



**Kompostování biologicky rozložitelných odpadů
v kompostárně ve Veverských Knínicích**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
Bc. Ing. Dana Adamcová, Ph.D.

Vypracoval:
Bc. Jana Veselá

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Kompostování biologicky rozložitelných odpadů ve Veverských Knínicích vypracovala samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědoma, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucí mé diplomové práce paní Bc. Ing. Daně Adamcové, Ph.D., za odborné rady a podněty při psaní diplomové práce. Dále děkuji nejbližší rodině za podporu, kterou mi při psaní diplomové práce poskytli. Rovněž děkuji obci Veverské Knínice a firmě KTS Ekologie s.r.o. za poskytnuté informace.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou biologicky rozložitelných odpadů a kompostování. Obsahuje několik částí. První část se týká legislativy, zákonných předpisů, způsobů nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a popisem procesu kompostování a anaerobní digesce. V práci bylo také charakterizováno několik základních pojmů vycházejících ze zákona o odpadech, vztahující se k dané problematice, jako je pojem biologicky rozložitelný odpad, biologicky rozložitelný komunální odpad, rekultivace, komunitní kompostování, bioplynová stanice a podobně. Další část je zaměřená na nakládání s biologicky rozložitelnými odpady ve Veverských Knínicích, popis procesu zřízení kompostárny, charakteristiku procesu kompostování v dané kompostárně a hlavně na popis a realizaci pokusu se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách, kdy testovaný vzorek pocházel přímo z dané kompostárny a vzorek kompostu z domácího kompostování. V neposlední řadě bylo provedeno také zhodnocení výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biologicky rozložitelný odpad, rozklad, kompost, kompostování, kompostárna.

ABSTRACT

This thesis deals with the issues of biodegradable waste and composting. It contains several parts. The first part relates to legislation, legal regulations, different ways of dealing with biodegradable waste and composting and anaerobic digestion. In this work, a few of the basic concepts stemming from the Law of Waste were also explained, such as the concept of waste, biodegradable waste, biodegradable communal waste, restoration, community composting, biogas plant and so on. The next part is focused on waste management of biodegradable waste in Veverské Knínice, describe the process of establishment of composting area, characteristics composting in composting area and especially description and implementation of the experiment samples of compost in laboratory, where one test sample is directly from composting area and one sample is from the garden. Finally data was also considered and compared.

KEYWORDS

Biodegradable waste, decomposition, compost, composting, composting plant.

OBSAH

1	ÚVOD	7
2	CÍL PRÁCE	8
3	LITERÁRNÍ PŘEHLED	9
3.1	Základní názvosloví	9
3.2	Legislativní prostředí	12
3.3	Vývoj produkce komunálního odpadu a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v letech 2011–2014	15
3.4	Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady	20
4	MATERIÁL A METODIKA	32
4.1	Analýza v obci Veverské Knínice	32
4.2	Základní údaje o kompostárně ve Veverských Knínicích	34
4.3	Popis procesu zřízení kompostárny ve Veverských Knínicích	38
4.4	Charakteristika procesu kompostování v dané kompostárně	38
4.5	Popis a realizace pokusu se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách	42
5	VÝSLEDKY	52
5.1	Vyhodnocení vzorku referenční půdy	52
5.2	Vyhodnocení vzorku kompostu z kompostárny	53
5.3	Vyhodnocení vzorku domácího kompostu	58
5.4	Srovnání kompostu z kompostárny a domácího kompostu u řeřichy seté	63
5.5	Srovnání kompostu z kompostárny a domácího kompostu u hořčice bílé	64
6	DISKUZE	66
7	ZÁVĚR	68
8	PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY	70
9	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK	74
9.1	Seznam obrázků	74
9.2	Seznam tabulek	75
9.3	Seznam použitých zkratk	76

1 ÚVOD

V České Republice je dlouhodobá tradice kompostování bioodpadů, a to již od vybudování první kompostárny v Praze v roce 1916. V té době bylo kompostování spojeno se zemědělským a také zahradnickým využitím kompostů jako organického hnojiva.

Výroba a využití kompostu dosáhly svého nejvyššího rozvoje v osmdesátých letech. V té době bylo kompostování preferováno v socialistickém zemědělství jako způsob, který zabezpečí soběstačnost ve výrobě potravin zvyšováním úrodnosti zemědělské půdy. K maximu výroby kompostů došlo v roce 1987, kdy byly vyprodukovány $2,8 \cdot 10^9$ kg kompostu.

V té době bylo kompostování bioodpadů podpořeno dotační politikou. Dotace ve formě záporné daňové intervence v těchto letech představovala 36–50 Kč na 1000 kg kompostu aplikovanou na zemědělskou půdu. Kompost byl nedostatkovým zbožím a zájem o jeho využití byl z důvodu nápravy špatného stavu zemědělské půdy, kde byl deficitní přísun organických látek. Každoročně cca 30 %. Kompostárny měly nedostatečnou kapacitu a to bylo řešeno tzv. ambulantní výrobou kompostu přímo na okraji hnojeného pozemku.

Když přišlo období restrukturalizace našeho zemědělství, došlo ke změně agrární politiky a dotace na kompost byla zrušena. Potřeba průmyslových kompostů pro zemědělství v důsledku změny poklesla na $50\text{--}100 \cdot 10^6$ kg ročně. Tento kompost byl většinou poskytován zcela zdarma včetně dovozu.

V roce 2000 byla nařízením vlády č. 344/99 Sb., kterým se stanoví podpůrné programy k podpoře mimoprodukčních funkcí zemědělství, k podpoře aktivit podílejících se na udržování krajiny a programy pomoci k podpoře méně příznivých oblastí, ve znění pozdějších předpisů, poskytnuta dotace na zemědělské využití kompostů ve výši cca $300 \text{ Kč} \cdot 10^{-3} \text{ kg}$. To mělo za následek opětovné zvýšení zemědělského využití kompostů cca $10^9 \text{ kg} \cdot \text{r}^{-1}$. V dalším roce byla tato dotace opět zrušena a následovalo snížení zemědělského využití kompostu na původní množství.

Z této historie vyplývá, že k úspěšnému zavádění a provozování kompostování odpadů musí být dvě motivace. Jde o potřebu nakládání s odpady a dále musí být zájem o využití kompostu. Jelikož zájem o využívání kompostů klesá, především u zemědělců, je další rozvoj kompostování bioodpadů v České republice ohrožen.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této práce na téma „Kompostování biologicky rozložitelných odpadů v kompostárně ve Veverských Knínicích“ je popsat problematiku biologicky rozložitelných odpadů, popsat možné způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady, charakterizovat proces kompostování, analyzovat způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady v dané oblasti, popsat proces zřízení kompostárny ve Veverských Knínicích, charakterizovat proces kompostování v dané kompostárně, popsat a realizovat pokus se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách, vyhodnotit a interpretovat získané výsledky.

3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

3.1 Základní názvosloví

Odpadové hospodářství jako každý vědní obor, má svoje názvosloví, které obsahuje množství základních pojmů a odborných termínů. V následující kapitole jsou uvedeny některé základní pojmy a termíny vztahující se k biologicky rozložitelným odpadům a kompostování. Jsou zde definovány termíny jako odpad, komunální odpad, biologicky rozložitelný odpad, komunitní kompostování a mnoho dalších. Pro lepší orientaci v textu jsou veškeré termíny řazeny abecedně.

