

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Zemědělská technika – obchod, servis a služby

Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, PhD.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Hluk z kompostáren

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Šístková, CSc.

Autor bakalářské práce: Ladislav Kraus

České Budějovice, 2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ladislav KRAUS**  
Osobní číslo: **Z12188**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Zemědělská technika: obchod, servis a služby**  
Název tématu: **Hluk z kompostáren**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

V práci proveďte literární rešerši na téma kompostování, kompostárny, využití kompostů, hluk a jeho šíření, zdroje hluku v kompostárnách.

V praktické části proveďte měření hladiny akustického tlaku na hranicích pozemku kompostárny a v jejích blízkém okolí.

Zaměřte se na:

1. Charakteristiku kompostárny (kapacita, druh kompostovaného odpadu, mechanizační prostředky) a okolního prostředí.
2. Vhodnou volbu míst měření hluku (místo příjmu) - především na hranici a v určité vzdálenosti za hranicí pozemku kompostárny a jejich vyznačení do půdorysného schématu kompostárny.
3. Měření hlukových hladin  $L_A$  při provozu mechanizačních prostředků kompostovací linky a sledování délky doby trvání hluku.
4. Vyhodnocení naměřených hodnot (výpočet ekvivalentní hladiny akustického tlaku  $L_{Aeq,T}$  a jejich grafické zpracování.
5. Porovnání zjištěných ekvivalentních hladin s přípustnými hygienickými limity, případný návrh protihlukových opatření na zlepšení současného stavu.



Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 50 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná  
Seznam odborné literatury:

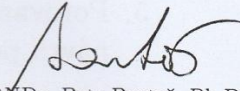
Kalina, M.: Kompostování a péče o půdu. Grada Publishing, 2004;  
Šťastná, J.: Rostoucí ceny nahrávají většímu využití kompostů. Časopis Odpady, 2008, č.12, s. 7-8;  
Barth, J. a kroeger, B.: Composting, Quality Assurance and Compost Utilisation in Europe. IN: Proceedings from R'99 Congress (Recovery, Recycling, Re-integration), 1999.  
<http://www.environmental-expert.com/articles/article709/article709.htm>;  
Dřímál, J.: Biologicky rozložitelný odpad. Bakalářská práce, VUT Brno, 2012;  
Günther, B., Hansen, K. H., Veit, I.: Technische Akustik - Ausgewählte Kapitel. Grundlagen, aktuele Probleme und Messtechnik. 8. auflage, Expert Verlag, Renningen, 2008;  
Nový, R.: Hluk a chvění. ČVUT, Praha, 1995;  
Smetana, C. a kol.: Hluk a vibrace, měření a hodnocení. Praha, Sdělovací technika, 1998;  
Metodický návod pro měření a hodnocení hluku v mimopracovním prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, Praha 2001, č.j. HEM -300-11.12.01-34065.

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

Datum zadání bakalářské práce: 14. ledna 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

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

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

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

V Českých Budějovicích dne 18. března 2014

## **Prohlášení autora**

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

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

V Českých Budějovicích dne .....

.....

vlastnoruční podpis autora

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat Ing. Marii Šístkové, CSc. za odbornou pomoc při zpracování bakalářské práce.

## **Abstrakt**

První část této bakalářské práce je věnována teoretickým poznatkům na téma kompostování, kompostárny, využití kompostu, hluk a jeho šíření. Ve druhé části jsem se zaměřil na měření hluku v kompostárně nedaleko města Dobřany.

Klíčová slova:

Kompost, kompostování, humus, odpad, hluk

## **Abstrakt**

First part of this bachelor thesis is focused on composting, composting facility, utilization of compost, noise and spreading of noise. Second part is focused on measurement of noise in composting facility near the town of Dobřany.

Key words:

Compost, composting, humus, waste, noise

## Obsah

1	Úvod.....	9
2	Literární přehled .....	9
2.1	Legislativa .....	9
2.2	Tvorba a význam humusu .....	10
2.3	Hnití a tlení .....	11
2.4	Složení výchozího materiálu .....	12
2.5	Vlhkost a provzdušňování .....	12
2.6	Hodnota pH .....	13
2.7	Přídavek půdy.....	13
2.8	Promíchání.....	14
2.9	Tma a teplo .....	15
2.10	Fáze procesu kompostování .....	15
2.10.1	Fáze rozkladu .....	15
2.10.2	Fáze přeměny .....	15
2.10.3	Fáze syntézy (zralosti).....	16
2.11	Využití kompostů .....	16
2.12	Způsoby kompostování .....	17
2.12.1	Kompostování na volné ploše .....	18
2.12.2	Kompostování v pásových hromadách .....	18
2.12.3	Kompostování v plošných hromadách .....	19
2.12.4	Kompostování v uzavřených nebo polouzavřených zařízeních .....	20
2.12.5	Kompostování v bioreaktorech .....	21
2.12.6	Kompostování v boxech.....	22
2.12.7	Kompostování ve vacích .....	23
2.12.8	Vermikompostování .....	26
2.13	Typy komunitních/obecních kompostáren dle kapacity a způsobu provozování .....	27
2.14	Technické vybavení kompostáren .....	28
2.14.1	Drtiče a štěpkovače .....	28
2.14.2	Překopávače kompostu.....	31
2.15	Definice hluku .....	36
2.16	Účinky hluku na člověka .....	36
2.17	Jak vlastně hluk poškozuje sluch.....	37

2.18	Rychlost šíření zvuku: .....	37
2.19	Způsob šíření zvuku v reálném prostředí: .....	37
2.19.1	Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu .....	38
2.19.2	Útlum zvuku vlivem větru, teplotních gradientů, turbulencí a přízemního efektu .....	38
2.19.3	Útlum zvuku vlivem překážek .....	39
2.20	Zdroje hluku z kompostáren .....	39
2.20.1	Hluk v pracovním prostředí .....	40
2.20.2	Hluk pístových strojů .....	40
2.20.3	Hluk ozubených převodů a převodových skříní.....	40
2.21	Ekvivalentní hladina akustického tlaku A .....	40
3	Cíl práce .....	42
4	Metodika .....	43
4.1	Použité přístroje.....	43
4.2	Kalibrace .....	43
4.3	Postup měření .....	44
4.4	Popis stanovišť pro měření.....	44
4.5	Charakteristika kompostárny.....	46
4.6	Technické vybavení kompostárny .....	46
5	Výsledky .....	49
5.1	Měření stanoviště 1 .....	49
5.2	Měření stanoviště 2 .....	51
5.3	Měření stanoviště 3 .....	53
5.4	Měření stanoviště 4 .....	55
5.5	Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku .....	57
6	Diskuse.....	58
7	Závěr .....	59
8	Seznam použité literatury : .....	60
9	Přílohy.....	63



# 1 Úvod

Kompost je nejstarším a nejpřirozenějším prostředkem ke zlepšování půdy, který známe. Připravuje se z organických odpadů z domácnosti a ze zahrady a je významným příspěvkem k udržení zdravé půdy a k výživě rostlin. Kompostování ve vlastní zahradě je také praktickým odstraňováním odpadů, a proto významně přispívá k ochraně životního prostředí.

Je známo, že velké množství organických zbytků se často nerozvázněně ničí, ačkoliv by mohly jako kompost podporovat úrodnost půdy v našich zahradách. Omezený prostor na skládkách je přeplněn látkami, které tam mnohdy nepatří.[2]

Sama příroda si dokáže se všemi rostlinnými i živočišnými zbytky hravě poradit. Hlavní roli zde však hraje čas. Všechny biologicky rozložitelné suroviny postupně zpracuje a následně dochází k tvorbě humusu, který napomáhá růstu dalších rostlin a celý koloběh se tak uzavírá. Ke komplikovanější situaci dochází na kultivovaných plochách ve městech a obcích, kde člověk do tohoto koloběhu zasahuje svojí činností. Jedná se zejména o pravidelné sečení trávy, prořezávání stromů, udržování záhonů a parkových ploch. Následně je třeba všechny tyto biologicky rozložitelné zbytky rostlin odklidit a zpracovat mimo tuto plochu. Jedním z nejlepších způsobů, jak se šetrně k životnímu prostředí zbavit zbytků z údržby zeleně, je tzv. komunitní kompostování.[8]

## 2 Literární přehled

### 2.1 Legislativa

Legislativní rámec týkající se celého komplexu řešení bio odpadu je značně rozsáhlý, neboť se dotýká širokého okruhu odvětví nejen odpadového hospodářství, ale také energetiky, zemědělství, ovzduší, vodního hospodářství apod. Z tohoto důvodu jsou v příručce uvedeny jen nejdůležitější právní normy:

Zákon o odpadech (185/2001 Sb.) upravuje požadavky na komunitní kompostování v obci, malá zařízení, povinnosti při nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Podrobnosti a technické podklady, včetně způsobů využívání kompostu mimo zemědělskou půdu se nacházejí v prováděcím právním předpise. Vyhláška o podrobnostech nakládání s BRO (341/2008 Sb.).

Zákon o hnojivech (156/1998 Sb.) upravuje použití kompostu na zemědělskou půdu.

Složkové zákony předcházejí ohrožení jednotlivých složek životního prostředí vlivem zpracování bio odpadů: Zákon o vodách (254/2001 Sb.), Zákon o ochraně ovzduší (86/2002 Sb.), Zákon o ochraně zemědělského půdního fondu (231/1999 Sb.).

Nařízení ES o vedlejších živočišných produktech (1774/2002) specifikuje hygienické a technické požadavky při zpracování materiálů živočišného původu.

Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství (197/2003 Sb.) ukládá mimo jiné povinnost:

Snížit maximální množství BRKO ukládaných na skládky tak, aby podíl této složky činil:

v roce 2010 nejvíce 75 % hmotnostních, v roce 2013 nejvíce 50 % hmotnostních, v roce 2020 nejvíce 35 % hmotnostních z celkového množství BRKO vzniklého v roce 1995.

Vytvářet podmínky k oddělenému shromažďování jednotlivých druhů BRO vznikajících v domácnostech, úřadech, živnostech a průmyslu.

Podpořit zejména výstavbu kompostáren, zařízení na anaerobní rozklad a mechanickobiologickou úpravu těchto odpadů.

Upřednostňovat zejména kompostování a anaerobní rozklad BRO s využitím výsledného produktu zemědělství, rekultivací, úpravě zeleně, případně odpady upravovat na palivo nebo energeticky využívat.

Dodržovat důsledně požadavek zákazu skládkování odděleně vytříděných BRO s výjimkou řešení mimořádných událostí.[18]

## **2.2 Tvorba a význam humusu**

V přírodě probíhají nepřetržitě procesy rozkladu a přeměny látek. V tomto koloběhu nevznikají žádné odpady. Ročně podléhá přeměně velké množství odumřelého rostlinného materiálu. Spadané listí, odumřelé větve a jiné rostlinné části jsou zdrojem výživy pro miliony organismů v půdě. Tyto organismy, ke kterým patří bakterie, řasy, houby, svinky, stonožky, hmyz, jeho larvy a další, jsou specializované

na rozklad a přeměnu organických zbytků a mění je na humus. Velmi důležité jsou žížaly, které konzumují směs organických zbytků se zeminou a zaživačím ústrojí je mění na jílovitohumusový komplex. Žížaly takto na 1 ha plochy ročně zpracují 25 t hmoty.

Humus je základem přirozené úrodnosti půdy. Živiny vázané na humusové částice se nevyplavují vodou a jsou dobře přístupné rostlinám v době, kdy je právě potřebují. Živiny obsažené v odumřelých částech rostlin jsou takto činností půdních organismů zachycovány a předávány opět rostlinám. Koloběh se uzavírá.

Nejdůležitější vlastnosti humusu pro půdu a rostlinu jsou následující:

- a) pomalé uvolňování dusíku a fosforu,
- b) rozpouští živiny pro rostliny z půdních minerálů,
- c) zlepšuje výživu rostlin stopovými prvky,
- d) má vysokou výměnnou kapacitu pro kationy,
- e) zlepšuje strukturu půdy,
- f) zlepšuje jímavost půdy pro vodu,
- g) tmavá barva půdy zlepšuje záhřevnost půdy,
- h) větší biologická aktivita,
- i) určité složky humusu mají charakter stimulantů růstu,
- j) snižuje toxicitu přírodních jedovatých látek a také pesticidů,
- k) zvyšuje pufrovací (tlumicí) kapacitu půdy.

### **2.3 Hnití a tlení**

Jsou dvě možnosti, jak se může rozkládat organická hmota – hnitím (za nepřístupu vzduchu) a tlením (za přístupu vzduchu).[2]

V každém z nich figurují jiné druhy bakterií a vytvářejí se jiné látky. Pokud bude náš kompost tlít, bude k tomu potřebovat vzdušný kyslík a bude se uvolňovat především voda, oxid uhličitý a metan. Hnití je pro nás již mnohem méně vhodné, sice dojde také k rozkladu organické hmoty, ale bude vznikat především metan, čpavek a sirovodík. Proto to co hnije, má velmi nepříjemný zápach. Hnití probíhá bez přístupu vzduchu.[19]

## 2.4 Složení výchozího materiálu

V zásadě bychom se měli snažit, abychom do kompostu použili co nejvíce různých materiálů. Čím pestřejší je výchozí směs, tím lepší je konečný produkt! Při složení respektujeme poměr C:N – tedy poměr uhlíku k dusíku. Optimální by byl poměr v rozmezí 20 až 30 : 1 (tedy 20 až 30krát více uhlíku než dusíku ve výchozím materiálu). Čím lépe se nám tento poměr předem podaří dodržet, tím lépe a rychleji probíhá také tlení, především jsou podstatně menší ztráty. Při nadbytku dusíku uniká „nadměrná“ živina ve formě čpavku do vzduchu (ztráta!), dokud není poměr C : N optimální. To lze potom poznat nejčastěji intenzivním zápachem čpavku, což se často vyskytuje v kompostech z drůbežního trusu. Obdobné je to i s uhlíkem. Při nadbytku uniká do vzduchu ve formě oxidu uhličitého.[2]

Do kompostu můžeme dát prakticky jakýkoli rostlinný odpad. Jedná se o posekanou trávu, rostlinné zbytky z kuchyně (různé slupky, ohryzky, nahnílá zelenina, natě a další), listí, ořezy keřů, drcené větve, nahnílé ovoce, různé natě (od rajčat, česneku, cibule, zelí, okrasných rostlin atd.) a další organické přírodní zbytky. Co naopak do kompostu rozhodně nepatří jsou jakékoli plasty, kovy, papír (kvůli těžkým kovům obsaženým v barvách a dalších příměsích), sklo, dřevotříska a jakékoli další materiály obsahující těžké kovy, polycyklické aromatické uhlovodíky jako formaldehyd, PCB, dioxiny a podobně, jakékoli ropné produkty, fekálie, saponáty a další.[19]

## 2.5 Vlhkost a provzdušňování

Základním předpokladem správného kompostování je udržení přiměřené vlhkosti kompostové hromady na počátku a během celého procesu. Tato vlhkost je závislá zejména na pórovitosti zpracovávaného materiálu (čím vyšší pórovitost - tím vyšší vlhkost). Počáteční vlhkost kompostové hromady by měla být vyšší než vlhkost zralého kompostu. Pórovitost se činností mikroorganismů zmenšuje, a tím klesá i potřeba vlhkosti. Prakticky je lépe udržovat vlhkost blíže k nižší hranici potřebného rozmezí, zvýšit ji lze snadno, opačná procedura je však dosti problematická a v některých podmínkách i nemožná. Nadměrná vlhkost zabraňuje přístupu vzdušného kyslíku a aerobní fermentace přechází v anaerobní.[12]

Správnou vlhkost určíme pomocí orientační zkoušky. K ní vezmeme kompostovaný materiál do ruky a mačkáme jej tak pevně, jak to jde. Při optimální

vlhkosti se nesmí mezi prsty objevit voda! Při otevření pěsti musí však materiál zůstat pohromadě ve formě „knedlíku“.

