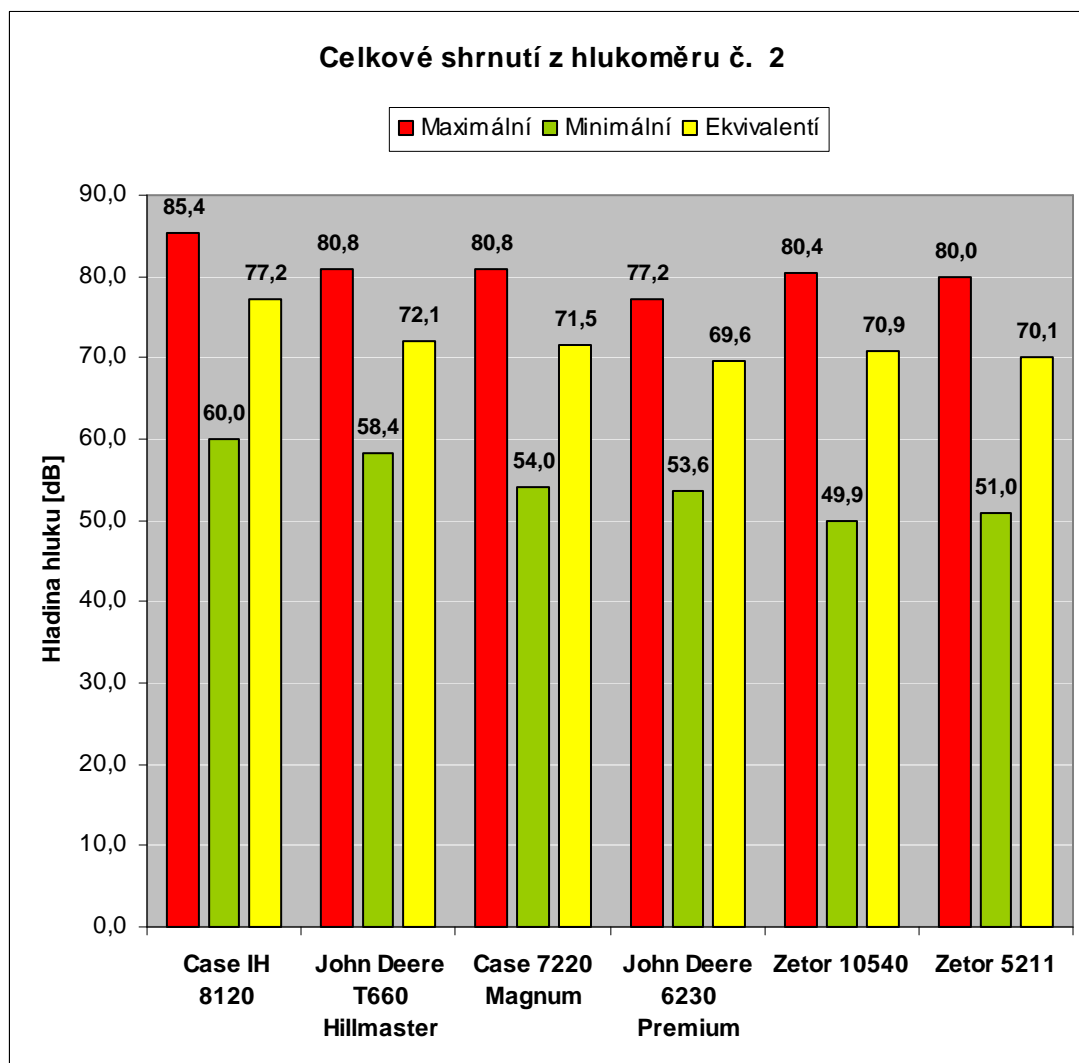
### Hlukoměr č. 1

**Graf 20** – Přehled hodnot z hlukoměru č. 1



## Hlukoměr č. 2

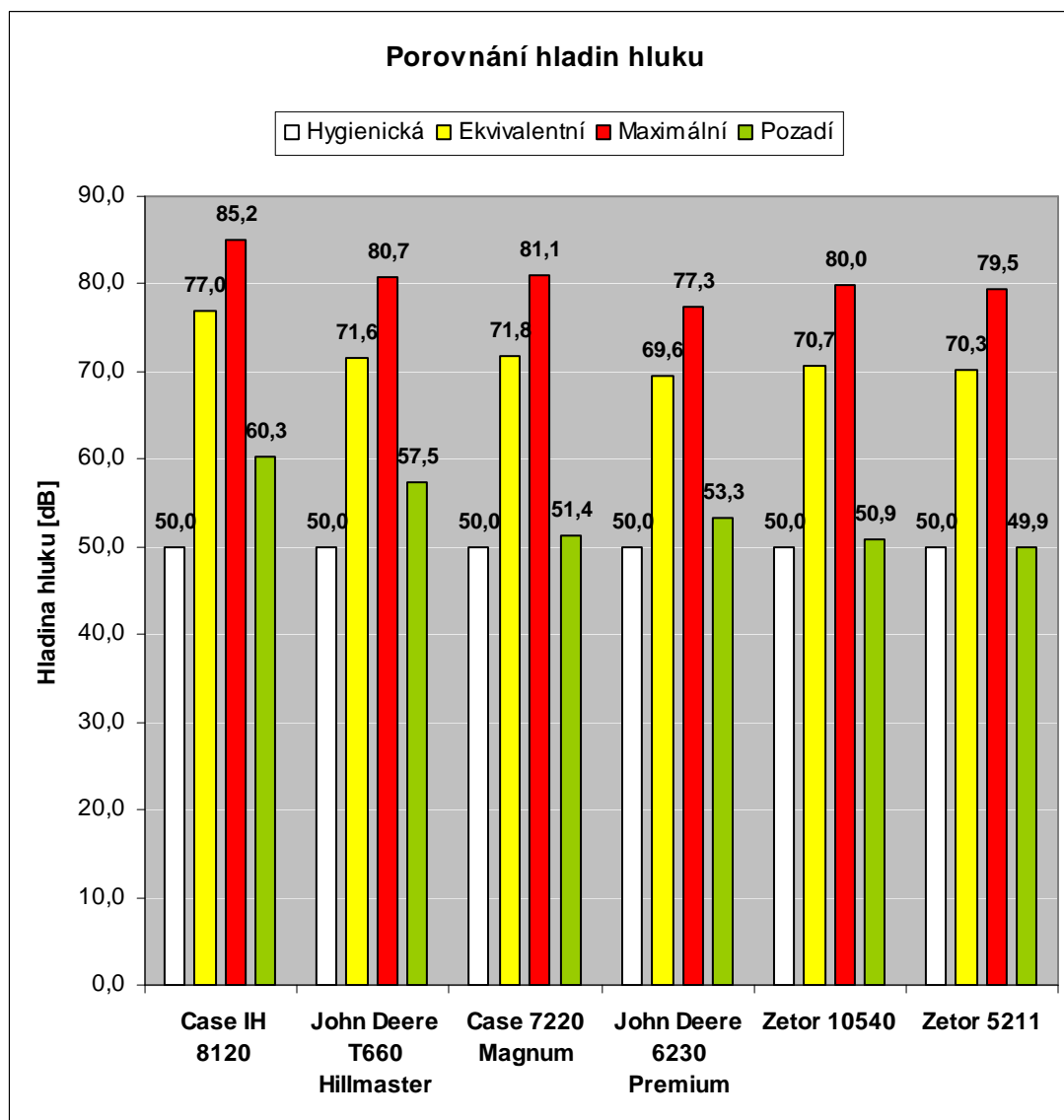
**Graf 21** – Přehled hodnot z hlukoměru č. 2



### 5.4.2 Celkové porovnání hodnot

V grafu 22 jsou uvedeny všechny průměrné hodnoty hladin hluku. Nalezneme tam ekvivalentní hladinu hluku pro jednotlivé stroje, která je vypočtena jako průměr z obou hlukoměrů. Dále maximální hodnoty hluku, které jsou také vypočteny ze všech naměřených hodnot z obou hlukoměrů. Hladina hluku pozadí je též průměr z měření, které probíhalo před vlastním měřením jednotlivých skupin strojů. Všechny tyto hladiny byly porovnány s hygienickým limitem ekvivalentní hladiny akustického tlaku, který je dle Nařízení vlády z roku 2011 stanoven na 50 dB v denní době.

Graf 22 – Celkové porovnání hladin hluku





## 6 ZÁVĚR

Zajímalo mě, jak moc ovlivňuje okolní prostředí hluk zemědělské techniky při sklizni obilnin. Zda se to někde negativně projevuje. Po provedení měření jsem zjistil, že hluková zátěž není tak vysoká jak by se mohlo zdát. Přímou při sklizni obilnin se projevuje hluk především sezóně. To znamená, že přibližně 1 měsíc v roce připadá na sklizeň. Záleží také na klimatických podmínkách a možnostech podniku. Když bude na sklizeň navazovat například sušička obilí, bude to znamenat, že sklízecí mlátičky budou moci vyjet o 2 hodiny dříve a pracovat o 2 hodiny déle. Což bude mít nejspíše pozitivní vliv na prostředí, protože se tím zkrátí doba trvání nadměrného hluku. Nutno však dodat, že by sklizeň probíhala denně asi o 4 hodiny déle než normálně a to by mohlo mít také i negativní vliv.