Aerobní digesce – je řízený a kontrolovatelný mikrobiální mezofilní nebo termofilní rozklad organických látek bez přístupu vzduchu v zařízení bioplynové stanice za vzniku bioplynu, digestátu nebo rekultivačního digestátu. (anonym, 2008)

Aerobní rozklad – snížení čisté energetické hladiny organické hmoty aerobními mikroorganismy. (Voštová a kol., 2009)

Biologicky rozložitelný odpad – je jakýkoli odpad, který je schopen anaerobního nebo aerobního rozkladu (např. potraviny, odpad ze zeleně, papír).

Biologicky rozložitelný komunální odpad – je biologicky rozložitelný odpad obsažený v komunálním odpadu a v odpadu podobnému komunálnímu. (Kotovicová, 2009)

Bioplynová stanice – je samostatná technologie zpracování bioodpadů, která využívá procesu anaerobní digesce za účelem produkce bioplynu, digestátu nebo rekultivačního digestátu. (anonym, 2008)

Digestát – je stabilizovaný výstup z anaerobního zpracování biologicky rozložitelných materiálů.

Domácí kompostování – je systém sběru a shromažďování rostlinných zbytků z domácností a přilehlých zahrad, jejich úprava a následné zpracování na zelený kompost v místě bydliště občana. (Voštová a kol., 2009)

Hygienizace – je způsob úpravy bioodpadu, který vede k redukci počtu patogenních organismů, které mohou způsobit onemocnění člověka nebo zvířat pod stanovenou mez.

Kompostování – je aerobní proces, při němž se činností mikro a makro organismů za přístupu vzduchu přeměňuje využitelný bioodpad na stabilizovaný výstup – kompost. (anonym, 2008)

Komunitní kompostování – kompostování biologicky rozložitelných odpadů určité komunity (zahrádkářské kolonie, školy, sídliště) a používání kompostu převážně komunitou. (Kotovicová, 2009)

Komunální odpad – je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

Nakládání s odpady – je jejich shromažďování, soustředování, sběr, výkup, třídění, přeprava a doprava, skladování, úprava, využívání a odstraňování. (Mareček, 2003)

Nerozložitelné příměsi – jsou látky, které se při procesu kompostování nemohou měnit (zejména kameny, stavební odpad, kovové předměty, plasty a sklo. (anonym, 2008)

Odpad – je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příslušném zákonu o odpadech. (Kotovicová, 2009)

Oprávněná osoba – je každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady.

Průmyslový kompost – je organické hnojivo vyráběné smícháním a biologickým zráním různých látek obsahujících rozložitelné organické látky a rostlinné živiny. Typové hnojivo dle vyhlášky č. 474/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů O stanovení požadavků na hnojiva, postup výroby podle ČSN 46 5735 Průmyslové komposty. (anonym, 2009)

Původce odpadů – je právnická osoba, při jejíž činnosti vznikl odpad, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vzniká odpad. Původcem komunálního odpadu je obec, a to od okamžiku, kdy fyzická osoba odloží odpad na místě k tomu určeném. (Filip a kol., dotisk 2004)

Rekultivace – je uvedení místa zpravidla dotčeného lidskou činností do souladu s okolím a obnovení funkčnosti povrchu terénu ve vztahu k jeho původnímu užívání nebo nově zamýšlenému užívání; přednostně se řídí zvláštními právními předpisy. (Voštová a kol., 2009)

Rekultivační digestát – je stabilizovaný výstup z anaerobního zpracování bioodpadů, určený pro udržení nebo zlepšení vlastností půdy, použitelný mimo zemědělskou a lesní půdu.

Rekultivační kompost – je stabilizovaný výstup z aerobního zpracování bioodpadů v zařízení k využívání bioodpadů, určený pro udržení nebo zlepšení vlastností půdy, použitelný mimo zemědělskou a lesní půdu.

Stabilizovaný bioodpad – je upravený odpad vznikající při biologické úpravě bioodpadů, splňující požadavky stanovené vyhláškou č. 341/2008 Sb., ve znění pozdějších předpisů, který je možno uložit na skládku podle zvláštního právního předpisu nebo energeticky využít (www.zakonyprolidi.cz).

Veřejná zeleň – parky, lesoparky, sportoviště, dětská hřiště a veřejně přístupné travnaté plochy v intravilánu obce.

Vzorkování – jsou to činnosti zahrnuté v programu zkoušení a související s přípravou a zpracováním plánu vzorkování, s vlastním odběrem vzorku a dalším nakládáním se vzorkem a činnosti související se zpracováním příslušné dokumentace.

Výrobní šarže kompostu – je definované množství kompostu z jedné zakládky mající po skočení komponovacího procesu shodné jakostní znaky.

Výstup ze zařízení k využívání bioodpadů – jedná se o výrobky, které splňují požadavky zvláštních právních předpisů, výrobky, které splňují požadavky vyhlášky č. 341/2008 Sb. a odpady, které již nejsou považovány za bioodpady.

Vytríděný kuchyňský odpad z kuchyní, jídelen a stravoven – odpad pouze rostlinného charakteru (například zbytky zeleniny a ovoce), který nepřišel do kontaktu se surovinami živočišného původu (například se syrovým masem, syrovými produkty rybolovu, syrovými vejci nebo syrovým mlékem).

Využitelný bioodpad – je bioodpad, který lze po úpravě nebo zpracování v zařízeních k využívání bioodpadů dále využít.

Zajištění kvality – je část managementu kvality, který je zaměřen na vytvoření důvěry ve splnění kvalitativních požadavků. (anonym, 2009)

Zakládka – je směs bioodpadů a dalších složek, založených podle skladby stanovené schváleným provozním řádem kompostování ve stejném termínu do jedné či více hromad. (anonym, 2008)

Zařízení – je technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby. (Voštová a kol., 2009)

Zelený kompost – je substrát vzniklý kompostováním rostlinných zbytků.

Zemědělský odpad živočišného původu – jedná se o výkaly a moč zvířat včetně znečištěné slámy nevyužitelné ke hnojení nebo zpracování na organická hnojiva. (anonym, 2008)

3.2 Legislativní prostředí

Kapitola obsahuje stručný výčet platných zákonů, vyhlášek a nařízení, které se aplikují v oblasti odpadového hospodářství a vztahují se k biologicky rozložitelným odpadům. Zásadním právním předpisem české legislativy týkající se biologicky rozložitelných odpadů je bezpochyby zákon o odpadech. Dalším důležitým zákonem týkající se této problematiky je např. zákon o hnojivech.

3.2.1 Platné právní předpisy v České republice

Zákon o odpadech

Zákon č.185/2001 Sb., o odpadech ve znění pozdějších předpisů, umožňuje komunitní kompostování. Jedná se o prevenci vzniku odpadů, kdy se rostlinné zbytky z území obce zkompostují a využijí ke hnojení veřejné zeleně.

Novela č. 229/2014 Sb. zákona o odpadech, ve znění pozdějších předpisů, přinesla obcím povinnost, aby již vedle zavedeného třídění nebezpečných odpadů, papíru, plastů a skla, zajistily také sběr kovů a biologicky rozložitelných odpadů, dále jen BRO. (www.kompostuj.cz)

K zákonu o odpadech se vztahuje i několik vyhlášek, které se zároveň vztahují i k biologicky rozložitelným odpadům a kompostování. Níže je stručný výčet těchto vyhlášek vztahujících se k zákonu o odpadech a k dané problematice.