Bakterie a houby potřebují obrovské množství kyslíku. To znamená, že materiál musí být tak kyprý, aby mohl vzduch neustále přicházet zvnějšku až do středu kompostu. Obsah vzduchu v kompostu nelze prakticky stanovit. Jsou sice přístroje na měření kyslíku. Ty se však v praxi nepoužívají kvůli vysokým pořizovacím nákladům.[2]

## 2.6 Hodnota pH

Optimální hodnota pH u čerstvého kompostu se pohybuje v rozmezí 6 - 8, protože většina mikroorganismů vykazuje nejpříznivější rozvoj a aktivitu právě v tomto rozmezí. U kompostů založených z převážné části z travní biomasy je toto rozmezí udržitelné bez přidavku vápenatých látek.

Vhodnou skladbu zakládky kompostu, přeměňujícího zbytkovou biomasu, lze podle jednotlivých charakteristik materiálů této zakládky optimalizovat těmito kroky:

- a) určení hmotnosti a vlhkosti zbytkové biomasy určené ke kompostování,
- b) propočtení složení kompostové zakládky (hmotnost, vlhkost, C:N),
- c) výpočet předpokládaného množství kompostu.[10]

## 2.7 Přídavek půdy

Každá zemina – především, když obsahuje jílu – může více nebo méně dobře hospodařit s vodou. Může tedy vodu poutat a pomalu ji předávat do okolí. To znamená, že přidavkem půdy dosáhneme lepší životní podmínky pro mikroorganismy, protože je vyrovnanější obsah vody. Již z tohoto důvodu může tlení probíhat podstatně lépe.

Během kompostování mají vznikat pokud možno stabilní částice. Nejstabilnější částice vznikají však jen stmelěním humusu a jílu – tak zvaný humusojílovitý komplex. Bez přidavku půdy zůstává kompost spíše vláknitý a nestává se tak snadno drobtovitým a zemitým.



Stále se zjišťuje, že přidavkem půdy lze dosáhnout výrazného poutání zápachu! Méně zápachu znamená méně problémů se sousedy, ale i méně ztrát na živinách!

## 2.8 Promíchání

Jeden z nejdůležitějších důvodů pro pravidelné přehazování kompostu je že veškerý materiál (i jádro kompostu) má být nepřerušovaně zásobován kyslíkem.

Další důvod pro pravidelné přehazování je ten, že materiál musíme stále homogenizovat – suchý musíme promíchat s vlhkým a jemný s hrubým, abychom všude zabezpečili stejné podmínky pro tlení. Když je kompost správně založen, vytvářejí se po určité době na základě rozdílných podmínek pro tlení různé zóny.

Zóna intenzivního tlení reaguje velmi rozdílně podle materiálu a výchozí vlhkosti. Procesy přeměny zde probíhají nejintenzivněji a materiál se velmi rychle zahřívá. Může se velmi lehko stát, že tato oblast vlivem vysoké teploty vyschne během deseti dnů, což se projevuje bílým povlakem plísní a lze to velmi snadno poznat hmatem. Při vysoké výchozí vlhkosti probíhá v této zóně tlení jednoznačně nejlépe. Jádro kompostu je nejčastěji ohroženo nedostatkem kyslíku. Zejména při vlhkém výchozím materiálu může dojít snadno v této zóně k hnilobě, které bychom měli co nejdříve zamezit. Hnilobu poznáme vždy podle zápachu a materiál se většinou zbarví do modra až černa. Zabránit bychom tomu měli:

- a) ihned přimícháním suššího materiálu,
- b) použít strukturnější materiál,
- c) častějším přehazováním.

Tyto tři zóny musíme tak dlouho promíchávat, až jsou částice tak stabilní, že se tyto zóny už nemohou tvořit.

Dvě důležitá pravidla:

- a) Čím častěji kompost přehazujeme, tím je dříve hotový a tím kontrolovaněji probíhá tlení!
- b) Čím je více strukturního materiálu ve výchozí směsi, tím déle můžeme počkat s přehazováním.

## 2.9 Tma a teplo

Bakterie a houby, které mají být činné v kompostu, mohou pracovat pouze při absolutní tmě. Z tohoto důvodu je vhodné zakrytí kompostu. Je k tomu vhodný každý materiál, který je propustný pro vzduch, například sláma, seno, listí, rohože z rákosu, jutové pytle nebo staré koberce.

Aby se rozklad dostal vůbec do pohybu, je především nutná určitá počáteční teplota. Nejrychleji to jde, když materiál vykazuje 20 až 25 °C. Když se tlení již rozběhlo, nehraje v první fázi tlení vnější teplota téměř žádnou roli.[2]

## 2.10 Fáze procesu kompostování

Po založení kompostu dochází v krátkém čase k vzestupu teplot uvnitř zakládky, což signalizuje vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů, čímž začíná proces kompostování. Kompostování je kontinuální proces a proto nelze přesně vymezit různé úseky tlení. Přesto se tlení rozděluje do tří fází.

1. Fáze rozkladu
2. Fáze přeměny
3. Fáze výstavby (syntézy)

### 2.10.1 Fáze rozkladu

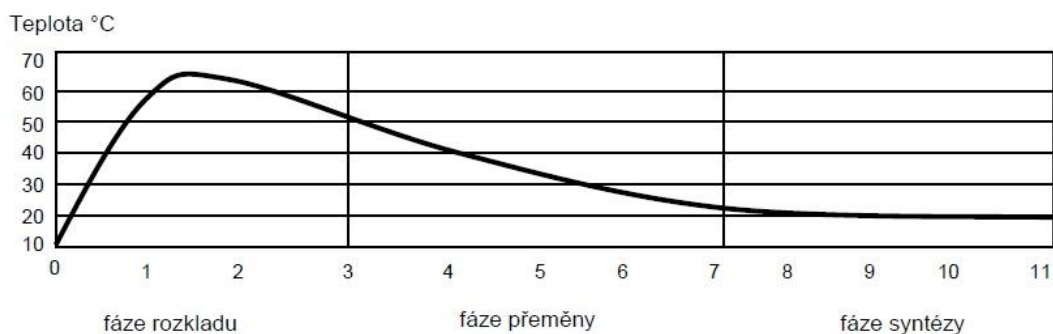
Tato fáze trvá asi 3 až 4 týdny, teplota stoupá podle výchozího materiálu na 50 až 70 °C. Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou například cukry, bílkoviny a škrob. Konečným produktem jsou malé „stavební kameny“ – například dusičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny, které jsou vázány v organické hmotě, se tak uvolňují a zčásti přecházejí až do původní minerální formy. Tento proces proto nazýváme také „mineralizace“.

### 2.10.2 Fáze přeměny

Trvá od čtvrtého až do osmého respektive desátého týdne. Teplota začíná opět klesat, mineralizované živiny jsou jako základní kameny zabudovány do „humusového komplexu“. Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu a má lehkou vůni po lesní zemině. V tomto stadiu má nejlepší hnojařský účinek!

### 2.10.3 Fáze syntézy (zralosti)

Když ponecháme kompost ještě déle, získává stále více zemitou strukturu. „Živný humus“ se přeměňuje na „trvalý humus“, hnojařský účinek je slabší (živiny jsou stále pevněji vázány), účinnost humusu se však zvyšuje.[10]



Obrázek 1 - Průběh teploty v jednotlivých fázích kompostování [24]

## 2.11 Využití kompostů

Kompost vrací energii. Energie transformovaná do půdy v organické hmotě je výjimečná tím, že není určená pro další přímé využití člověkem jako většina jiných forem transformované energie. Je to v podstatě akumulovaná sluneční energie, která slouží jako jeden ze základních zdrojů energie pro růst rostlin. Je v ní koncentrována i ta část energie, kterou člověk nedokáže využít (tedy v podstatě odpadní) z energie, kterou již obvykle vložil do některého jiného produktu, původně pro svou potřebu.

Kompostováním navracíme energii zpět do půdy, aby mohla být opět využita pro růst rostlin, a tím byly vytvořeny přirozeně optimální podmínky pro jejich důležitou roli - produkci kyslíku. Zvyšování obsahu organické hmoty v půdě znamená i větší schopnost vázat, resp. uskladňovat v půdě emise uhlíku.

Kompost zlepšuje zpracovatelnost půdy, zvyšuje sorpční schopnosti lehčích půd, nakypřuje utužené a těžké půdy, může redukovat choroby rostlin i působení škůdců, snižuje kyselost půd a stabilizuje hodnotu pH, zvyšuje vodní jímavost a vodní kapacitu, snižuje vodní erozi na svazích, snižuje spotřebu vody, zabraňuje vysychání půd, dlouhodobě zabezpečuje rostliny důležitými živinami, zvyšuje vzcháživost osiv i sadby, regeneruje narušené půdy a podporuje život v půdě.

Zlepšená vodní jímavost půdy zlepšuje zpracovatelnost půdy a snižuje spotřebu energie při jejím obdělávání. Lepší vodní jímavost (organická půdní substance

je schopna absorbovat až 20násobné množství vody ve své hmotnosti) může přispět k omezení dezertifikace půd, právě tak jako předcházet povodním.

Vzniklá půda bohatá humusem a živinami je ideálním substrátem pro většinu rostlin. [15] [11]

Organický dusík v kompostu, který pochází z rostlinných pletiv, je mnohem více odolný vůči mineralizaci než organický dusík, který pochází z živočišných tkání. Příjem dusíku u polních plodin závisí rovněž na požadavcích rostlin na dusík a na dynamice příjmu dusíku. Dusík je základním stavebním kamenem pro tvorbu bílkovin a výnosotvorným faktorem.

Organický fosfor v kompostu z rostlinných materiálů je snadno rozložitelný a je snadno přístupný pro plodiny. Organická hmota neposkytuje pouze zdroj fosforu z mineralizace, ale rovněž může snížit kapacitu kyselých zemin fixováním fosforu. Celkový obsah fosforu v kompostu může být považován jako náhrada minerálního hnojení fosforem.

Obsah dostupného draslíku v půdě se typicky zvyšuje při aplikaci kompostu, který je vyrobený z rostlinných zbytků. U draslíku, pokud jde o jeho dostupnost v organických hnojivech, lze počítat prakticky se stoprocentní využitelností. Draslík zásadně ovlivňuje hospodaření s vodou. [15]

## **2.12 Způsoby kompostování**

Kompostování je prováděno s cílem získat stabilizovaný produkt obsahující humusové látky pomocí aerobního zpracování bioodpadů. Takový kompost se v půdě pomalu mineralizuje a zabezpečuje půdní úrodnost, zlepšuje půdní hydrolimity a zvyšuje účinnost minerálních hnojiv. [1]

Pro optimální průběh rozkladných reakcí kompostovacího procesu za aerobních podmínek, je nutno v jeho průběhu dodržet několik technologických předpokladů:

- a) zvolit vhodnou technologii kompostování
- b) provést kontrolu fyzikálních, chemických a mikrobiálních vlastností kompostovaných surovin
- c) vhodně skladovat suroviny a případně provést jejich úpravu před založením kompostu

- d) zvolit vhodnou recepturu zakládky
- e) kompostovat dostatečně dlouhou dobu
- f) monitorovat průběh kompostovacího procesu
- g) rozhodnout, zda je kompost dostatečně zralý a stabilizovaný
- h) používat vhodné stroje a zařízení. [5]

Z technologického hlediska lze základní způsoby výroby kompostu rozdělit na:

- a) kompostování na volné ploše, které dále rozdělujeme na kompostování v plošných hromadách a kompostování v pásových hromadách
- b) kompostování v uzavřeném, nebo polouzavřeném zařízení, které se dále dělí na kompostování v bioreaktorech a kompostování v boxech nebo žlabech
- c) kompostování ve vacích
- d) vermikompostování.[5]

### **2.12.1 Kompostování na volné ploše**

V podmínkách ČR má největší předpoklady pro své rozšíření právě kompostování na volné ploše. Jedná se o kompostování v plošných nebo pásových zakládkách.

Tento technologický způsob kompostování se používá převážně v tzv. polních podmínkách, kde se kompost zakládá na otevřeném prostoru. Jde o statický způsob kompostování. Je vyžadován zpevněný a rovný povrch, splňující speciální požadavky, na místě zakládky, která je většinou umístěna nedaleko vzniku odpadu.[5] [6]

### **2.12.2 Kompostování v pásových hromadách**

Jedná se o technologii, při které je kompostovaný materiál zakládán do pásových hromad. Zpracovávají jsou především posklizňové zbytky a další odpady rostlinného původu.

Tuto technologii kompostování lze provozovat na kompostovišti nebo na průmyslové kompostárně. Rozlišit je můžeme dle kvality zabezpečení kompostovací plochy, tj. zamezení ohrožení a přímé kontaminace povrchových



a podzemních vod, a podle množství kompostovaných surovin. U kompostoviště se počítá se zpevněnou plochou s roční produkcí kompostu 50 až 500 tun. V případě průmyslové kompostárny je vyžadována vodohospodářsky zabezpečená plocha s roční produkcí kompostu minimálně 500 tun.