Měřený hluk, byl pro lepší porovnávání a pro větší přesnost, zaznamenáván dvěma hlukoměry, které byly spouštěny současně. Avšak křivky hlukoměrů se lišily, především proto, že při spuštění měření byl první hlukoměr cca o 10 metrů blíže k měřenému stroji než druhý hlukoměr. Na druhou stranu po projetí stroje a při skončení měření byl první hlukoměr o 10 metrů dále od stroje než hlukoměr druhý. Z grafů tedy může být lehce patrné, že křivky u prvního hlukoměru mají kratší a razantnější nástup hluku ale pozvolnější ústup. Kdežto křivky u druhého hlukoměru mají pozvolnější nástup ale kratší a strmější ústup. Avšak neplatí to vždy, záleželo na okamžitých klimatických podmínkách.

Měřené stroje jsem si záměrně vybral tyto. U sklízecích mlátiček jsem porovnával, jaké mají mlátící ústrojí. Existují dva hlavní typy mlátícího ústrojí, axiální a tangenciální. Sklízecí mlátičku s axiálním mlátícím ústrojím a technologií Axial-Flow® jsem zvolil Case IH 8120 a sklízecí mlátičku s tangenciálním mlátícím ústrojím s 5-ti vytrásadlovým mechanismem jsem zvolil John Deere T660 Hillmaster. Po provedeném měření jsem došel k závěru, že sklízecí mlátička s axiálním mlátícím ústrojím je hlučnější než s tangenciálním. Maximální hodnota hluku u sklízecí mlátičky Case byla v průměru o 4,5 dB vyšší. Ekvivalentní hladina hluku byla také o 5,4 dB vyšší u této mlátičky.

Dále jsem porovnával traktory s velkoobjemovými návěsy pro odvoz sklizeného zrna. Zde jsem také porovnával stroje značky Case a John Deere. Přesněji šlo o stroje Case 7220 Magnum a John Deere 6230 Premium. Bohužel,

tyto traktory se lišily nejen rokem výroby ale i výkonem. Zde jsem došel k závěru, který je celkem logický, že traktor s vyšším výkonem a dřívějším rokem výroby bude hlučnější než traktor s nižším výkonem a pozdějším rokem výroby. Roli také hrálo to, že výkonnější traktor nemusel využívat plný výkon pro odvoz, kdežto traktor s menším výkonem musel pracovat pod větším zatížením. Hodnoty se tedy tolik nelišily, průměrně dosahoval Case vyšších maximálních hodnot hluku o 3,8 dB než John Deere. Ekvivalentní hladina hluku se již lišila méně, průměrně o 2,2 dB ve prospěch John Deere.

Poslední měřené stoje byly traktory se sběracími vozy. Pro porovnání posloužily traktory tuzemské výroby a to značky Zetor. Měřen byl Zetor 10540 a Zetor 5211. Po vyhodnocení měření vyplývá, že oba traktory, byť mají rozdílné výkony, mají téměř shodnou ekvivalentní hladinu hluku. V těchto měřeních ovlivňoval situaci i hluk sběracího vozu, který byl celkem značný a měření hluku traktoru bylo tímto hlukem zkresleno. Grafy těchto strojů vykazovaly nestálé hodnoty hluku, které byly způsobené právě sběracími vozy. U sběracích vozů hraje roli i jejich naplnění. Sběrací vůz, který je prázdný, nepůsobí na traktor takovou zátěží jako téměř naplněný vůz. Traktor Zetor 10540 byl průměrně o 0,5 dB hlučnější jak v maximálních hodnotách hluku, tak i v ekvivalentní hladině hluku. Rozdíl 0,5 dB je celkem zanedbatelný.

Hodnoty hladin hluku jsem porovnal s hygienickým limitem ekvivalentní hladiny akustického tlaku, který je dle Nařízení vlády ze dne 24. srpna 2011: O ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, stanoven na 50 dB v denní době. Tento hygienický limit byl překročen již při měření hladiny hluku v pozadí.

Dále jsem porovnal naměřené a vypočtené hodnoty se směrnicí Evropské unie č. 2009/63/ES o určitých konstrukčních částech a vlastnostech kolových zemědělských a lesnických traktorů. V této směrnici se uvádí, že hladina akustického tlaku nenaloženého traktoru přesahující 1,5 t., by neměla přesáhnout hodnotu 89 dB. Tuto hodnotu mnou měřené traktory nikdy nepřesáhly, ani když pracovaly pod značným zatížením. Z toho vyplývá, že i téměř 30 let starý traktor plní tuto směrnici bez jakýchkoliv úprav. Není tedy nutné zajišťovat prostředky ke snížení hluku.