Vyhlášky k zákonu o odpadech

- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 321/2014 Sb., o rozsahu a způsobu zajištění odděleného soustředování složek komunálních odpadů, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 383/2001 o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.

- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 351/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 478/2008 Sb., kterou se mění vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Vyhláška je prováděcí k zákonu č. 383/2008 Sb. a konkrétně vyjmenovává odpady, pro které platí omezení při sběru a výkupu stanovená tímto zákonem. (www.kr-stredocesky.cz)

Nařízení vlády

Nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky, ve znění pozdějších předpisů. (www.kr-stredocesky.cz)

Zákon o hnojivech

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů. V případě, že zelený kompost není používán pouze ke hnojení veřejné zeleně, může být registrován dle zákona o hnojivech. Po registraci je možné ho uvádět do oběhu, lze jím hnojit zemědělskou půdu, prodávat ho zahrádkářům a občanům. (Jalovecký a kol., 2012)

Vyhlášky k zákonu o hnojivech

- Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů.

Zřízení komunitní kompostárny se kromě zákona o odpadech řídí dalšími právními předpisy:

- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů, při změně v území.
- Zákon č. 500/2004 Sb., správní řád, ve znění pozdějších předpisů, ve specifických případech upravuje postup správních orgánů.
- Zákon č. 20/1987 Sb., o státní památkové péči, ve znění pozdějších předpisů, pokud může být stavbou dotčena nějaká památka.
- Zákon č. 133/1985 Sb., o požární ochraně, ve znění pozdějších předpisů, pokud je v budoucí stavbě nějaké požární riziko. (Jalovecký a kol., 2012)

V každém případě, a to i tehdy, když není pro komunitní kompostování provedena žádná změna v území, je nutné dodržet podmínku, aby při úpravě a kompostování zelených zbytků nedošlo k narušení složek životního prostředí nad míru stanovenou zvláštními právními předpisy.

Těmito předpisy jsou zejména:

- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů. U tohoto zákona se jedná zejména o zajištění odtoku z kompostovací plochy, nejlépe zachycení do jímky, aby nedocházelo ke znečištění povrchových ani podzemních vod.
- Zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. Správným vedením procesu kompostování by měla být zajištěna eliminace nežádoucích emisí.
- Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. Dle tohoto zákona je třeba respektovat ochranu volně žijících živočichů a volně rostoucích rostlin.
- Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů. Pokud je pozemek veden jako zemědělský půdní fond, je zapotřebí respektovat podmínky předpisů.
- Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích, ve znění pozdějších předpisů. Pokud je stavba v blízkosti lesa, je nutné respektovat ochranné pásmo lesa.
- Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, ve znění pozdějších předpisů. Týká se to především používání hlučné techniky v bezprostřední blízkosti zástavby. (Jalovecký a kol., 2012)

3.2.2 Platné právní předpisy v Evropské unii

Zde je stručně uvedena legislativa vztahující se k dané problematice pro Evropskou unii, dále jen EU.

- Směrnice Rady č. 1999/31/EC, o skládkách odpadů. Zde se nachází požadavky na snížení množství biologicky rozložitelných komunálních odpadů ukládaných na skládky.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady č. 98/2008 o odpadech, stanoví v článku 4 hierarchii způsobů nakládání s odpady. (Jalovecký a kol., 2012)
- Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009, o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě. (www.kompostuj.cz)

3.2.3 Obecné povinnosti při nakládání s odpady

Všichni mají povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti a v případě, že odpad vznikne, musí být přednostně využíván a případně odstraňován přípustným způsobem, aby nebylo ohroženo a poškozeno životní prostředí a nepřekročily se limity znečištění prostředí. Přednost má vždy materiálové využití před jinými způsoby využití odpadů. Za účelem snížením nebezpečnosti odpadů pod předepsané limity je zásadně zakázané ředění nebo smíchávání odpadů. Existují však výjimky, které jsou vyjmenované v zákonu. (Filip a kol., dotisk 2004)

3.2.4 Povinnosti při nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Podle vyhlášky č. 321/2014 Sb., ve znění pozdějších předpisů, je obec povinna zajistit místa pro oddělené soustředování minimálně pro biologické odpady rostlinného původu, a to minimálně v období od 1. dubna do 31. října kalendářního roku.

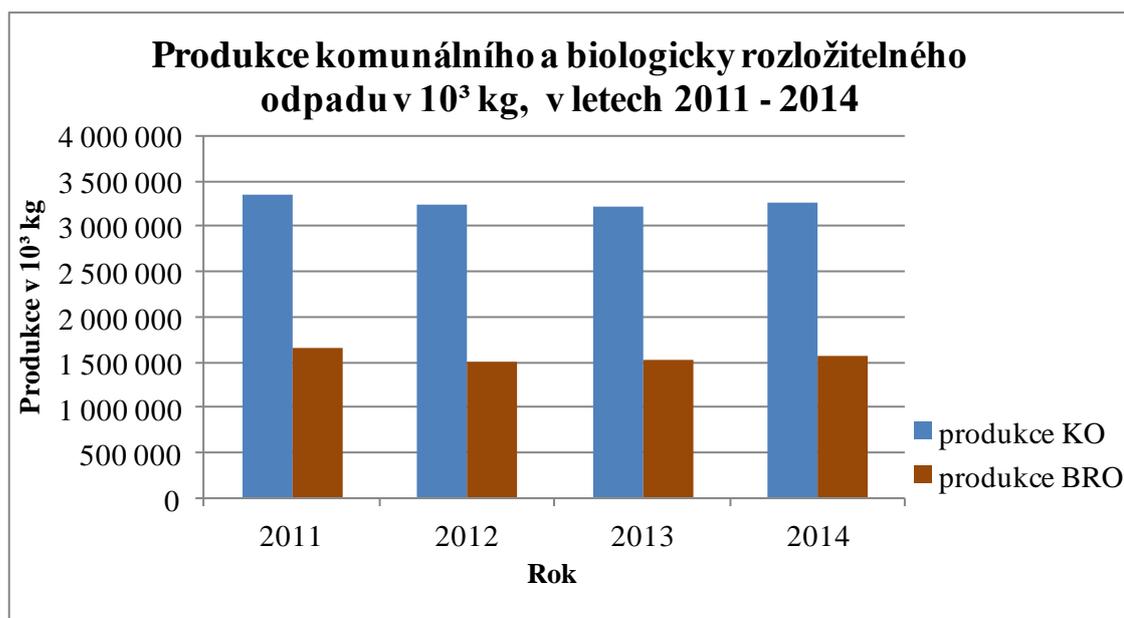
Tato povinnost je splněna také v případě, že biologický odpad rostlinného původu je s ohledem na následný způsob využití soustředován společně s biologickým odpadem živočišného původu. (www.zakonyprolidi.cz)

3.3 Vývoj produkce komunálního odpadu a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v letech 2011–2014

Následující kapitola se zabývá statistickými údaji týkajícími se celkové produkce komunálního odpadu, dále pak KO, v České republice, dále pak ČR, a produkce BRO. Vývoj produkce odpadů je popsán od roku 2011–2014.