Technologie kompostování v pásových hromadách je ideální pro provozování řízeného kompostování a tím docílení urychleného procesu. K tomu je nutné splnění těchto předpokladů: zajištění optimalizace surovinové skladby, sledování procesních podmínek (teplota, vlhkost, stupeň provzdušnění), nasazení mechanizace na rozhodující operace v technologickém procesu a zakrývání kompostovaných hromad vhodnou fólií. Kompletní rozklad tady proběhne do 2 měsíců.

Rozlišujeme dva různé typy tvaru zakládky, trojúhelníkový a lichoběžníkový profil hromady. Šířka pásu se pohybuje v rozmezí od 2 do 4 metrů a výška od 1 do 1,5 metrů. Délka hromad je omezena právě velikostí zpevněných ploch se speciálními požadavky. Celková velikost a profil pásových hromad spolu úzce souvisí a ovlivňují také velikost použité mechanizace, hlavně šířku záběru překopávače kompostu.

Výhodou trojúhelníkového profilu hromady je přirozené provzdušňování zakládky, uplatňuje se zde komínový efekt a dochází tedy k neustálé výměně vzduchu. Nevýhodou může být narušování zakládky deštěm nebo větrnou erozí.

Lichoběžníkový profil hromady se snadněji zavlažuje, lépe se v něm udržuje teplo a déšť a vítr na něho mají menší vliv. Jeho nevýhodou je horší provzdušňování. Je tedy nutné časté překopávání.[1] [6]

### **2.12.3 Kompostování v plošných hromadách**

Jedná se o nejstarší kompostovací technologii. Zakládány byly většinou na souvraticích, což bylo jistou výhodou. Kompostová zakládka byla z jednotlivých vrstev chlévské mrvy, slámy a dalších odpadů z rostlinné a živočišné výroby do výšky 0,5 metrů a zavlažován byl nejčastěji močůvkou. Potřeba převrstvování byla zajištěna pluhem, který horní vrstvu zapravoval dolů stejně jako při hluboké orbě. Po 2 až 3 letech byla tato plocha využívána jako tzv. tučný hon, na kterém se pěstovaly krmné plodiny nebo teplomilné zeleniny. Obdělávání pěstovaných plodin částečně nahrazovalo překopávání kompostu. Nakonec, po zrušení „tučného honu“, se kompost rozvezl po celém pozemku.

V dnešní době je tento způsob kompostování využíván zejména ve velkých kompostárnách u městských aglomerací, kde se zpracovává velké množství BRO, hlavně tedy BRKO.

Plošné hromady mohou být zakládány až do výšky pěti metrů, překopávány jsou pomocí speciálních překopávačů kompostu, které mají pracovní ústrojí pracující z boku kompostovací hromady a kompost je vrstven na nové, vedlejší stanoviště.[1]



Obrázek 2 - Stálá kompostárna na volné, vodohospodářsky zabezpečené ploše [25]

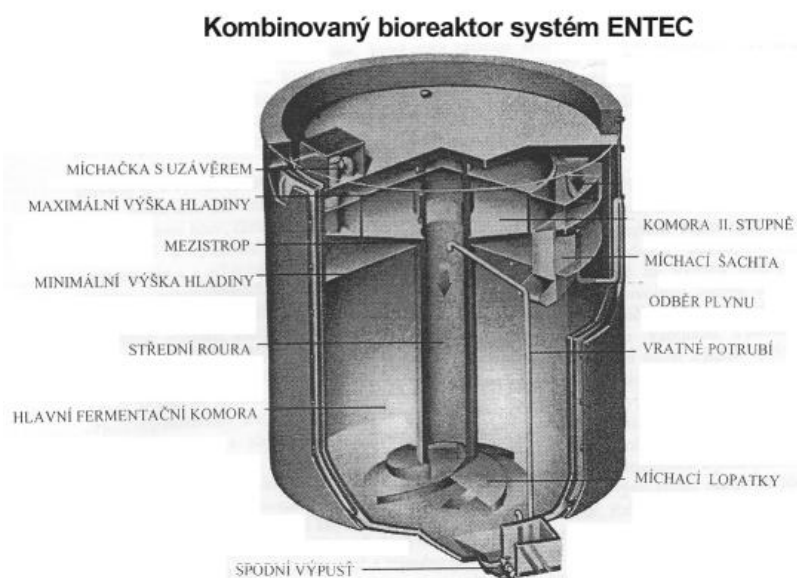
#### **2.12.4 Kompostování v uzavřených nebo polouzavřených zařízeních**

Kompostování v uzavřených zařízeních probíhá dynamickým nebo statickým způsobem. Dynamické způsoby se vyznačují kontinuálním nebo cyklickým pohybem kompostovaného materiálu za současného provzdušňování. Tyto způsoby kompostování se provádějí v objemných bioreaktorech, které mají tvar věží nebo bubnů.

Mezi statické způsoby kompostování v uzavřených nebo polouzavřených zařízeních patří kompostování v boxech.

### 2.12.5 Kompostování v bioreaktorech

Věžové bioreaktory jsou velmi objemné a mají tvar válců v průměru 8 až 10 m a vysoké jsou kolem 7 m. Substrát pro kompostování se do nich plní shora a na dně se nachází provzdušňovací zařízení.[6]



Obrázek 3 - Kombinovaný bioreaktor systém ENTEC [26]

Kompostovací bubny jsou veliké, pomalu se otáčející zařízení, kde je zajištěna kontinuální výměna vzduchu za současného odvodu plynných zplodin. Během kompostování dochází k mikrobiálnímu rozkladu organických látek za 2 až 7 dní, ale sterilizace materiálu bývá neúplná.[6]



Obrázek 4 - Otočné zateplené kompostéry JORA pro menší množství objemu [26]

### 2.12.6 Kompostování v boxech

Kompostování v boxech je výhodné použít zpravidla tam, kde není dostatek místa, nebo je menší množství surovin ke kompostování. Výhoda tohoto způsobu kompostování je, že horká fáze může probíhat již při množství 1 m<sup>3</sup> výchozího materiálu. Velikost kompostovacího boxu je ovlivněna množstvím surovin, které se shromáždí přibližně za dva měsíce. Ve sběrných zásobnících by totiž neměly suroviny ke kompostování být uskladněny déle než tyto dva měsíce. Při zahájení kompostování by měl být box plný.

Při plnění kompostovacího boxu je důležité dbát na důkladné promíchání, kyprost a regulaci vlhkosti. Povrch se překrývá kyprými látkami, nebo při silných deštích deskou, aby kompost nebyl příliš vlhký. V průběhu kompostování je třeba zajistit správnou výměnu vzduchu a stejnou vlhkost. Přibližně po dvou měsících se kompost přehazuje do jiného prázdného boxu.[2]



Obrázek 5 - Uzavřené kompostovací boxy [26]

### 2.12.7 Kompostování ve vacích

Kompostování v uzavřeném vaku lze označit jako kompostování na volné ploše v pásových hromadách, kdy hromady jsou však ukládány do uzavřených PE-vaků, známých z oblasti uskladňování statkových krmiv, avšak upravených pro kompostování.

Aby byl kompostováním ve vaku vyroben kompost odpovídajících jakostních znaků je třeba zajistit optimální podmínky pro průběh kompostovacího procesu. Z tohoto důvodu je nutné při technologickém postupu kompostování ve vaku dodržovat sled určitých pracovních operací, mezi které patří příjem surovin, založení kompostu do vaků, řízení průběhu kompostovacího procesu a jeho ukončení, expedice hotového kompostu, popř. jeho další zpracování – např. prosévání.

Přijímané suroviny jsou po zvážení umístěny na příjmovou plochu, tak aby mohly být vhodně odebírány pro zakládání kompostu. V případě potřeby je u některých surovin provedena jemná dezintegrace.

Podle předem sestavené surovinové skladby (např. posečená tráva, listí, dřevní štěpka, nadsítné z prosévání hotového kompostu) jsou suroviny vkládány do násypky speciálního stroje pro plnění kompostovacího vaku (kompostovacího stroje). V tomto stroji dochází k homogenizaci, při které se drcením velikost částic zmenší na hodnotu max. (10 – 15) cm a dokonalému promíchání zpracovávaných surovin. Následně jsou homogenizované a promíchané suroviny zakládány do kompostovacích vaků na ploše, kde zůstanou po celou dobu kompostovacího cyklu. Vlastní kompostovací proces probíhá v uzavřených vacích po dobu asi 6 – 8 týdnů na ploše pouze zpevněné, vodohospodářsky nezabezpečené.

Současně se surovinami je do vaku vkládána perforovaná PE-hadice, která je určena za pomoci provzdušňovacího ventilátoru pro přísun vzduchu, jehož množství je regulováno podle potřebného množství vzdušného kyslíku pro optimální průběh kompostovacího procesu (zajištění aerobního průběhu).

Po naplnění a uzavření vaku není již možné surovinovou zakládku měnit. Proto je u tohoto způsobu kompostování nutné klást zvýšenou pozornost právě na přípravu surovin - recepturu surovinové zakládky, poměr C : N, vlhkost zpracovávaných surovin, homogenitu a poréznost.



Po ukončení kompostovacího procesu je kompostovací vak podélně rozříznut a hotový kompost je z vaku vyjmut. Kompost je expedován buď jako hrubý k přímému použití, nebo je převezen na místo, kde dochází k dalšímu zpracování – např. prosévání.

Použité a znehodnocené vaky jsou odvezeny z kompostovací plochy do určeného prostoru a následně je s nimi nutno nějakým způsobem naložit.[13]



Obrázek 6 - Kompostovací stroj pro plnění vaků [26]



Obrázek 7 - Kompostování ve vaku [26]

### 2.12.8 Vermikompostování

Jedná se o speciální způsob kompostování s využitím žížal pro přeměnu kompostovaných látek. Vermikompostování přináší ve výsledném produktu vysoký obsah humusu, zejména humusových látek a dokonalou stabilizaci. Výsledným produktem je kompost označovaný jako biohumus nebo vermikompost.

V ČR se využívá druh *Eisenia foetida*, převážně kalifornský červený hybrid s vysokou produktivitou a plodností. Princip výroby biohumusu je založen na schopnosti žížal přeměňovat ve svém trávicím traktu organické látky. Dospělý červ denně spotřebuje tolik krmiva, jako sám váží. Z toho vyrobí 60 % biohumusu a 40 % využije pro svůj metabolismus.

Je nutné zabezpečit prostředí vhodné pro tento druh žížal. Optimální teplota je od 19 do 22 °C, vlhkost substrátu 78 až 82 %, pH neutrální (pH nižší než 6 a vyšší než 8 žížaly zabijí) a dostatek vzdušného kyslíku. Záhony, kde žížaly chováme, je vhodné vytvářet 2 až 2,5 m široké s mezerou mezi záhony 0,5 m. Při venkovním chovu jsou výhodné plochy s mírným sklonem 2 až 3° pro odvod přebytečné vláhy.

Nejvhodnějším krmivem a životním prostředím je předkompostovaný substrát z hnoje různých zvířat, slámy, pilin, stromové kůry, kejdy, papíru atd. s poměrem C:N 20:1. Hotový kompostovaný substrát není vhodným krmivem pro nedostatek cukrů, bílkovin a vitaminů. Do předfermentovaného substrátu je možné přidávat veškeré rostlinné zbytky, odpady ze zeleniny, ovoce, navlhčený papír nebo karton.

Chov žížal je náročný na využívanou plochu. Optimální koncentrace žížal je 50 000 jedinců na 1 m<sup>2</sup>.

Biohumus získaný pomocí žížal je považován za nejúčinnější organické hnojivo s obsahem až 17,6 % hmotnosti humusových kyselin v sušině a doporučená dávka na 1 ha jsou 3 tuny jednou za tři roky.[3]



Obrázek 8 - Kalifornský červený hybrid [27]

### **2.13 Typy komunitních/obecních kompostáren dle kapacity a způsobu provozování**

V současné době vznikají na území ČR komunitní kompostárny, které jsou níže rozděleny dle kapacity zpracovaného materiálu. V případě komunitních/obecních kompostáren se nejedná o zpracování odpadu, ale o zákon o odpadech upravený způsob předcházení vzniku odpadu na zařízeních se nakládá s rostlinným materiálem. V takovém případě se tedy nejedná o zařízení ve smyslu ustanovení §14 odst. 1 zákona o odpadech a zařízení tedy nemá povinnost vést evidenci o využívání odpadů (pouze jako původce v případě, že nějaké odpady při jeho činnosti vznikají) a nemá ani ohlašovací povinnost ve smyslu ustanovení § 39 zákona o odpadech. Využívaný rostlinný materiál tedy není uváděn v ročním hlášení o nakládání s odpady.

- a) Komunitní/obecní kompostárna o kapacitě do 150 t/rok zpracovaného materiálu (to odpovídá obci do 500 – 1 500 obyvatel, spíše závisí na rozloze udržované veřejné zeleně a zahrad) – jedná se o kompostárnu, kterou provozuje obec a je nutné alespoň základní strojní vybavení a zajištění místa kompostování. Tato kapacita je odvozena od limitu pro malé zařízení podle §33b zákona o odpadech, se kterým je často nesprávně zaměňována. Tato kapacita je zvolena, protože se předpokládá, že takové množství

zpracovaného materiálu má minimální negativní vlivy na životní prostředí a není třeba žádného zvláštního zajišťování místa proti těmto vlivům. Samozřejmě také záleží na místních podmínkách.

- b) Komunitní/obecní kompostárna o kapacitě větší než 150 t/rok zpracovaného materiálu (jedná se o obec/město větší než v bodu 1, záleží na rozloze udržované veřejné zeleně a zahrad) – jedná se o kompostárnu, kterou provozuje obec/město nebo subjekt jí/jím pověřený a svým charakterem se velice přibližuje kompostárnám provozovaným dle ustanovení § 14 zákona o odpadech. V tomto případě je doporučeno vodohospodářské zabezpečení kompostovací plochy a další opatření pro provozování a ochranu životního prostředí.[7]

## **2.14 Technické vybavení kompostáren**

Základním vybavením pro kompostování na zakládkách jsou drtiče a štěpkovače pro úpravu rostlinného odpadu, překopávače kompostu a prosévače kompostu (nejčastěji rotační síta).[16]

### **2.14.1 Drtiče a štěpkovače**

Při zpracovávání dřevní hmoty nebo vstupních surovin s větší hrubostí je nutno, aby kompostárna byla vybavena vhodným drtičem nebo štěpkovačem pro úpravu velikosti vstupní suroviny.