## 7 PŘÍLOHY



**Obrázek 13** – Sklízecí mlátička Case IH 8120 a traktor Case 7220 Magnum s návěsem



**Obrázek 14** – Sklízecí mlátička Case IH 8120 a traktor John Deere 6230 s návěsem



**Obrázek 15** – Traktor Zetor 10540 se sběracím vozem, obsluha a hlukoměr



**Obrázek 16** – Sklízecí mlátička John Deere T660 Hillmaster a hlukoměr



**Obrázek 17** – Obsluhování hlukoměru



**Obrázek 18** – Traktor Zetor 5211 se sběracím vozem a obsluha hlukoměru

## 8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice [online]. 17.3.2011. [cit. 2012-12-26]. Dostupné z: [http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env\\_fyzika/EF\\_02.pdf](http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf)
- [2] Co je to zvuk. In: Multimédia [online]. [2008] [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: [http://195.178.89.121/mm/k\\_2\\_1.htm](http://195.178.89.121/mm/k_2_1.htm)
- [3] Zdroje zvuku. In: Zvuk [online]. 2012- [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.zvukostroj.estranky.cz/clanky/zdroje-zvuku/>
- [4] **MEDVECOVÁ**, Ivana. GREIF-AKUSTIKA, s.r.o. Základy akustiky: Příručka pro začátečníky. www.greif.cz, 1.11.2011. Dostupné z: <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>
- [5] Šíření zvuku. In: Techmania: Edutorium [online]. 2008- [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: [http://www.techmania.cz/edutorium/art\\_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=416b757374696b61h&key=662](http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=416b757374696b61h&key=662)
- [6] **KAŇKA**, Jan. Stavební fyzika 1: akustika budov. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 120 s. ISBN 978-80-01-03664-8
- [7] EKOLOGICKÝ PRÁVNÍ SERVIS. Hluk ve vnějším prostředí: Právní rádce občana obtěžovaného hlukem. <http://hluk.eps.cz> , 31.8. 2007. Dostupné z: [http://hluk.eps.cz/files/Hluk\\_brozura.pdf](http://hluk.eps.cz/files/Hluk_brozura.pdf)
- [8] Ultrazvuk a Infrazvuk. In: CSICSO, František. Akustika pro střední školy [online]. 2009 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://akustika.ic.cz/htmls/hlad.html>
- [9] Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: 258/2000 Sb. 2000, roč. 2000, 74. Dostupné z: [http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/258000/Sb\\_258000\\_-----\\_.php](http://www.pravnipredpisy.cz/predpisy/ZAKONY/2000/258000/Sb_258000_-----_.php)
- [10] **SEDLÁČEK**, Karel. Akustické izolace v příčkách. In: Isover Saint Gobain: Nejširší nabídka tepelných, zvukových a protipožárních izolací [online]. [2012-] [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/data/imgs/01013s.jpg>

- [11] Nařízení vlády č. 88/2004 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 88/2004 Sb. 2004, roč. 2004, 27. Dostupné z:  
<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=4331>
- [12] Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. In: 272/2011 Sb. 2011, roč. 2011, 97. Dostupné z:  
<http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=6014>
- [13] SMETANA, Ctirad. Hluk a vibrace. Měření a hodnocení. 1. vyd. Praha: Sdělovací technika, 1998, 188 s. ISBN 80-901-9362-5
- [14] Decibel. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-03-26]. Dostupné z:  
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Decibel>
- [15] Hluk jako vnější projev provozu zemědělské techniky. In: ŠÍSTKOVÁ, Marie a PETERKA, Alois. AGROTECH NITRA 2002: Sborník z mezinárodní vědecké konference. Nitra: SPU, 2002, s. 321-322. ISBN 80-8069-097-9
- [16] Hluk v zemědělství a lesnictví. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. 1998-2013 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z:  
<https://osha.europa.eu/cs/sector/agriculture/noise>
- [17] NOVÝ, Richard. Hluk a chvění. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.
- [18] Hluk z motorů a pneumatik. Hluk & Emise [online]. 2007- [cit. 2013-03-26]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/hluk-z-motoru-a-pneumatik/>
- [19] Snižování hluku a protihluková opatření. In: Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. 2005 [cit. 2013-03-26]. ISSN 1725-7018. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/publications/factsheets/5>
- [20] BASRUR, Sheela V. Health Effects of Noise. City of Toronto Community and Neighbourhood Services Toronto Public Health Promotion and Environment Protection Office, 2000. [cit. 2013-03-26]. Dostupné z:  
<http://greylit.pbworks.com/f/Health+Effects+of+Noise+2000.pdf>