3.3.1 Produkce komunálního odpadu a biologicky rozložitelného odpadu v České republice

Podle informací Českého statistického úřadu (číselné údaje viz Příloha č. 1) bylo v ČR v roce 2011 vyprodukováno $3\,357\,877 \cdot 10^3$ kg, v roce 2012 $3\,232\,643 \cdot 10^3$ kg, v roce 2013 $3\,228\,232 \cdot 10^3$ kg a v roce 2014 $3\,260\,581 \cdot 10^3$ kg KO. Co se týče produkce BRO, bylo v ČR v roce 2011 vyprodukováno $1\,645\,704 \cdot 10^3$ kg, v roce 2012 $1\,505\,699 \cdot 10^3$ kg, v roce 2013 $1\,518\,784 \cdot 10^3$ kg a v roce 2014 $1\,563\,791 \cdot 10^3$ kg BRO. Vývoj produkce KO a BRO v letech 2011 – 2014 je uveden na Obr. č. 1. V roce 2011 byla produkce KO a BRO ze všech srovnávaných let nejvyšší. (www.czso.cz)

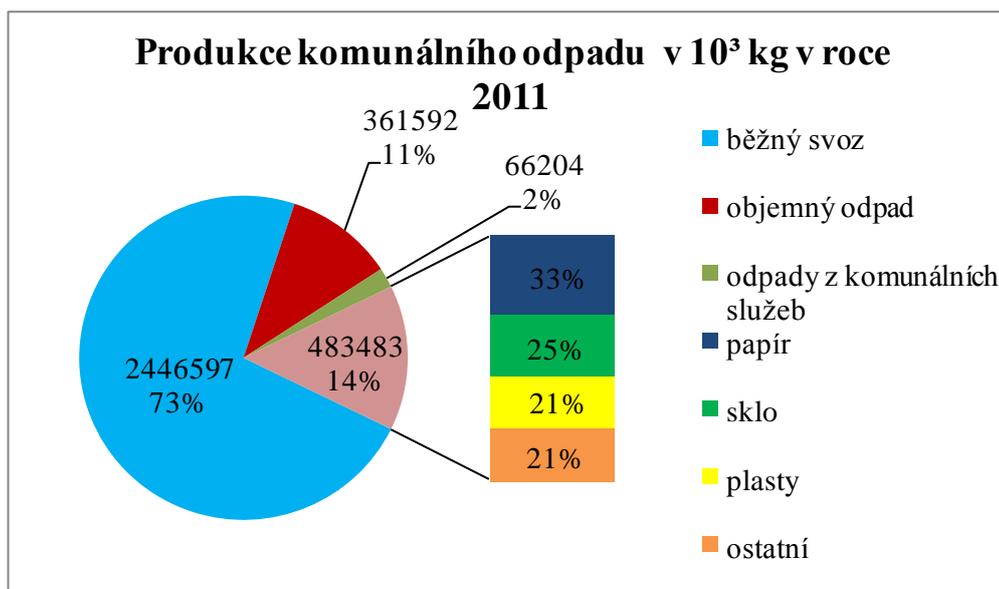


Obr. č. 1 Produkce KO a BRO v letech 2011–2014 v ČR (www.czso.cz, upraveno Veselá 2016)

Z grafu je patrné, že produkce BRO je ve všech sledovaných letech je více než o polovinu nižší než produkce KO.

3.3.2 Produkce komunálního a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v roce 2011

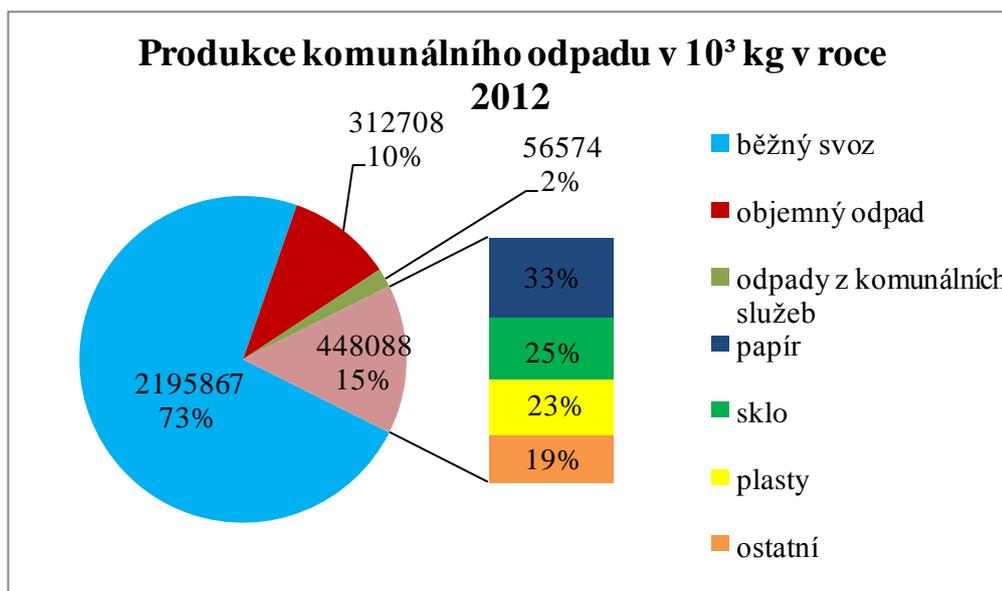
V roce 2011 dosáhl běžný svoz 73 % celkové produkce KO, 14 % činil tříděný odpad a 11 % objemný odpad (Obr. č. 2). Největší podíl odděleně sbíraných složek tvořil papír (33 %), dále sklo (25 %) a plasty (21 %). V přepočtu na 1 obyvatele činila celková produkce KO v roce 2011 320 kg. Odděleně sbírané složky v přepočtu na jednoho obyvatele byly tvořeny 15 kg papíru, 11 kg skla, 10 kg plastů, 10 kg ostatních odpadů. Celkem 46 kg odděleně sbíraných složek na jednoho obyvatele. Co se týče produkce BRO, tak celková produkce v ČR pro rok 2011 byla $1\,645\,704 \cdot 10^3$ kg, v přepočtu na 1 obyvatele 157 kg BRO. (www.czso.cz, upraveno Jana Veselá)



Obr. č. 2 Produkce KO v roce 2011 v ČR (www.czso.cz, upraveno Veselá, 2016)