V těchto strojích se výrazně zmenšuje objem surovin (musí rozdrtit organické zbytky na malé částice o objemu 5 až 50 mm<sup>3</sup>) a vytváří se zhomogenizovaná hmota, vhodná jako vstupní surovina do zakládky kompostu.

Rozdělení drtičů (strojů pro zpracování drobných větví do průměru 30 až 40 mm, trávy, zbytků zeleniny, květin, listí apod.) a štěpkovačů (strojů pro zpracování dřevních zbytků o větších rozměrech, vytvářející štěpky požadované velikosti) je prováděno podle:

způsobu pohonu, druhu řezného ústrojí, druhu podávacího ústrojí výkonnosti, velikosti a množství zpracovávaných organických zbytků a způsobu přepravy.

Podle způsobu pohonu rozdělujeme stroje pro drcení a štěpkování na stroje:

s elektromotorem, spalovacím motorem, připojitelné k energetickému prostředí.

Elektromotory o výkonu 0,8 až 2,2 kW bývají pohonem menších drtičů a štěpkovačů. Pro drcení komunálního odpadu jsou používány elektromotory o výkonu 3 kW.

Spalovacími motory jsou vybaveny drtiče a štěpkovače pro větší výkony pro oblasti bez elektrického proudu. Jsou osazeny spalovacími motory o výkonu 2,2 až 3,7 kW. Tyto stroje zpracovávají větve až do průměru 50 mm.

Drtiče a štěpkovače připojitelné k vývodovému hřídeli malotraktoru jsou schopné zpracovávat větve do průměru 150 mm a jsou určeny pro těžší práce.

Podle druhu řezného ústrojí lze drtiče a štěpkovače rozdělit na stroje:

s řezným ústrojím diskovým, s řezným ústrojím bubnovým.

Diskové řezné ústrojí se vyznačuje tím, že sekací nože jsou uloženy na setrvačnicku v rovině kolmé k ose otáčení. Nože jsou uloženy radiálně a jejich počet je v rozmezí od 2 do 7 ks. Průměr setrvačnicku je od 720 mm do 2 000 mm.

Bubnové řezné ústrojí je charakterizováno tím, že nože jsou uloženy na povrchu pláště bubnu rovnoběžně s osou otáčení. Způsob uložení nožů umožňuje menší rozměry setrvačnicku při relativně větších rozměrech vstupního prostoru.

Podle druhu podávacího ústrojí rozdělujeme štěpkovače:

s nuceným podáváním materiálu, se samo podávacím efektem, s gravitačním podáváním materiálu.

Nucené podávání materiálu je řešeno zpravidla soustavou podávacích válců s nuceným pohonem závislým nebo i nezávislým na otáčkách nožového setrvačnicku; je nejčastějším vybavením pojízdných štěpkovačů.

Samo podávací efekt je založen na principu vtahování materiálu působením pohybu nožů při ručním podávání.

Gravitační podávání je charakteristické pro průmyslové stacionární stroje.

Podle výkonnosti a velikosti lze drtiče a štěpkovače rozdělit na:

Zahradní (drtiče) jsou určeny převážně pro zpracování zahradního odpadu (větve, kořeny, listí). Jsou přenosné, resp. lze je přemísťovat naklopením na dvě kola a tažením ručně na určené místo. Pracují se speciálně tvrzenými noži, které se otáčejí proti pevným dorazům. Jsou vybaveny násypkou



s ochranou proti zpětnému výletu materiálu. Pro pohon slouží motor (elektromotor, malý spalovací motor) do výkonu 3 až 6 kW.

Malé jsou charakterizovány tím, že nemají vlastní podvozek, jsou neseny na traktoru s výkonem motoru 15 až 40 kW.

Střední štěpkovače jsou konstruovány jako jednonápravové přívěsy tažené zpravidla traktorem nebo poháněny motory s výkonem 30 - 100 kW.

Podle způsobu přepravy se drtiče a štěpkovače rozdělují na:

- a) přenosné,
- b) převozná - jednoosá a dvouosá,
- c) samojízdná.

Přenosné mají většinou elektromotor o výkonu do 1,6 kW. Jejich hmotnost je 25 až 30 kg. Jsou vhodné pro menší nárazové práce.

Jednoosým podvozkem bývají osazeny větší drtiče a štěpkovače pro snazší přepravu k hromadě zbytkové biomasy. Vhodnější jsou podvozky s většími koly.

Na dvouosých podvozcích jsou většinou drtiče a štěpkovače zapojitelné k malotraktoru nebo nosiči nářadí.



Obrázek 9 - Rychloběžný drtič [28]

### 2.14.2 Překopávače kompostu

Překopávání kompostu je nejdůležitější pracovní operací v celém technologickém postupu rychlokompostování. Jeho účelem je provzdušnit kompost, a tím dosáhnout řízení mikrobiální činnosti. Z hlediska dosahované výkonnosti, celkového využití pracovního času, kvality práce, ale i prostorových nároků na kompostovací stanoviště, jsou nejvýhodnější překopávače pracující kontinuálně. Stroje s přerušovanými pracovním cyklem (nakladače) se používají pouze jako nouzové řešení a nelze je pro překopávání malých hromad v žádném případě doporučit.

Požadavky na konstrukční řešení překopávačů vyplývají zejména z charakteru zpracovávaných surovin a z objemu produkce kompostu, mezi nejdůležitější patří:

kvalitní promísení a provzdušnění surovin v celé výšce překopávaného profilu, nízká pracovní rychlost a možnost její regulace v rozsahu 0 - 1000 m.h<sup>-1</sup>, případně částečné rozmělnění navezených surovin, formování překopávaných surovin do hromady rozměrově určeného profilu, dobrá manévrovatelnost a pojezdové vlastnosti pro pohyb po pracovní ploše.

Rozdělení překopávačů kompostu podle energetického zdroje:

- a) připojitelné
  - 1. k traktoru - nesené, návěsné a přívěsné
  - 2. k víceúčelovému nosiči - nesené, návěsné
- b) samojízdné
  - 1. se spalovacím motorem
  - 2. s elektromotorem

podle výkonnosti:

- a) malé do 200 t . h-1 (do 300 m<sup>3</sup> . h-1)
- b) střední 200 - 400 t . h-1 (300 - 600 m<sup>3</sup> . h-1)
- c) velké nad 400 t . h-1 (nad 600 m<sup>3</sup> . h-1)

podle pracovního ústrojí:

- a) rotorové - s přesunem hmoty dozadu, s přesunem hmoty do strany
- b) dopravníkové



### **2.14.2.1 Překopávač kompostu nesený**

Nesený překopávač zpracovává hmotu rotorem tak, že ji promíchává a sune do strany, kde vytváří novou hromadu. Umožňuje tak zpracovávat materiál z více řad či z jedné široké řady do jedné řady bez požadavku na místo pro průjezd soupravy.

Nesený překopávač kompostu je možné pro jeho málo stabilní pracovní polohu využívat jen pro lehké materiály a vyžaduje energetický prostředek s plazivou rychlostí do  $1 \text{ km.h}^{-1}$ .

Překopávače nesené vzadu a vyžadující jízdu energetického prostředku při překopávání pozpátku, se někdy označují jako tlačené.

Pokud je k nosnému rámu připevněno podpěrné kolo, jsou potom takovéto stroje zařazovány do skupiny překopávačů návěsných.

### **2.14.2.2 Překopávač kompostu přívěsný**

Přívěsný překopávač bývá zpravidla tažen za energetickým prostředkem a pracovní ústrojí (rotor) překopává kompost na hromadě, podle které energetický prostředek jede plazivou rychlostí do  $1 \text{ km.h}^{-1}$ . Přívěsný překopávač má dobrou stabilitu při překopávání. Je vhodný pro středně těžké překopávané suroviny a vyžaduje energetický prostředek s plazivou rychlostí do  $1 \text{ km.h}^{-1}$ . Většina přívěsných překopávačů je vybavena nádrží, umístěnou na podvozku, která slouží jednak jako zátěž pro zlepšení jezdových vlastností, jako protizávaží při sklápění mostu a jako zásobník pro zvlhčovací tekutinu či startovací roztok.

### **2.14.2.3 Překopávač kompostu samojízdný**

Jde o energetický prostředek mobilní, u kterého lze využívat různé druhy pohonu, a tím i dosahovat různých výkonů. Samojízdný překopávač kompostu je složen z jezdového ústrojí a překopávacího ústrojí. Pro pohon těchto ústrojí slouží jeden agregát, nebo je pro každé ústrojí agregát samostatný.

Překopávač pro jezd využívá kola s pneumatikami anebo pásy, a to jak gumovými, tak i ocelovými. Překopávací ústrojí se skládá z tunelu, v jehož spodní části je umístěn pracovní rotor s pravolevou šnekovicí vybavenou pracovními orgány. Rotor bývá výškově nastavitelný. Většina zařízení je vybavena i různými přihrnovacími štíty.

Všechny samojízdné překopávače spadající do kategorie malé mechanizace bývají snadno převozitelné a mají velmi snadnou a pohodlnou obsluhu.

Jejich využití bývá spíše pro lehké a středně těžké suroviny a tomu odpovídá i pojzdová rychlost, která se pohybuje v rozmezí 0 až 3 km.h<sup>-1</sup>.



Obrázek 10 - Přívěsný překopávač [29]

#### **2.14.2.4 Prosévací zařízení**

Pro úpravu kompostu při vyšším podílu nerozložitelných částic je vhodné vybavit kompostovací linku prosévacím zařízením s odpovídajícím výkonem, které umožní třídit hotový kompost na dvě a více frakcí určených k expedici nebo dalšímu zpracování v kompostovacím procesu.

Z konstrukčního hlediska dělíme prosévací zařízení na:

- a) vibrační prosévací síta (zařízení s rovinným sítem),
- b) rotační třídiče (zařízení s válcovým sítem),
- c) rotační rošty (tzv. aktivní rošty).

#### **2.14.2.5 Vibrační prosévací síta**

Tato síta pracují na principu šikmo uložených rovinných sít. Výhody:

- a) konstrukční jednoduchost,
- b) vysoká životnost,
- c) malá energetická náročnost.

Výkonnost:  $5 - 15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  (závisí na charakteru prosévané suroviny a na požadované velikosti částic).

Energetické nároky:  $0,8 - 1,0 \text{ kW} \cdot \text{m}^2$

Vibrační síta jsou většinou stacionární, protože potřebují pevné ukotvení rámu stroje, avšak existují i vibrační síta mobilní.

#### **2.14.2.6 Rotační třídiče**

Rotační třídiče pracují na principu mírně šikmo uložených válcových sít, umístěných na otočných rolnách. Průchod materiálu je plynulý. Materiál je do určité výšky unášen po obvodu síta a potom vlivem vlastní gravitace padá a proces se opakuje. U rovně uložených sít je pro pohyb materiálu uvnitř uložena šroubovice.

Z konstrukčního hlediska lze rotační třídiče rozdělit na:

- a) mobilní
  - 1. s elektromotorem (5 - 15 kW),
  - 2. se spalovacím motorem (20 - 60 kW),
- b) stacionární.

Malá prosévací síta jsou poháněna přes převodovku elektromotorem, mobilní třídiče mají vlastní spalovací motor a stacionární jsou poháněny pomocí poháněcích kladek s převodovkou s elektromotorem.

#### **2.14.2.7 Třídiče s rotačními rošty**

Tyto rošty jsou tvořeny soustavou hřídelí, na kterých jsou v pravidelných roztečích nasazeny ocelové nebo pryžové elementy kotoučovitého, hvězdicového či jiného tvaru. Při otáčení hřídelí vždy stejným směrem dochází k pohybu materiálu po pracovních plochách elementů a jeho třídění propadem mezi elementy, řazenými za sebou podle roztečí elementů od nejmenší po největší. Hlavní výhodou rotačních roštů jsou v jejich vysoké výkonnosti, která je dána dobrou průchodností materiálu přes samočistící elementy.



**Obrázek 11 - Bubnový třídič [30]**

#### **2.14.2.8 Ostatní zařízení**

Pro správný chod kompostovací linky je zapotřebí řada dalších strojů a zařízení, patřící do malé mechanizace, avšak jsou to stroje buď běžně používané i při jiné zemědělské činnosti např. stroje pro manipulaci se surovinami - nakladače (přemisťování a nakládání kompostu nebo objemových surovin) anebo jsou to stroje speciální, které jsou zatím velmi málo používané např. zařízení pro zakrývání hromad (může být v provedení jako jednoúčelový stroj nebo je součástí překopávače kompostu - přídatný adaptér).[14]

### **2.15 Definice hluku**

Hluk je specifická forma zvuku, kterou můžeme fyzikálně popsat jako nepravidelné nebo náhodné kmitání. Z hlediska subjektivního vnímání se tedy jedná o nepříjemný, rušivý, nežádoucí či škodlivý zvuk. Z určitého úhlu pohledu může být hlukem i hudba. Vnímání hluku je ovlivněno mnoha faktory, jako je informační obsah, doba trvání, věk, zdravotní stav nebo postoj posluchače.[17]

Z fyzikálního hlediska představuje zvuk mechanické vlnění pružného prostředí v kmitočtovém rozsahu normálního lidského sluchu od 20 Hz do 20 kHz. Zvuk se šíří od zdroje prostřednictvím vln přenášejících akustickou energii. Zvuk v pásmu kmitočtů od 20 Hz do 40 Hz považujeme za nízkofrekvenční a od 8 do 16 kHz za vysokofrekvenční. Akustické kmitání o kmitočtu nižším než 20 Hz označujeme za infrazvuk a zvuk o kmitočtu nad 20 kHz za ultrazvuk. Při posuzování hluku se nejčastěji zabýváme hlukem, který se šíří vzduchem od zdroje. Subjektivně rozeznáváme hlasitost, výšku a barvu zvuku. Podle časového průběhu rozdělujeme zvuk na ustálený, proměnný, přerušovaný nebo impulsní. Před nadměrným hlukem je třeba se chránit. Je totiž dobře známo, že dlouhodobá expozice nadměrnému hluku vede k trvalému poškození sluchu. Závažné však jsou i mimosluchové účinky hluku.[20]

### **2.16 Účinky hluku na člověka**

Základem určujícím účinek hluku je jeho intenzita. Pro hodnocení hlukové expozice se používá hladina akustického tlaku korigovaná filtrem A, jehož útlumová charakteristika přibližně odpovídá citlivosti zdravého lidského sluchového orgánu. Člověk se necítí dobře v prostředí s nezvykle nízkou hladinou akustického tlaku A.

Hodnoty okolo 20 dB považuje většina lidí již za hluboké ticho. Hladinu 30 dB hodnotí lidé jako příjemné ticho. Od 65 dB výše se začínají již nepříznivě projevovat účinky hluku zejména změnami vegetativních reakcí. Při trvalém pobytu v prostředí, kde hladiny akustického tlaku A přesahují 85 dB již vznikají trvalé poruchy sluchu. Současně se ve větší míře projevují účinky na vegetativní systém a celou nervovou soustavu. Při 130 dB se obvykle účinky hluku mění na bolesti ve sluchovém orgánu. K protržení bubínku dochází při hladinách cca 160 dB.[4]

## **2.17 Jak vlastně hluk poškozuje sluch**

Sluch je velmi citlivý a lehce zranitelný smysl. Nadměrný hluk může dočasně přerušit nervové spoje mezi vláskovými buňkami ve vnitřním uchu a sluchovým nervem a tím způsobit poruchu sluchu. Tento jev se nazývá "dočasný posun prahu slyšení" a jakmile expozice hluku skončí, pomalu se vytratí. Regenerace sluchu pak může trvat několik hodin až několik dní.[21]

## **2.18 Rychlost šíření zvuku:**

Ve vzduchu se rychlost šíření zvuku v běžných podmínkách spočítá podle vzorce  $c = 331,8 \text{ m/s} + 0,6 \cdot T \text{ [m/s]}$ , kde T vyjadřuje teplotu vzduchu ve stupních Celsia. Standardizovaná hodnota 340 m/s pak odpovídá teplotě 13,6 °C.[17]

## **2.19 Způsob šíření zvuku v reálném prostředí:**

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 difuzní (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.[17]

### **2.19.1 Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu**

Při šíření zvuku v homogenním prostředí lze přeměnu zvukové energie na tepelnou rozdělit do dvou bodů:

a) intenzita zvuku bude klesat se vzdáleností od zdroje rychleji, vlivem tepelné vodivosti a vyzařování tepelné energie, vlivem viskozity vzduchu a difúze. Tyto dílčí hodnoty snížení intenzity zvuku nejsou závislé na vlhkosti vzduchu, ale jsou úměrné druhé mocnině kmitočtu přenášeného akustického signálu.

b) k úbytkům zvukové energie dochází vlivem tzv. molekulární absorpce, která je založena na relaxaci při pohybu molekul kyslíku. Toto snížení intenzity zvuku je výrazně závislé na relativní vlhkosti vzduchu.

Útlum zvuku vlivem absorpce ve vzduchu je výrazně závislý na relativní vlhkosti vzduchu a kmitočtovém složení zvuku. Zvuky, které jsou vysokofrekvenční, budou při stometrových vzdálenostech vykazovat dodatečný útlum v desítkách dB. Naopak nízkofrekvenční zvuky nebudou prakticky zeslabovány. Maximální útlum zvuku absorpcí je při relativních vlhkostech cca 10 až 20 % .

### **2.19.2 Útlum zvuku vlivem větru, teplotních gradientů, turbulencí a přízemního efektu**

Pohyb vzduchu v atmosféře je neustálý. V určitém objemu vzduchu není nikdy rovnoměrně rozložená hmotnost, teplota a vlhkost. Tato nerovnoměrnost není jenom prostorová, ale je také funkcí času. Všechny uvedené vlivy se v akustickém poli projeví jako změny intenzity přijímaného signálu v místě posluchače při konstantním akustickém výkonu zdroje. Čím větší je vzdálenost mezi zdrojem a přijímacím místem, tím bude amplituda kolísání větší. Střední hodnota poklesu intenzity zvuku od teoretické hodnoty bude záviset na středních hodnotách parametrů atmosféry. Nejběžnější bývá šíření zvuku mezi zdrojem a posluchačem, které jsou těsně nad zemí. Zde je postupující vlna zeslabována přirozenou pohltivostí terénu, která je však různá podle druhu povrchu. Druhým příkladem je hluk od letadla letícího vysoko nad zemí. Třetím příkladem je prostorová vlna, která se šíří od zdroje do volného prostoru a vlivem velkých teplotních i rychlostních gradientů v atmosféře se může ohýbat nahoru nebo dolů k zemi. Za určitých atmosférických podmínek

může tedy být určitá oblast prostoru zásobována menším množstvím akustické energie. Někteří autoři hovoří o možnosti vzniku akustického stínu, který však není ostře ohraničen. S oblastí stínu se obvykle setkáváme v místech položených od zdroje ve směru proti větru. Nelze to však vykládat jako přímý vliv pohybu vzduchu (rychlost větru je zanedbatelná proti rychlosti šíření zvuků), ale jako vliv gradientu větru, který ohýbá zvukové vlny vzhůru. Naopak je možno nalézt místa, kde vlivem ohybu vln směrem dolů dojde k zesílení signálu.

Normálně teplota vzduchu s výškou nad zemským povrchem klesá (klesá rychlost šíření zvuku) a v důsledku toho se zvukové paprsky odklánějí od zemského povrchu. Naopak při teplotní inverzi, kdy do určitých výšek teplota vzduchu narůstá, dojde k ohybu zvukových paprsků k zemi. Při ohybu zvukových paprsků směrem od země, se může vytvořit v přízemní zóně akustický stín. Teplotní inverze bude zase způsobovat v blízkosti zemského povrchu větší hustotu zvukových paprsků a vyšší hladiny akustického tlaku.

### **2.19.3 Útlum zvuku vlivem překážek**

Je-li umístěna mezi zdroj a posluchače nějaká větší tuhá překážka, jako jsou např. zdi, budovy, terénní valy, získá se větší pokles intenzity zvuku. Tomuto snížení expozice akustickou energií se říká "dodatečný útlum vlivem překážek". Někdy se tento jev přirovnává ke vzniku stínu při šíření světla. Velikost zvukového stínu závisí jednak na rozměru překážky, jednak na vlnové délce šířícího se zvuku.[4]

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, tedy i pro vlnění elektromagnetické včetně světla.[9]

### **2.20 Zdroje hluku z kompostáren**

Častými zdroji zvuku v pracovním a životním prostředí jsou různé stroje a technická zařízení. Hodnota akustického výkonu těchto zařízení závisí nejen na jejich konstrukčním uspořádání, ale bude se měnit i v závislosti na technickém stavu, seřízení a údržbě.[22]



### **2.20.1 Hluk v pracovním prostředí**

Hluk vzniká jako vedlejší produkt lidské činnosti při provozu jakéhokoli stacionárního nebo mobilního strojního zařízení používaného v řadě průmyslových oborů (např. strojírenství, hutnictví, hornictví), dopravě, zemědělství atd. Vhodným příkladem zdrojů hluku mohou být strojní zařízení a ruční nářadí s pneumatickým, hydraulickým nebo elektrickým pohonem, nebo stroje či dopravní prostředky vybavené vlastním spalovacím motorem.[20]

### **2.20.2 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 výtlaku vytvářejí ve svém nejbližším okolí hladiny akustického tlaku A i přes 120 dB.

U vodou chlazených naftových motorů lze očekávat hladiny akustického tlaku A cca o 3 dB nižší.[4]

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

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

## **2.21 Ekvivalentní hladina akustického tlaku A**

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

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

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

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

Dlouhou dobu byly při přípravě její definice diskutovány různé vlivy na její konečnou velikost, ale závěrem byla přijata hypotéza, že celkový negativní účinek hluku je úměrný celkové imisi akustické energie za sledovaný čas  $T$ . [4]

### **3 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je provést literární rešerši na téma kompostování, kompostárny, využití kompostů, hluk a jeho šíření, zdroje hluku v kompostárnách. a v praktické části provést měření hladiny akustického tlaku na hranicích pozemku kompostárny a v jejich blízkém okolí.

## 4 Metodika

Při měření byly použity digitální hlukoměry AIRFLOW SLM 320, které byly upevněny na stativěch. Při měření byly dodrženy následující zásady. Přístroje byly umístěny na stativu ve výšce 150 cm nad povrchem terénu. Mikrofony hlukoměru byly nasměrovány ke zdroji hluku a opatřeny kryty mikrofону proti větru. Rychlost větru by neměla překročit  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Mikrofon ani měřící přístroj nesmí být při měření vystaven nadměrným otřesům, vysoké teplotě, nebo chladu, ani vlhkosti.

Pro měření byly zvoleny dvě vzdálenosti a to na hranici pozemku kompostárny a 10 metrů za hranicí pozemku.

### 4.1 Použité přístroje

Při měření byly použity digitální hlukoměry AIRFLOW SLM 320. Rozsah měřené hladiny je 30 - 130 dB s přesností 1,5 dB (94 dB, 1kHz). Frekvenční rozsah 31,5 Hz-8kHz.

Kalibrátor AIRFLOW SL 328. Kalibrační hodnota je 94 a 114 dB při frekvenci 1 kHz. Přesnost kalibrátoru je  $\pm 0,5 \text{ dB}$  při  $20^\circ\text{C}$ .

Anemometr VOLTCRAFT PL-130 AN. Přenosný anemometr, který umožňuje měření rychlosti větru, průtoku vzduchu a teploty vzduchu.

### 4.2 Kalibrace

Provozní kalibrace zvukoměrné techniky před měřením, v jeho průběhu a po jeho ukončení se provádí akustickými kalibrátory, které vyhovují požadavkům ČSN EN 60942 nebo pistonfony. Po ukončení měření se nesmí nastavení přístroje lišit od původně nastavené hodnoty o více než 0,5 dB, je-li odchylka větší, provede se nové nastavení všech přístrojů a nové měření. Akustické kalibrátory a pistonfony (včetně barometru) používané k měření musí být vybaveny platným kalibračním listem. Doporučuje se, aby doba platnosti kalibrace nepřekročila 2 roky.[23]

### 4.3 Postup měření

Měření probíhalo dne 28.5.2015 v odpoledních hodinách. Před samotným měřením jsem si pomocí anemometru zjistil směr, rychlost a teplotu větru. Po kontrole těchto údajů, které musejí odpovídat požadavkům hlukoměru, jsem si určil stanoviště měření, která se nacházejí na okrajích pozemku a za hranicí pozemku kompostárny. Na stanoviště jsem umístil stativy s hlukoměry (ve výšce mikrofonů 150 cm) a mikrofony namířil na zdroj hluku. Po zapnutí hlukoměru a ustálení hodnot zapneme tlačítko „rec“. Jednotlivá měření trvala 5 minut. Hlukoměry ukládaly hodnoty do své paměti. Takto jsem postupoval na všech stanovištích. Po skončení jsem přenesl údaje z hlukoměru přes USB port do počítače.

**Tabulka 1 - Klimatické podmínky**

Veličina	Teplota [°C]	Rychlost větru [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]	Tlak vzduchu [Hpa]
Hodnota	19	2,5	920

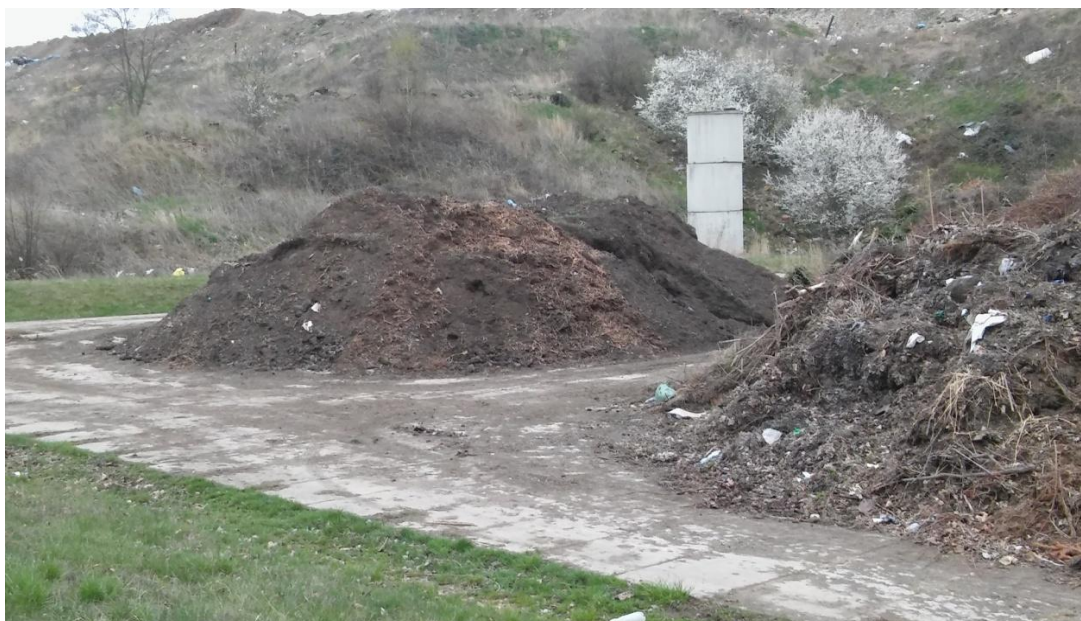
### 4.4 Popis stanovišť pro měření

Stanoviště 1 se nachází vedle čerstvého biologického odpadu, kam se naváží čerstvě přivezený biologický odpad a současně se odsud odebírá materiál pro vytvoření nové zakládky. Na tomto místě je hustý provoz a proto jsem se snažil zachytit hodnoty v největší špičce. Projíždějí a vykládají zde nákladní vozidla s čerstvým biologickým odpadem, kolový nakladač tento odpad odebírá a vrství na hromadu.

Stanoviště 2 je na opačné straně kompostárny a nachází se přibližně 15 metrů od drtiče větví. Na tomto místě se pohybuje pouze nakladač při odkluzu naštěpkovaného materiálu.

Stanoviště 3 se nachází 10 metrů od stanoviště 1, na klidném místě s, přímým výhledem.

Stanoviště 4 se nachází v mírném svahu a je vzdáleno 10 metrů od stanoviště 2.