3.3.3 Produkce komunálního a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v roce 2012

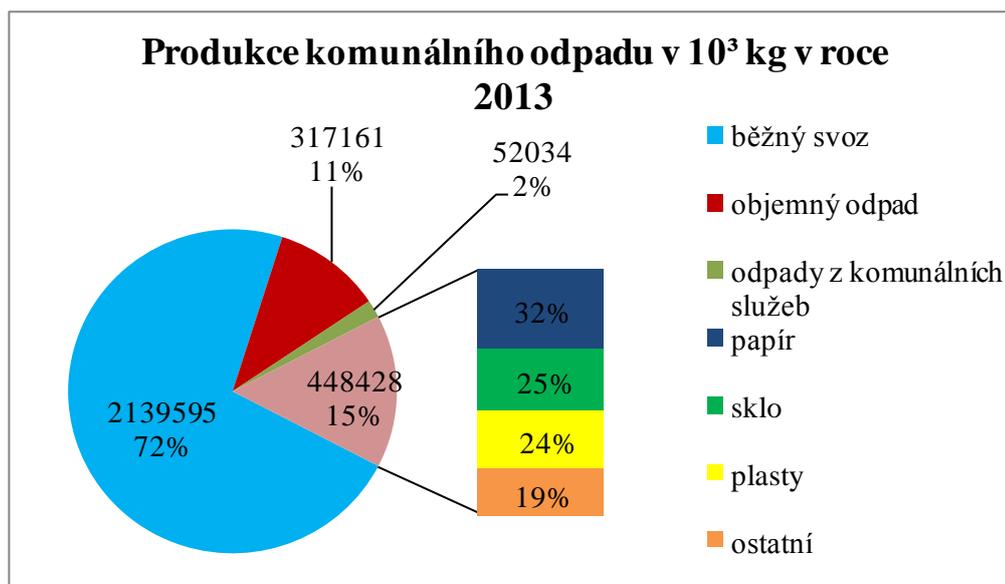
V roce 2012 dosáhl běžný svoz 73 % celkové produkce KO, 15 % činil tříděný odpad a 10 % objemný odpad (Obr. č. 3). Největší podíl odděleně sbíraných složek tvořil papír (33 %), dále sklo (25 %) a plasty (23 %). V přepočtu na 1 obyvatele činila celková produkce KO v roce 2012 308 kg. Odděleně sbírané složky v přepočtu na jednoho obyvatele byly tvořeny 14 kg papíru, 11 kg skla, 10 kg plastů, 8 kg ostatních odpadů. Celkem 43 kg odděleně sbíraných složek na jednoho obyvatele. Celková produkce BRO pro ČR v roce 2012 byla $1\,505\,699 \cdot 10^3$ kg, v přepočtu na jednoho obyvatele se jednalo o 143 kg BRO. (www.czso.cz, upraveno Jana Veselá)



Obr. č. 3 Produkce KO v roce 2012 v ČR (www.czso.cz, upraveno Veselá, 2016)

3.3.4 Produkce komunálního a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v roce 2013

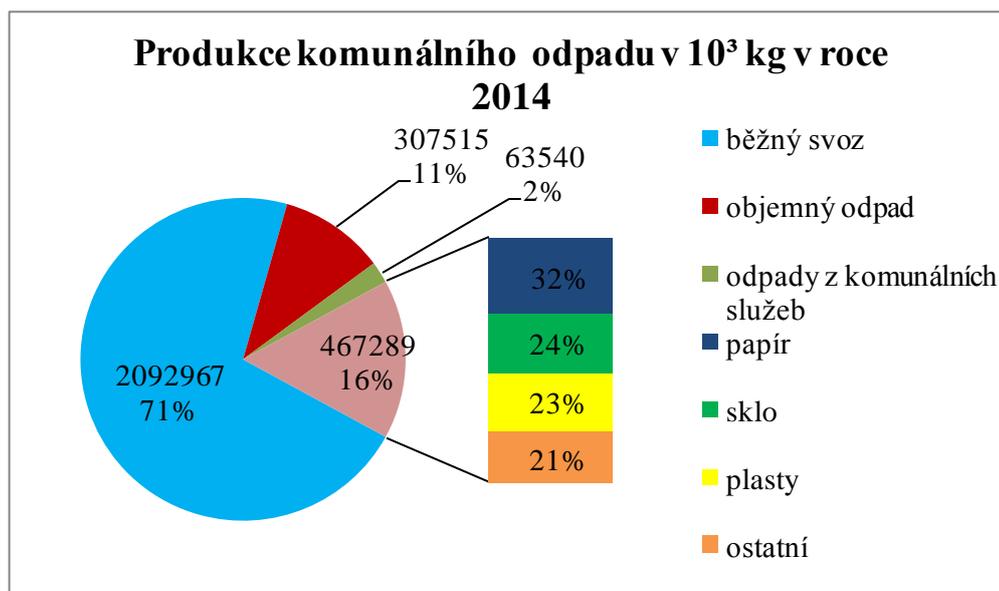
V roce 2013 dosáhl běžný svoz 72 % celkové produkce KO, 15 % činil tříděný odpad a 11 % objemný odpad (Obr. č. 4). Největší podíl odděleně sbíraných složek tvořil papír (33 %), dále sklo (25 %) a plasty (23 %). V přepočtu na 1 obyvatele činila celková produkce KO v roce 2013 307 kg. Odděleně sbírané složky v přepočtu na jednoho obyvatele byly tvořeny 14 kg papíru, 11 kg skla, 10 kg plastů, 8 kg ostatních odpadů. Celkem 43 kg odděleně sbíraných složek na jednoho obyvatele. Celková produkce BRO pro ČR v roce 2013 byla $1\,518\,784 \cdot 10^3$ kg, v přepočtu na jednoho obyvatele se jednalo o 145 kg BRO. (www.czso.cz, upraveno Jana Veselá)



Obr. č. 4 Produkce KO v roce 2013 v ČR (www.czso.cz, upraveno Veselá, 2016)

3.3.5 Produkce komunálního a biologicky rozložitelného odpadu v České republice v roce 2014

V roce 2014 dosáhl běžný svoz 71 % celkové produkce KO, 16 % činil tříděný odpad a 11 % objemný odpad (Obr. č. 5). Největší podíl odděleně sbíraných složek tvořil papír (32 %), dále sklo (24 %) a plasty (23 %). V přepočtu na 1 obyvatele činila celková produkce KO v roce 2014 310 kg. Odděleně sbírané složky v přepočtu na jednoho obyvatele byly tvořeny 14 kg papíru, 11 kg skla, 10 kg plastů, 9 kg ostatních odpadů. Celkem 44 kg odděleně sbíraných složek na jednoho obyvatele. Celková produkce BRO pro ČR v roce 2014 byla $1\,563\,791 \cdot 10^3$ kg, v přepočtu na jednoho obyvatele se jednalo o 149 kg BRO. (www.czso.cz, upraveno Jana Veselá)



Obr. č. 5 Produkce KO v roce 2014 v ČR (www.cszo.cz, upraveno Veselá, 2016)

Z výše uvedených údajů je patrné, že v roce 2011 byla produkce KO a BRO za dané sledované období nejvyšší. V roce 2012 oproti roku 2011 poklesla produkce KO a to o necelé 4 % a produkce BRO poklesla o 8,5 %. Nejnižší produkce KO byla v roce 2013. V porovnání s rokem 2011 došlo k poklesu produkce o 4 %. Nejnižší produkce BRO byla také v roce 2013 a v porovnání s rokem 2011 došlo k poklesu produkce BRO o 8 %.

3.4 Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady

Mezi způsoby nakládání s biologicky rozložitelnými odpady patří jejich biologické zpracování.

Jedná se o materiálové využití odpadů. Pokud nám již odpad vznikl, je podle hierarchie způsobu nakládání s odpadem na předním místě jeho materiálové využití před energetickým využitím nebo odstraněním. (Kuraš, 1994)

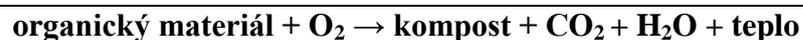
K biologickému zpracování je zařazováno kompostování a anaerobní digesce.