**Obrázek 12 - Kompost během zrání**



**Obrázek 13 - Navežený biologický odpad pro vytvoření zakládky**

Fotografie jsou pořízeny ze stanoviště 3. Na obrázku 12 vidíme jednu z hromad během jejího zrání a na obrázku 13 je biologický odpad, který bude využit na vytvoření nové zakládky. Více fotografií použít nemohu, protože je na nich vidět technika s logem společnosti a tato firma si nepřeje uveřejňování jejího loga.

## **4.5 Charakteristika kompostárny**

Kompostárna se nachází nedaleko města Dobřany, na skládce komunálního odpadu v areálu bývalé střelnice. Kompostárna leží přímo na skládce a proto má dvojitě těsnění proti úniku nebezpečných látek. Nedaleko kompostárny se nachází jímka odpadních šŕáv. V blízkém okolí se nachází pouze areál skládky a hluboký lesní porost. Od skládky vede příjezdová cesta, která se napojuje na hlavní pozemní komunikaci.

Plocha pro kompostování má 3000 m<sup>2</sup> a kapacita celé kompostárny je 5000 tun. Průměrný příjem kompostovaného biologicky rozložitelného odpadu se pohybuje v rozmezí 20 - 70 tun za den.

Kompostárna má několik částí. V první části probíhá příjem materiálu, který se uloží na hromadu a postupně se z něj odebírá materiál pro vytvoření zakládky v druhé části. V druhé části se štěpkují větve, promíchává se materiál a ukládá se ke zrání ve třetí části. Takto se nechá zrát po dobu minimálně 30 dní za průběžného překopávání. Takto uzrálý kompost je vhodný pro potřeby skládky, v případě prodeje se nechává zrát minimálně 60 dní a po uzrání se protřídí na prosévači kompostu. V poslední části se přijímá biologický odpad, který je znečištěn například ropnými výrobky. Takto znečištěný odpad se kompostuje samostatně a je využit pouze pro potřeby skládky.

Přijímaný materiál je z okolních obcí, měst, obchodních domů a fast foodu. Jsou to traviny, listí, větve, ovoce, zelenina, pečivo, odpady z domácností jako jsou například lógrы ze šálků kávy, použité sáčky od čaje, skořápky od vajíček, popel ze dřeva. Ale i rostlinné tuky a papír.

## **4.6 Technické vybavení kompostárny**

Kolový nakladač Volvo L180H o celkovém výkonu 246 kW a objemu lopaty 4,6 m<sup>3</sup>. Maximální hmotnost nákladu je 8710 kilogramů. Rok výroby 2014.

Drtič větví Green Technik BC 650 o příkonu 68 kW a výkonu 20 - 25 m<sup>3</sup>. Rok výroby 1998.

Sezónně zapůjčený samojízdný vertikální překopávač kompostu SEKO VTC 3000 o příkonu 522 kW a výkonu 1500 - 3000 m<sup>3</sup>·hod. Rok výroby 2013.



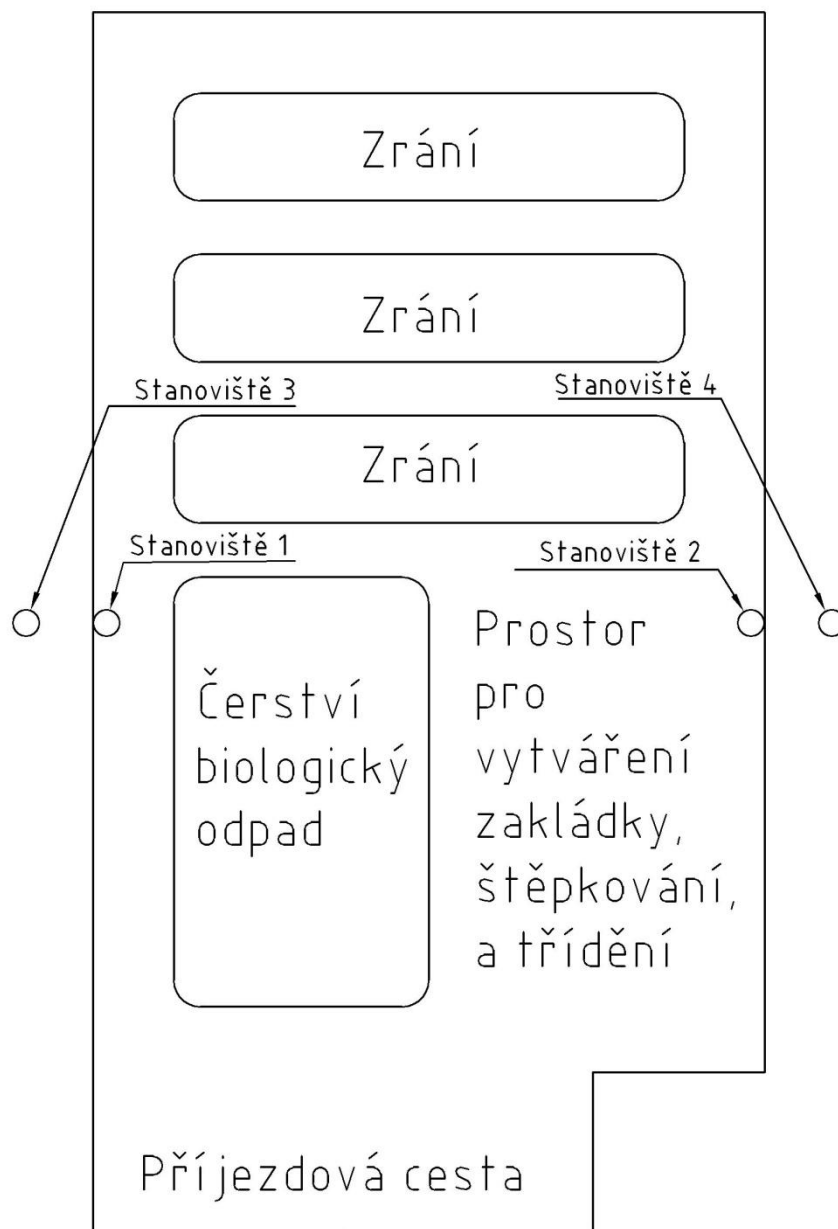


Obrázek 14 - Skládka komunálního odpadu Dobruška [31]



Obrázek 15 - Kompostárna na skládce komunálního odpadu. [31]





Obrázek 16 - Schéma kompostárny a stanoviště měření

## 5 Výsledky

### 5.1 Měření stanoviště 1

Měření za klidu

Začátek měření v 11:22 a konec v 11:27. Měření trvalo přesně 5 minut. A probíhalo v době klidu. Měření bylo orientováno směrem na jih, a probíhalo na hranici kompostárny.

Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 59,3dB v době mezi 183 až 191 vteřinou. V této době nedaleko hranice kompostárny přibližně 20 metrů od stanoviště 1 projížděl nákladní automobil a v blízkosti kompostárny se pohybovala těžká technika.

**Tabulka 2 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 1**

Stanoviště	1
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	59,3
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	39,2
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	50,3
Doba měření [s]	300

Měření za provozu

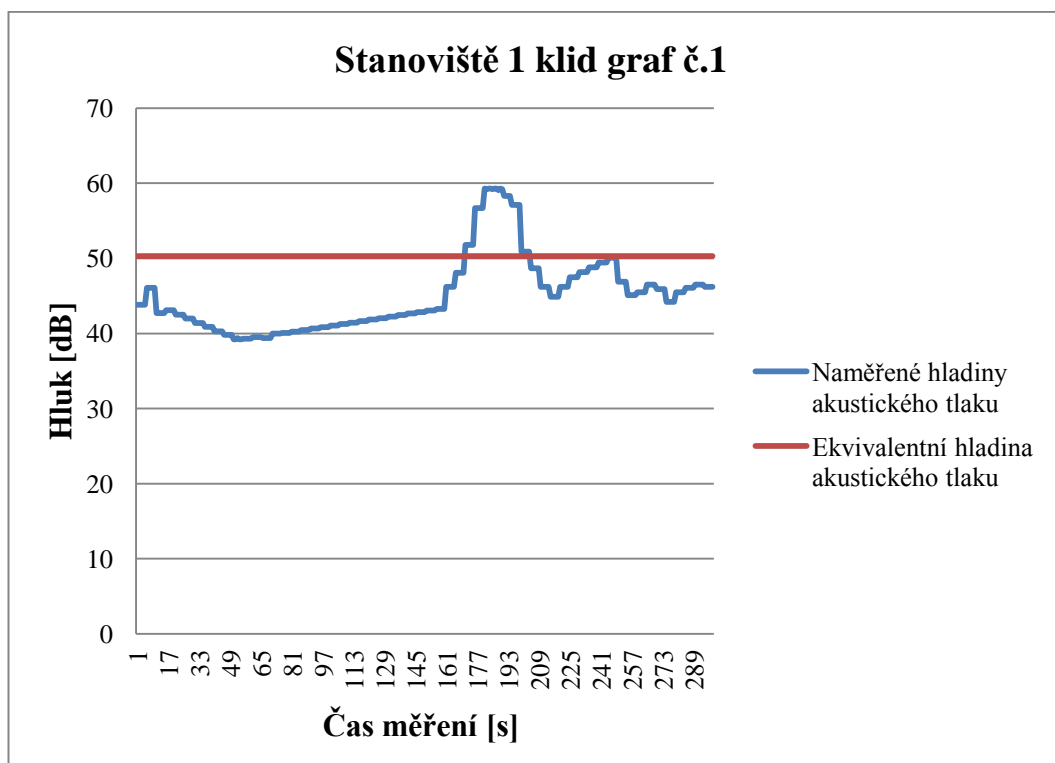
Začátek měření v 14:18 a konec v 14:23. Měření probíhalo během překopávání kompostu a odklizu čerstvého biologického odpadu.

Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 83,8dB v době mezi 68 a 77 vteřinou. V tomto časovém úseku překopávač najížděl do hromady kompostu.

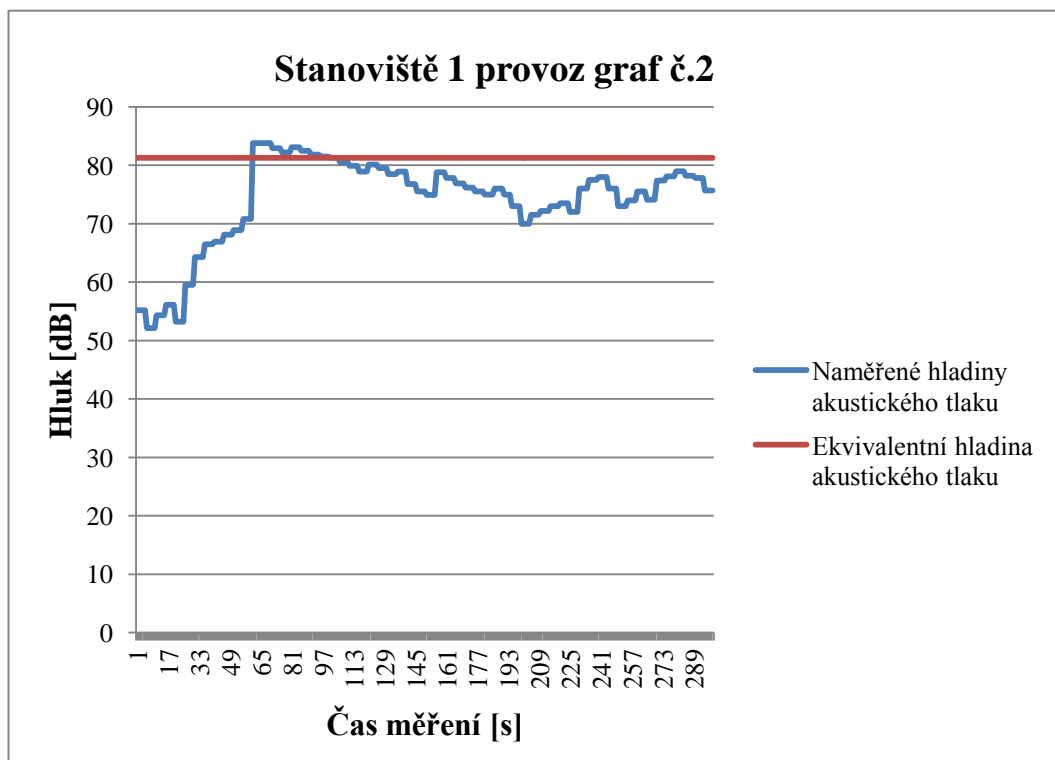
**Tabulka 3 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 1**

Stanoviště	1
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	83,8
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	52,1
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	81,3
Doba měření [s]	300

Graf 1- Měření za klidu stanoviště 1



Graf 2 - Měření za provozu stanoviště 1



## 5.2 Měření stanoviště 2

Měření za klidu

Začátek měření v 11:50 a konec v 11:55. Toto měření probíhalo v době polední pauzy takže na pozemku kompostárny se kromě mě nikdo nenacházel. Stanoviště 2 je na druhém konci pozemku od stanoviště 1, také na hranici pozemku. Měření je orientované severním směrem.

Nejvyšší hladina akustického tlaku byla 36,2dB. Tato hladina byla způsobena hlukem ze skládky komunálního odpadu, v době mezi 81 až 83 vteřinou.

**Tabulka 4 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 2**

Stanoviště	2
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	36,2
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	29,7
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	33,8
Doba měření [s]	300

Měření za provozu

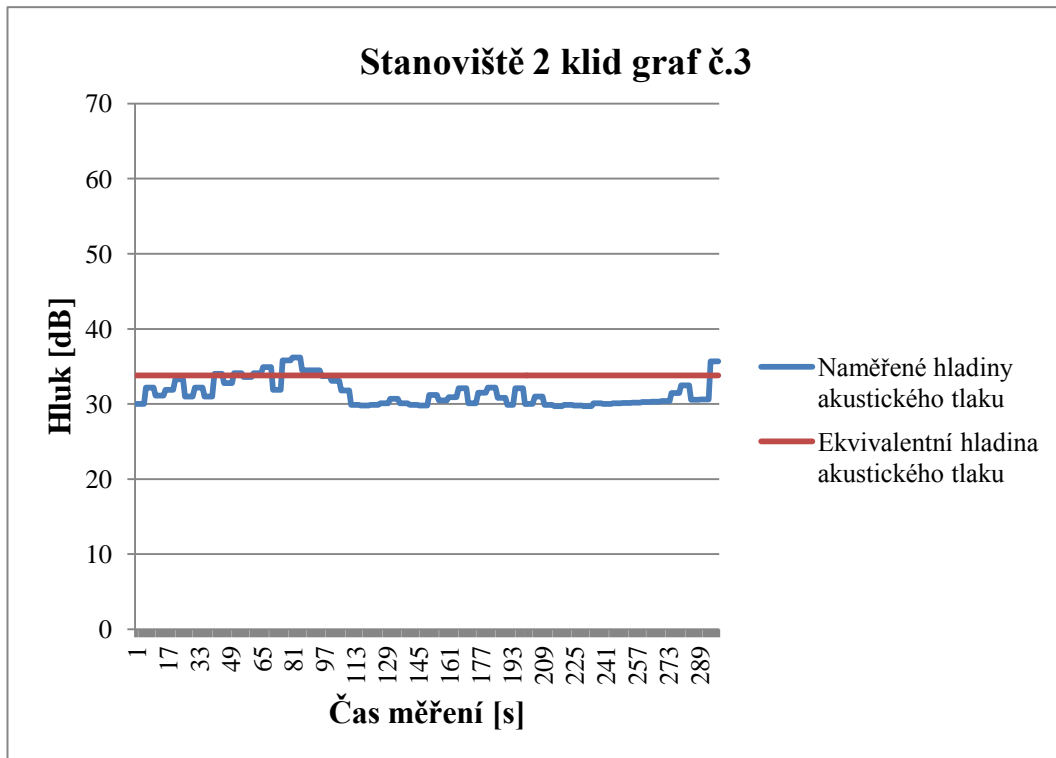
Začátek měření v 14:37 a konec v 14:42. Měření probíhalo během překopávání kompostu a odklizu biologického odpadu.

Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 78,4 dB v době 109 až 117 vteřinou. To bylo způsobeno nakladačem, který se pohyboval v blízkosti stanoviště 2.

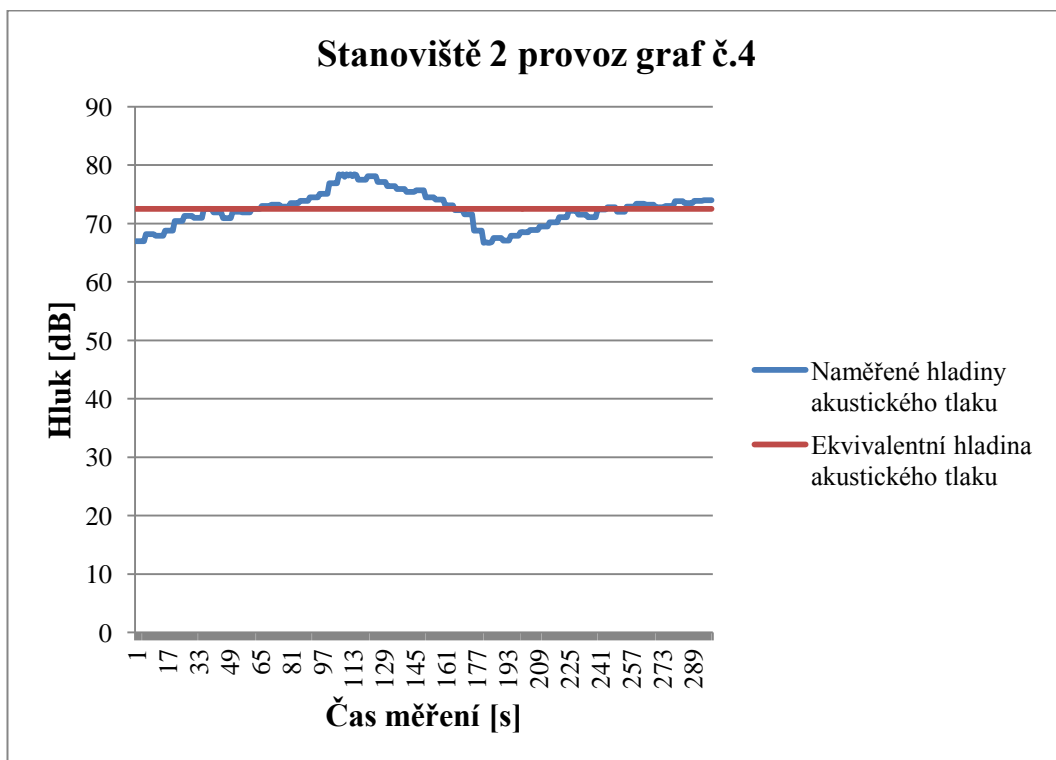
**Tabulka 5 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 2**

Stanoviště	2
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	78,4
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	66,7
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	72,5
Doba měření [s]	300

Graf 3 - Měření za klidu stanoviště 2



Graf 4 - Měření za provozu stanoviště 2



### 5.3 Měření stanoviště 3

Měření za klidu

Začátek měření v 11:22 a konec v 11:27. Měření probíhalo současně s měřením na stanovišti 1. Stanoviště 3 je vzdáleno 10 metrů od hranice pozemku směrem na sever. Měření je směřováno na jih.

Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 56,9 dB v době mezi 183 až 191 vteřinou. Toto zvýšení bylo způsobeno projíždějícím nákladním vozidlem.

**Tabulka 6 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 3**

Stanoviště	3
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	56,9
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	36,7
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	45,1
Doba měření [s]	300

Měření za provozu

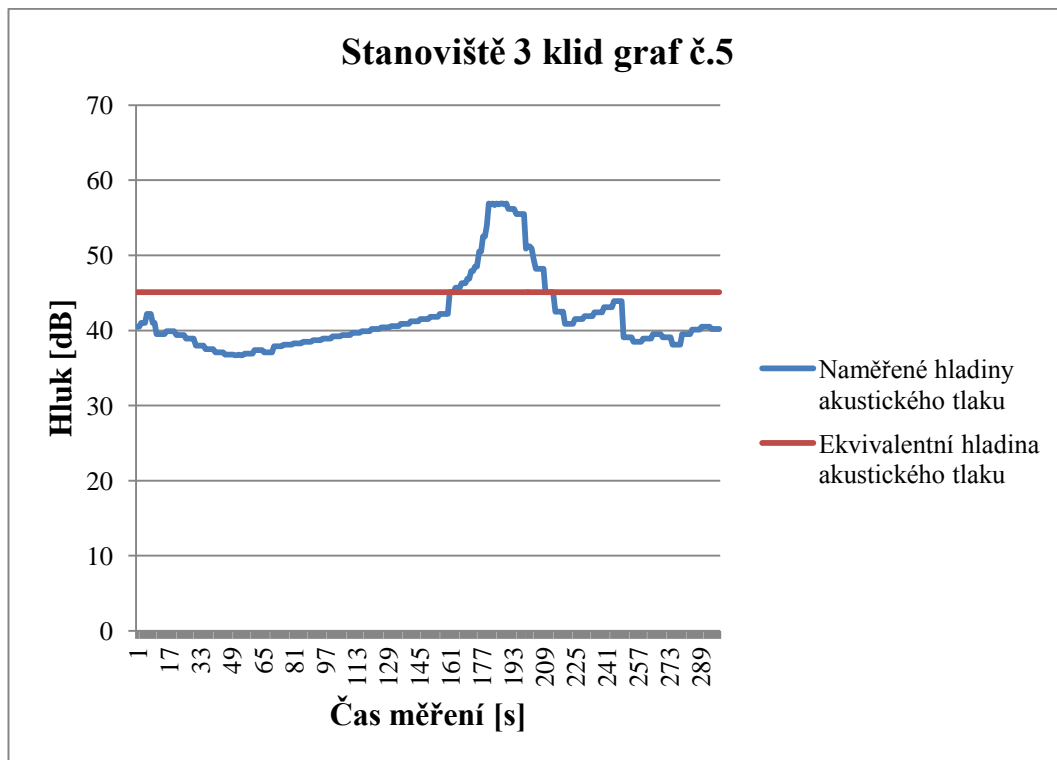
Začátek měření v 14:18 a konec v 14:23. Měření probíhalo během překopávání kompostu a odklizu čerstvého biologického odpadu. Stanoviště měření je vzdáleno 10 metrů od hranice pozemku.

Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 76,8 dB v době mezi 68 a 77 vteřinou. V tomto časovém úseku překopávač najížděl do hromady kompostu.

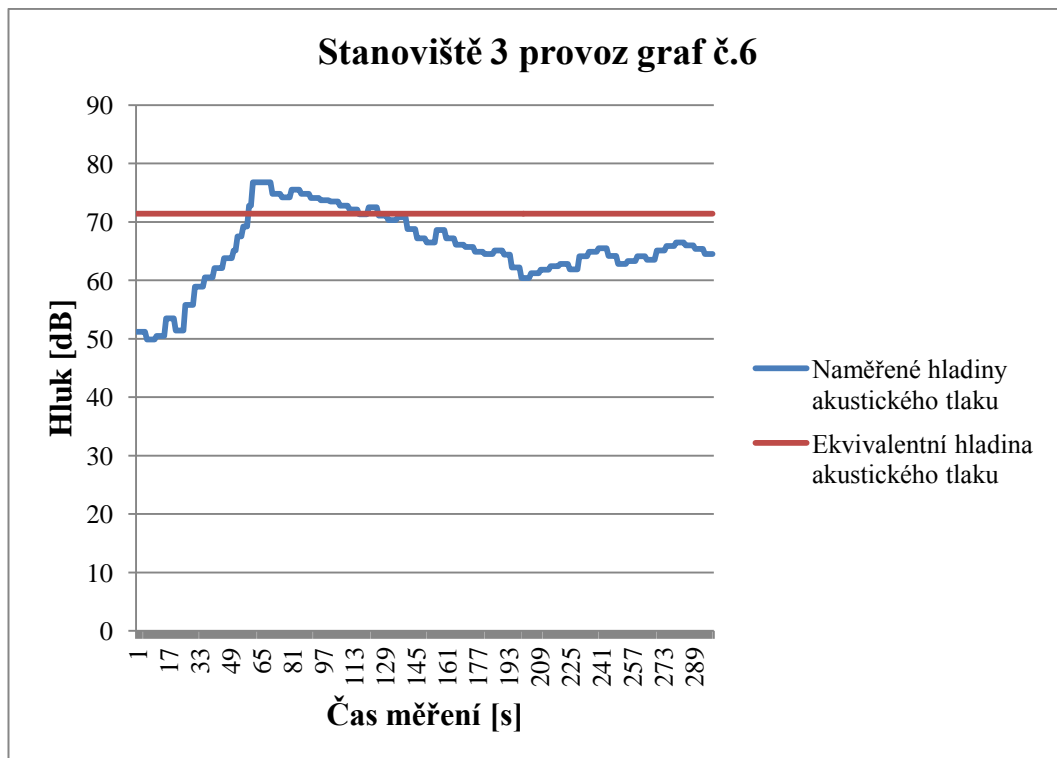
**Tabulka 7 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 3**

Stanoviště	3
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	76,8
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	49,9
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	71,4
Doba měření [s]	300

Graf 5 - Měření za klidu stanoviště 3



Graf 6 - Měření za provozu stanoviště 3



## 5.4 Měření stanoviště 4

Měření za klidu.

Začátek měření v 11:50 a konec v 11:55. Toto měření probíhalo v době polední pauzy takže na pozemku kompostárny se kromě mě nikdo nenacházel. Stanoviště 4 je vzdáleno 10 metrů od stanoviště 2 směrem na jih. Měření bylo orientováno směrem na sever. Toto stanovišti se nachází na mírném svahu blíže ke skládce komunálního odpadu.

Nejvyšší hladina akustického tlaku byla 37,8 dB. Tato hladina byla způsobena hlukem ze skládky komunálního odpadu, v době mezi 81 až 83 vteřinou.

**Tabulka 8 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 4**

Stanoviště	4
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	37,8
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	30,6
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	34,0
Doba měření [s]	300

Měření za provozu

Začátek měření v 14:37 a konec v 14:42. Měření probíhalo během překopávání kompostu a odklizu biologického odpadu.

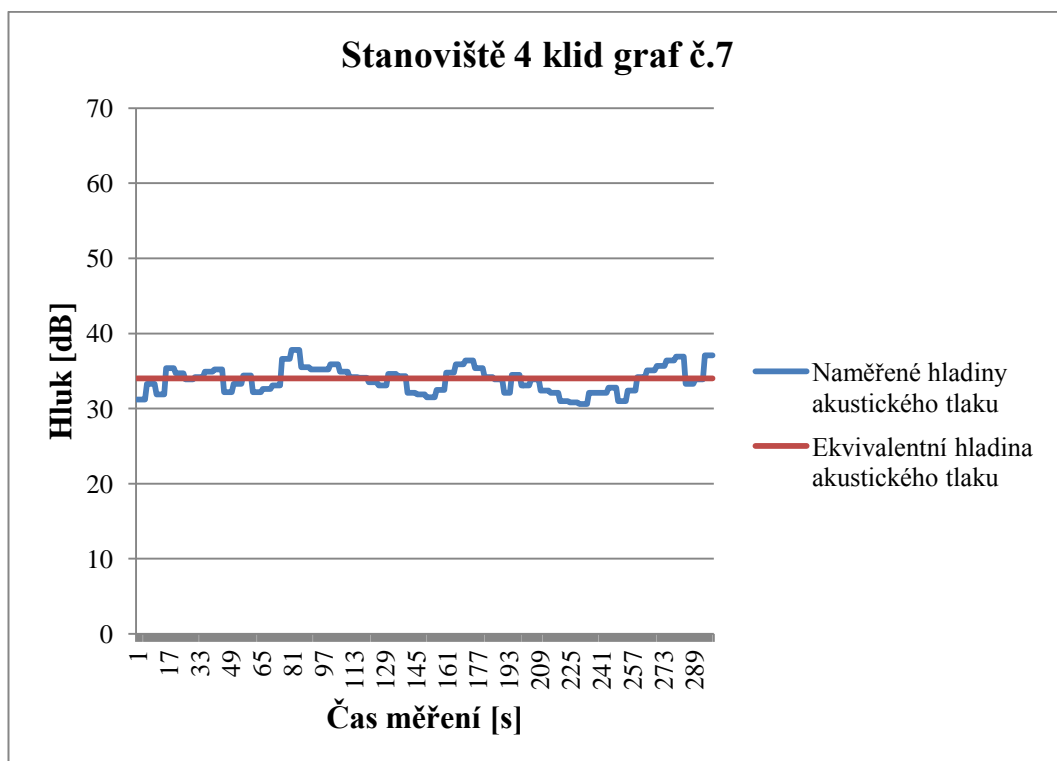
Nejvyšší naměřená hladina hluku byla 73,8 dB v době 109 až 117 vteřinou. To bylo způsobeno nakladačem, který se pohyboval v blízkosti stanoviště 2 a tím se přiblížil ke stanovišti 4.