3.4.1 Kompostování

Jedná se o aerobní rozkladný proces, při kterém dochází k odbourání organické hmoty v odpadu na humusové látky, které jsou velmi významné pro rostliny. Během tohoto procesu se zhodnocují organické látky v odpadu za přístupu vzduchu a pomocí vlivu aerobních mikroorganismů. Kyslík v tomto procesu představuje zdroj energie a slouží i jako živina. (Kuraš, 1994)

Výsledkem tohoto procesu je především převedení nestabilních organických surovin na stabilní produkt (kompost). Při tomto procesu dochází ke snížení objemu a hmotnosti, poklesu obsahu vody a potlačení nežádoucích mikroorganismů u vstupního materiálu. (Plíva a kol., 2009)

Zjednodušeně můžeme celý proces vyjádřit následující rovnicí:

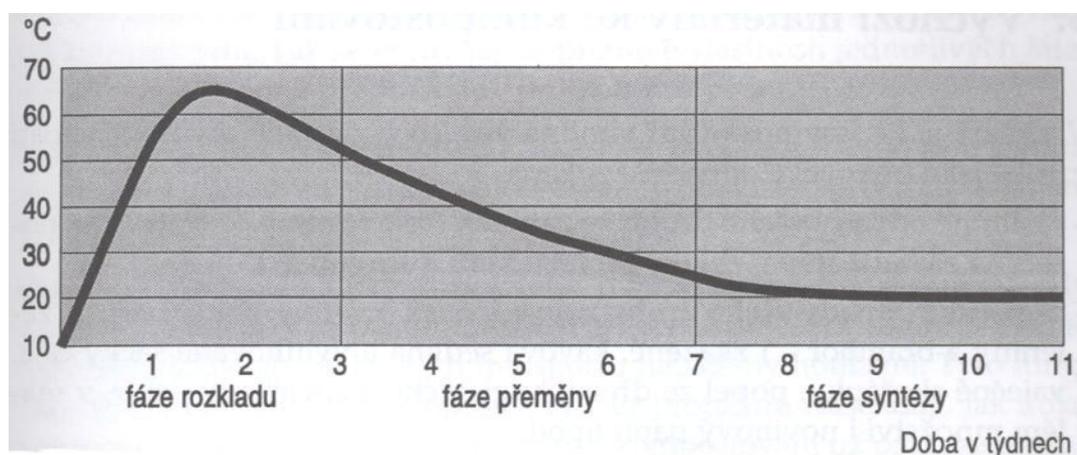


Nejjednodušší je domácí kompostování, které je v hierarchii nakládání s odpady vedeno jako prevence vzniku odpadů. Vyšším stupněm domácího kompostování je komunitní kompostování, které je rovněž považováno za prevence vzniku odpadu. Pro obec je podstatné komunální kompostování nebo průmyslové kompostování s výstupem stovek tisíc až milionů kilogramů kompostu ročně. (Hřebíček a kol., 2011)

3.4.1.1 Průběh procesu kompostování

Rozběhnutý kompostovací proces má tři základní fáze, které jsou od sebe snadno rozeznatelné. Teplota, vzhled, pach a objem substrátu jsou základní vlastnosti, odlišující od sebe jednotlivé fáze kompostování. (Groda a kol., 1995)

Průběh teploty v jednotlivých fázích kompostování je uveden na Obr. č. 6.



Obr. č. 6 Průběh teploty a fáze fermentace (web2.mendelu.cz)

- **FÁZE ROZKLADNÁ – MINERALIZACE**

V této fázi, která též bývá nazývána jako mezofilní, dochází vlivem činnosti mikroorganismů ke zvýšení teploty na 20–45 °C. Tím dochází k intenzivnímu rozvoji mezofilních bakterií a plísní za rozkladu lehce rozložitelných látek (cukry, škrob, bílkoviny, hemicelulóza a některé lipidy) na látky jednodušší (aminokyseliny,

monosacharidy, alifatické alkaloidy, organické kyseliny, CO₂ a další). (Filip a kol., dotisk 2004)

- **FÁZE TERMOFILNÍ – PŘECHODNÁ**

V této fázi se teplem uvolněným biologickou oxidací zvyšuje teplota na 45–70 °C, při které přežívají a rozvíjejí se pouze termofilní bakterie, aktinomycety a některé druhy hub např.: rouškaté houby. V této fázi jsou odbourávány organické látky, které jsou obtížněji rozložitelné, jako je celulóza a lignin. Současně vznikají stabilní organické látky, které mají humusový charakter. Jsou likvidovány patogenní mikroorganismy a dochází také k rozkladu plevelných semen, udržuje-li se teplota na požadované úrovni dostatečně dlouho. (Filip a kol., dotisk 2004)

- **FÁZE DOZRÁVACÍ**

V této fázi dochází vlivem původní mikroflóry, která je tvořena hlavně kokovitými bakteriemi, aktinomycetami a houbami, ke stabilizaci organických humusových látek. Kompost se již nezahřívá a kompostovaná hmota je zcela homogenní a bez zápachu. (Filip a kol., 2004)

Celkový pokles hmotnosti vstupního materiálu od začátku kompostování může být až 50%. Pokles objemu je ještě větší, protože zde dochází ke zhutnění materiálu.

O délce trvání jednotlivých fází kompostování rozhoduje jednak vstupní materiál, jednak vlastní podmínky kompostování ale i další faktory např.: roční období. (Groda a kol., 1995)

3.4.1.2 Faktory ovlivňující kompostování

Stabilita procesu kompostování závisí na mnoha faktorech. Aby při procesu kompostování došlo k rovnováze, musí být tyto faktory pro půdní mikroflóru v určitých poměrech. V následujícím textu budou popsány nejdůležitější faktory ovlivňující proces kompostování.

3.4.1.2.1 Poměr C : N

Mikroflóra potřebuje pro svůj život zdroj uhlíku, ale i dusíku, který je nutný pro syntézu bílkovin. Tyto bílkoviny jsou přímo součástí buněk mikroorganismů a také se přímo účastní metabolických pochodů mikroorganismů jako enzymy. Pro optimální proces musí být tedy obsah dusíku a uhlíku v rovnováze.

Při nedostatku dusíku se průběh humifikace zpomaluje. Při přebytku dusíku dochází naopak k nadměrné mineralizaci a k úniku dusíku ve formě amoniaku. Únik amoniaku vede ke zvyšování pH a to je nepříznivě pro život mikroorganismů. Z tohoto důvodu se mohou biochemické reakce úplně zastavit. (Groda a kol., 1995)

Optimální poměr C : N se pohybuje v rozmezí 20–30 : 1. Pokud je poměr C : N širší, dochází k pomalejší mineralizaci. Pokud je poměr C : N nižší, dochází k velmi rychlému rozkladu a humifikace vázne. (web2.mendelu.cz)

3.4.1.2.2 Optimální přívod vzduchu

Organizmy, které se zúčastňují procesu kompostování, potřebují obrovské množství kyslíku. Největší potřeba je v počáteční fázi. Podle několika výpočtů je kyslík v 1 m³ spotřebován během dvou hodin. Materiál tedy musí být dostatečně kyprý, aby mohl vzduch neustále přicházet zvnějšku až do středu kompostu. Z tohoto důvodu nelze používat kryty nepropustné pro vzduch. (Kalina, 1999)

3.4.1.2.3 Optimální vlhkost

Nedostatek vlhkosti neumožňuje některé důležité hydrolytické reakce, ani život mikroorganismů. Mohou však probíhat některé nežádoucí reakce. Veškeré tyto procesy mohou vést až k samovznícení materiálu. Toto nebezpečí se ještě stupňuje u těch technologií, u kterých se do nehybné vrstvy přivádí vzduch. Pak se může stát, že při vykládání kompostu se nachází místa, kde došlo k samovznícení.

Nadbytek vlhkosti také není žádoucí, protože odpařování vody odvádí značnou část energie a kompost se ochlazuje. Nerozvádí se činnost termofilních bakterií a biologické procesy se mohou zvrhnout v kvašení.

Navíc při vysokém obsahu vody může docházet k jejímu vytlačování ze spodních vrstev. Tato voda pak extrahuje látky ze zpracovávaných materiálů a může zapáchat. Nicméně můžeme říci, že je lepší vyšší než nižší vlhkost. (Groda a kol., 1999)

3.4.1.2.4 Tma a teplo

Mikroflóra, která má být činná v kompostu, může pracovat pouze při absolutní tmě. Proto je vhodné zakrytí kompostu. Jak již bylo zmíněno, nepoužíváme materiály nepropustné pro vzduch, volíme takové materiály, které jsou pro vzduch propustné např.: sláma, seno, listí, jutové pytle atd.

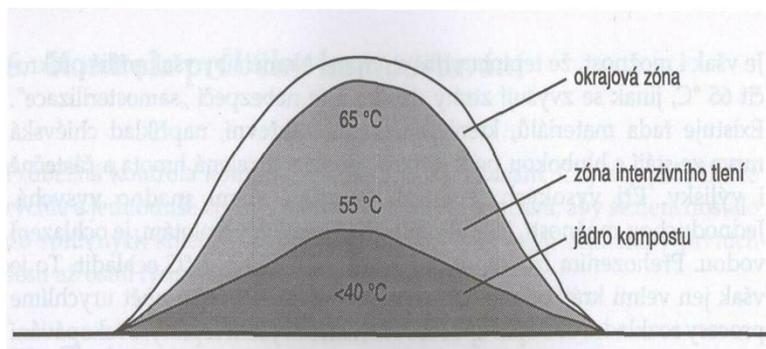
Aby vůbec rozklad začal, je především nutná určitá počáteční teplota. Nejrychleji to jde, když materiál vykazuje 20 až 25 °C. Když se kompostování již rozběhlo, nehraje v první fázi kompostování vnější teplota skoro žádnou roli. (Kalina, 1999)

3.4.1.2.5 Homogenita a zrnitost

Složky kompostu je potřeba dobře podrtit a důkladně promísit. Jako příklad můžeme uvést dřevo a kůru. Jemné piliny jsou ve vhodné směsi přijatelnou složkou kompostu, která se přímo účastní kompostovacího procesu. Na druhé straně hobliny prochází kompostovacím procesem bez jakékoliv výrazné směsi. Podobné je to i se slámou a trávou. (Groda a kol., 1999)

Vyšší zrnitost materiálu může způsobit zpomalení rozkladu výchozích surovin. Naopak při příliš malé zrnitosti může dojít k tvorbě ulehlých, málo kyprých a porézních kompostů, které mají zvýšené nároky na provzdušňování. (web2.mendelu.cz)

Materiál musíme neustále homogenizovat – suchý musíme promíchávat s vlhkým a jemný s hrubým, abychom všude zabezpečili stejné podmínky pro kompostování. Když je kompost správně založen, vytvářejí se po určitém čase na základě rozdílných podmínek pro kompostování různé zóny (Obr. č. 7). (Kalina, 1999)



Obr. č. 7 Rozdělení teplot v kompostu (web2.mendelu.cz)

3.4.1.2.6 Kyselost (pH)

Na počátku kompostování by se měla kyselost pohybovat v hodnotách 4–5. Po rozkladu organických kyselin v termofilní fázi se kompost alkalizuje a hodnota pH je až 8. Vyžralý kompost má hodnotu pH 7–8. Kyselost kompostu můžeme regulovat přidávkem vápenatých hmot např.: mletým vápencem nebo saturačními kaly. (web2.mendelu.cz)

3.4.1.3 Technologie kompostování

Průběh komponovacího procesu je až na malé odchylky podobný u všech technologií kompostování.

Z technologického hlediska lze základní způsoby výroby kompostu rozdělit na:

- **KOMPOSTOVÁNÍ NA VOLNÉ PLOŠE**

Většina kompostáren, je v ČR vybudována na volné ploše, na otevřeném místě a kompostování se provádí v překopávaných zakládkách. Ojedinele se provádí i vynucené provzdušňování zakládek prostřednictvím armatur v podloží zakládek. (Váňa, 2015)

Kompostování v plošných hromadách

Kompostování v plošných hromadách je nejstarší kompostovací technologií. V minulosti se tato metoda používala zejména proto, že nebyla vhodná mechanizace k zakládání pásových hromad. Kompost se zakládal vrstevně z chlévské mrvy, slámy a dalších odpadů do výšky 0,5 m a zpravidla byl zavlažován močůvkou.

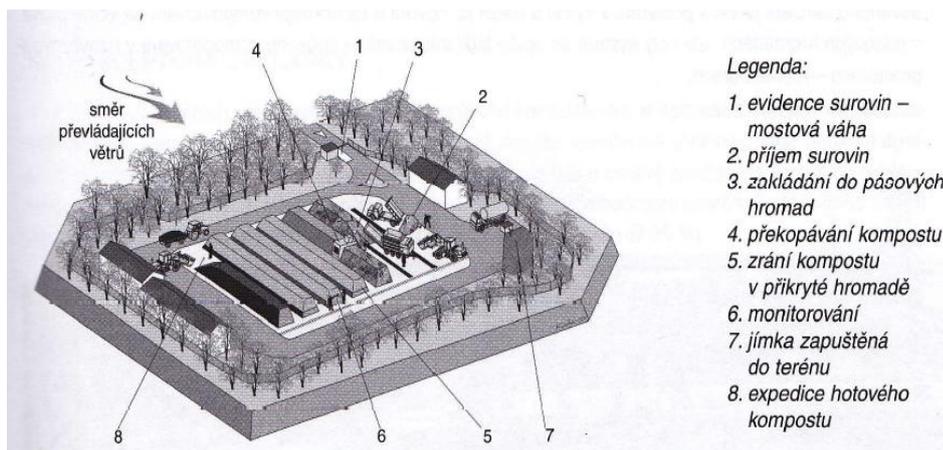
V novodobém kompostování jsou plošné hromady využívány hlavně ve velkých kompostárnách u městských aglomerací, kde se zpracovává velké množství BRO, a to zejména na BRKO. Plošné hromady sahají až do výšky 5 m, jsou překopávány speciálními překopávací kompostu s pracovním ústrojím, které pracuje z boku hromady a kompost je vrstven na nové stanoviště. (Plíva a kol., 2009)

Kompostování v pásových hromadách

Jde o technologii (Obr. č. 8), při které jsou kompostované suroviny zakládány do pásových hromad, který mají trojúhelníkový nebo lichoběžníkový průřez. Hromady jsou zakládány na zabezpečených plochách se speciálními požadavky.

Celková velikost a profil spolu úzce souvisí a do jisté míry na nich závisí i velikost použité mechanizace, zejména šířka záběru překopávače kompostu.

Podle kvality zabezpečení kompostovací plochy a podle množství kompostovaných surovin lze provozovat kompostování na kompostovišti nebo na průmyslové kompostárně. (Plíva a kol., 2009)



Obr. č. 8 Kompostování v pásových hromadách na volné ploše (Plíva, 2009)

• **KOMPOSTOVÁNÍ V UZAVŘENÝCH OBJEKTECH**

V ČR jsou vybudovány též kompostárny v uzavřeném objektu. Předností těchto systémů je, že plyn z kompostových zakládek je v biologickém filtru zbavován zápachajících látek. Další výhodou je možnost celoročního provozu. (Váňa, 2015)

• **KOMPOSTOVÁNÍ V BIOREAKTORECH**

Jedná se o zcela uzavřené zařízení kontejnerového typu ve tvaru boxu nebo válce, které jsou často tepelně izolované. Přívod kyslíku se realizuje provzdušňováním kompostovací vrstvy od spodu.