**Tabulka 9 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 4**

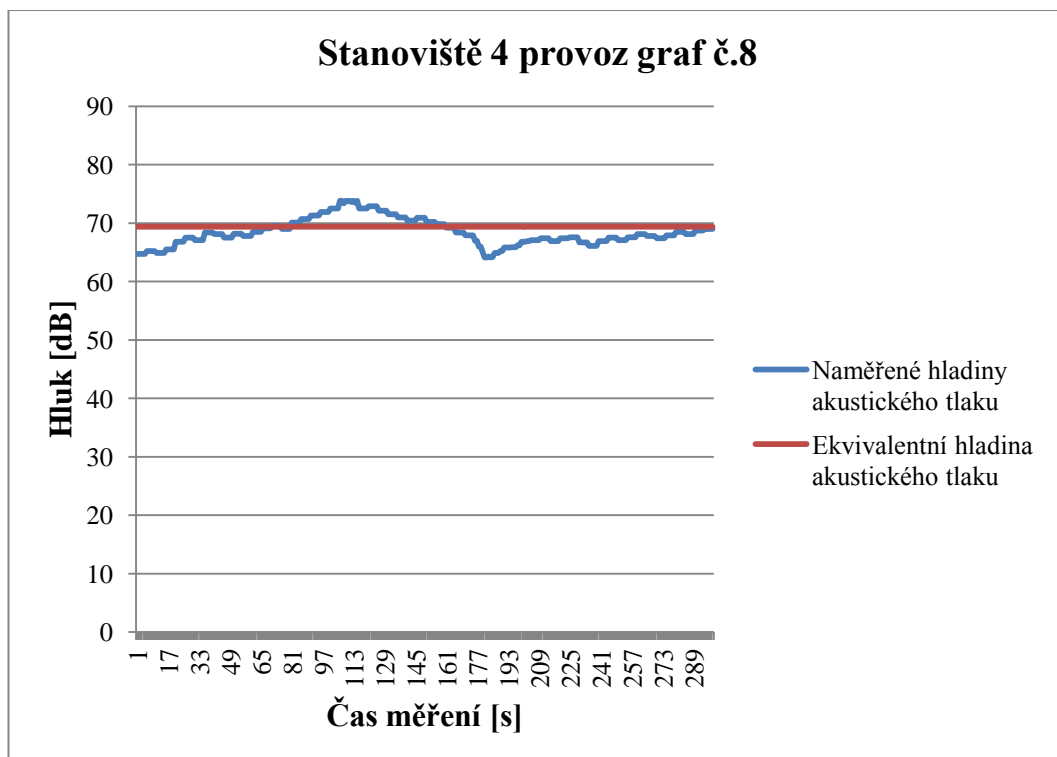
Stanoviště	4
Nejvyšší naměřená hodnota hluku [dB]	73,8
Nejnižší naměřená hodnota hluku [dB]	64,1
Ekvivalentní hladina akustického tlaku [dB]	69,4
Doba měření [s]	300



Graf 7 - Měření za klidu stanoviště 4

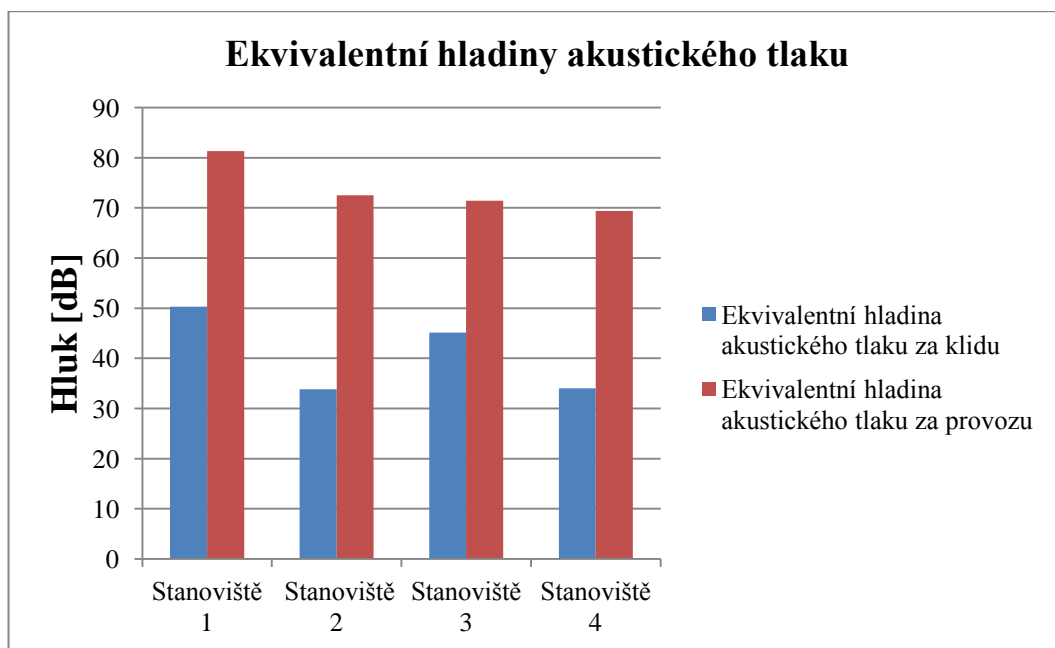


Graf 8 - Měření za provozu stanoviště 4



## 5.5 Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku

Graf 9 - Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku



## 6 Diskuse

Během léta a podzimu je na kompostárny přiváženo nejvíce biologicky rozložitelného odpadu, který se musí zpracovat a to má za následek delší dobu trvání hluku. V době mého měření trvalo překopání kompostu přibližně hodinu a půl. Nakladač pracuje přerušovaně v průběhu celého dne podle četnosti navážení nového odpadu.

Vezmeme-li zákon č. 272/2011 Sb., ve znění pozdějších předpisů v ustanoveních §3 - 10 o ochraně před nepříznivými účinky hluku, kde základní limit pro osmihodinovou pracovní dobu, nesmí překročit ekvivalentní hladinu akustického tlaku 85dB. Zkrátíme-li pracovní dobu, tzn. délku expozice hlukové zátěže, zvýší se hodnota základního limitu přidáním příslušné korekce.

Z mých osmi měření vyplývá, že základní limit pro osmihodinovou pracovní dobu nebyl na žádném z měřených míst překročen.

Nejšetrnější vzhledem ke snižování hluku v našem okolí je tedy vermikompostování. Ovšem v dnešní době, kdy naše společnost vyprodukuje nadměrné množství biologicky rozložitelného odpadu, není možné tímto způsobem dostatečně efektivně tento odpad zpracovávat, a proto v současné době musíme využívat další tři kompostovací metody, které jsou náročnější na použitou techniku.

## 7 Závěr

Kompostárna se nachází na skládce komunálního odpadu. Celý areál je umístěn uprostřed lesa na bývalé vojenské střelnici, kilometr a půl od města. I když nejvyšší naměřená hodnota hluku  $L_{Amax}$  na okraji pozemku kompostárny byla 83,8 dB, za hranicí pozemku byla zjištěna hodnota  $L_{Amax}$  76,8 dB a nejvyšší ekvivalentní hladina akustického tlaku dosahovala hodnotu 81,3 dB, není těmito hodnotami překročen žádný limit, protože podle zákona č. 258/2000 Sb. (ustanovení §30 - 34) se na lesní a zemědělské pozemky a venkovní pracoviště žádné limity nevztahují.

## 8 Seznam použité literatury :

[1] ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.

[2] KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 2. upr. vyd. Praha: Grada, 2004, 109 s. Česká zahrada. ISBN 80-247-0907-4.

[3] MALAŤÁK, Jan a Petr VACULÍK. *Biomasa pro výrobu energie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008, 206 s. ISBN 978-80-213-1810-6.

[4] NOVÝ, Richard. *Hluk a chvění*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2009, 400 s. ISBN 978-80-01-04347-9.

[5] PLÍVA, Petr. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2009, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.

[6] TESAŘOVÁ, Marta. *Biologické zpracování odpadů*. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2010, 129 s. ISBN 978-80-7375-420-4.

[7] JALOVECKÝ, Jiří, a kol. Věstník ministerstva životního prostředí, roč. XXII., č. 7/2012, Praha: ALQ Plus, s.r.o. ISSN 0862-9013, s. 11.

[8] VENDOLSKÝ, Zdeněk, a kol., *Typový projekt komunitní kompostárny*, Zlín, ENVIprojekt s.r.o., 12/2008. 42 s.

### Internetové zdroje

[9] doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., Stavební fakulta ČVUT Praha  
<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/226-utlum-zvuku-ohybem-pres-prekazku>

[10] KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2015-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>

- [11] KAZDA, Jan: Výskyt škodlivých organizmů při kompostování. *Biom.cz* [online]. 2007-02-20 [cit. 2015-01-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyskyt-skodlivych-organizmu-pri-kompostovani>>
- [12] MACOUREK, Michal: Optimalizace surovinové skladby při kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-11-05 [cit. 2015-01-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/optimalizace-surovinove-skladby-pri-kompostovani-zbytkove-biomasy>>
- [13] PLÍVA, P., časopis Komunální technika, Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i. Praha: *Kompostování ve vaku – I.*, Praha, červen 2011, Dostupné z <http://komunalweb.cz/kompostovani-ve-vaku-i/>
- [14] PLÍVA, Petr: Malá mechanizace pro kompostování. *Biom.cz* [online]. 2002-11-04 [cit. 2016-04-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mala-mechanizace-pro-kompostovani>>. ISSN: 1801-2655.
- [15] ŠREFL, Josef: Kompost je energie vrácená do půdy. *Biom.cz* [online]. 2012-11-12 [cit. 2015-01-11]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vcacena-do-pudy>>
- [16] VÁŇA, Jaroslav: Kompostování odpadů. *Biom.cz* [online]. 2002-01-14 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] <http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf>
- [18] [http://www.miniwaste.eu/mediastore/11/16707\\_1\\_FR\\_original.pdf](http://www.miniwaste.eu/mediastore/11/16707_1_FR_original.pdf)
- [19] <http://micurin.blogspot.cz/p/kompostovani.html>
- [20] <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/hluk-v-pracovnim-prostredi>
- [21] <http://www.auris-audio.cz/co-je-to-hluk-a-jak-poskozuje-sluch>
- [22] doc. Ing. Jan Kaňka, Ph.D., Stavební fakulta ČVUT Praha

<http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/221-zdroje-zvuku-v-zivotnim-a-pracovnim-prostredi-veliciny-akusticke-emise>

[23] [http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/hluk\\_v\\_mimoprac\\_prostredi.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/hluk_v_mimoprac_prostredi.pdf)

[24] [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=3927&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3927&typ=html)

[25] <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/plochy-vhodne-pro-kompostovani-v-pasovych-hromadach>

[26] [http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie\\_kompostovani.html](http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_kompostovani.html)

[27] <https://www.borsky.cz/inpage/vyuziti-vermikompostu/>

[28] <http://www.flamy-int.com/cz/neuson-rychlobezny-drtic-sd1600>

[29] <http://www.setra-cr.cz/likvidace-kalu-z-cov-komposty-substraty>

[30] <http://www.somejh.cz/rada-l-bubnove-tridice-pezzolato-z601.html>

[31] <https://www.google.cz/maps/@49.6464023,13.345483,1113m/data=!3m1!1e3>

## 9 Přílohy

### Příloha č. 1, Seznam obrázků

Obrázek 1 - Průběh teploty v jednotlivých fázích kompostování [24] .....	16
Obrázek 2 - Stálá kompostárna na volné, vodohospodářsky zabezpečené ploše [25] .....	20
Obrázek 3 - Kombinovaný bioreaktor systém ENTEC [26] .....	21
Obrázek 4 - Otočné zateplené kompostéry JORA pro menší množství objemu [26] .....	21
Obrázek 5 - Uzavřené kompostovací boxy [26] .....	22
Obrázek 6 - Kompostovací stroj pro plnění vaků [26] .....	25
Obrázek 7 - Kompostování ve vaku [26] .....	25
Obrázek 8 - Kalifornský červený hybrid [27] .....	27
Obrázek 9 - Rychloběžný drtič [28] .....	30
Obrázek 10 - Přívěsný překopávač [29] .....	33
Obrázek 11 - Bubnový třídič [30] .....	35
Obrázek 12 - Kompost během zrání .....	45
Obrázek 13 - Navežený biologický odpad pro vytvoření zakládky .....	45
Obrázek 14 - Skládka komunálního odpadu Dobřany [31] .....	47
Obrázek 15 - Kompostárna na skládce komunálního odpadu. [31] .....	47
Obrázek 16 - Schéma kompostárny a stanoviště měření .....	48

### Příloha č. 2, Seznam grafů

Graf 1- Měření za klidu stanoviště 1 .....	50
Graf 2 - Měření za provozu stanoviště 1 .....	50
Graf 3 - Měření za klidu stanoviště 2 .....	52
Graf 4 - Měření za provozu stanoviště 2 .....	52
Graf 5 - Měření za klidu stanoviště 3 .....	54
Graf 6 - Měření za provozu stanoviště 3 .....	54
Graf 7 - Měření za klidu stanoviště 4 .....	56
Graf 8 - Měření za provozu stanoviště 4 .....	56
Graf 9 - Srovnání ekvivalentních hladin akustického tlaku .....	57



### Příloha č. 3, Seznam tabulek

Tabulka 1 - Klimatické podmínky .....	44
Tabulka 2 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 1 .....	49
Tabulka 3 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 1 .....	49
Tabulka 4 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 2 .....	51
Tabulka 5 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 2 .....	51
Tabulka 6 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 3 .....	53
Tabulka 7 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 3 .....	53
Tabulka 8 - Výsledky měření za klidu na stanovišti 4 .....	55
Tabulka 9 - Výsledky měření za provozu na stanovišti 4 .....	55