Tato zařízení mohou pracovat v režimu vsádkové, tzn., že se naplní a vsádka se po potřebnou dobu provzdušňuje, nebo v režimu kontinuálním, což znamená, že kompostovaný materiál se reaktorem posunuje a denně část materiálu opouští reaktor na výstupním konci a odpovídající část materiálu na konci vstupním se naváží. (Groda a kol., 1999)

• **KOMPOSTOVÁNÍ V BOXECH**

Jedná se o kovové nebo plastové hranaté kontejnery, které jsou někdy přizpůsobené pro přemísťování manipulační technikou. Tomu také odpovídá velikost kontejnerů. Po naplnění se tyto kontejnery přemístí do obslužného prostoru, kde se napojí na zdroj stlačeného vzduchu. Po proběhnutí teplotního maxima se kontejner odpojí a materiál se vyloží na dozrávací plochu. (Groda a kol., 1999)

- **KOMPOSTOVÁNÍ VE VACÍCH**

Hromady jsou uloženy v uzavřených PE-vacích známých např. z oblasti uskladňování statkových krmiv, avšak upravených pro kompostování.

Vaky jsou plněny pomocí speciálního stroje surovinami, které se před vložením do vaku musí dostatečně promíchat a homogenizovat. Naplněné vaky můžeme umístit pouze na plochu, která je zpevněná. (Plíva, 2011)

- **VERMIKOMPOSTOVÁNÍ**

Jedná se o specifickou technologii výroby kompostů, při které se používá červený kalifornský hybrid žížal *Eisenia foetida*, který se vyznačuje vysokou produktivností a plodností.

Princip výroby kompostu je založen na schopnost žížal přeměňovat ve svém trávicím traktu přijaté látky organického původu, z nichž 40 % využívají pro svůj vlastní metabolismus a 60 % pro tvorbu biohumusu.

Optimální teplota prostředí pro kalifornského hybrida je 19–22 °C. Optimální vlhkost substrátu se pohybuje v rozmezí 78–82 %. Reakci prostředí vyžadují neutrální. Nejvíce se pohybují ve vrstvách substrátu s dostatkem kyslíku. Žížaly nesnáší přímé sluneční světlo, silnější vítr a již velmi malou koncentraci pesticidů. (Filip a kol., dotisk 2004)

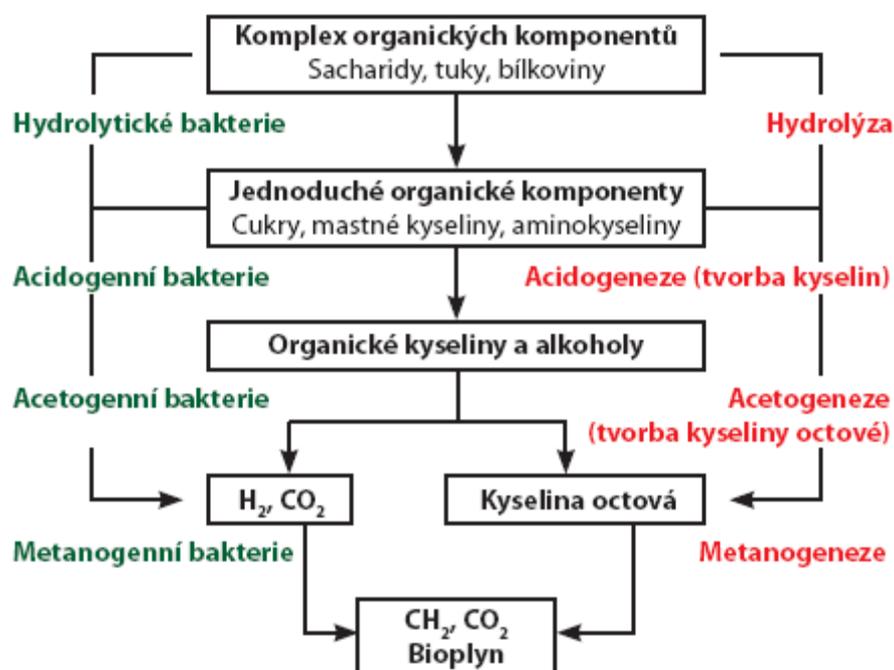
3.4.2 Anaerobní digesce

Anaerobní digesce organických materiálů je souborem procesů, při nichž směsná kultura mikroorganismů postupně rozkládá biologicky rozložitelnou organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Konečnými produkty jsou vzniklá biomasa, plyny jako např.: CH₄, CO₂, H₂ aj. a nerozložený zbytek organické hmoty, který je již stabilizován. To znamená, že je z hlediska hygienického a senzorického nezávadný pro prostředí. (Dohányos, 2008)

Anaerobní digesce se obzvláště hodí pro zpracování nevysušeného biologického odpadu, včetně tuků (např. kuchyňský odpad). V kontrolovaných reaktorech vzniká směs plynů (hlavně metanu – 50 až 70 % a oxidu uhličitého). (www.euroskop.cz)

3.4.2.1 Průběh anaerobní digesce

Anaerobní digesce má čtyři po sobě následující fáze. Jedná se o fázi hydrolýzy, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze. Schéma vzniku bioplynu je uvedeno na Obr. č. 9.



Obr. č. 9 Fáze výroby bioplynu anaerobní fermentací (www.bioplyn.schaumann.cz)

- **HYDROLÝZA**

Jedná se o první stádium rozkladu. Jsou zde rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky (polysacharidy, lipidy, proteiny) na nízkomolekulární látky, které jsou rozpustné ve vodě. Rozklad se děje za pomoci extracelulárních hydrolytických enzymů, produkovaných hlavně fermentačními bakteriemi. (Dohányos, 2008)

- **ACIDOGENEZE**

Během druhé fáze jsou produkty hydrolýzy rozkládány dále na jednodušší organické látky (alkoholy, CO₂, H₂). Fermentací těchto látek se tvoří řada konečných redukovaných produktů. Při nízkém tlaku vodíku je produkována kyselina octová, H₂ a CO₂. Při vyšším obsahu vodíku jsou tvořeny vyšší organické kyseliny (kyselina mléčná, valerová, etanol apod.). (Dohányos, 2008)

- **ACETOGENEZE**

V této fázi probíhá oxidace produktů acidogeneze na CO₂, H₂ a kyselinu octovou, která je také tvořena autogenní respirací CO₂, H₂ homoacetogenními mikroorganismy. Tyto mikroorganismy produkují vodík a rozkládají kyselinu propionovou a ostatní organické kyseliny vyšší než octovou, alkoholy a některé aromatické sloučeniny. Jsou zde zastoupeny i minoritní skupiny organismů (sulfátreduktanty, nitrátreduktanty) produkující vedle kyseliny octové a vodíku také sulfan a dusík. (Žídek, 2004)

- **METANOGENEZE**

Je poslední fází procesu, který obsahuje metanogenní organismy. Tyto organismy rozkládají některé jednoduhlíkaté látky (metanol, kyselina mravenčí, metylamin, CO₂, H₂, CO) a kyselinu octovou. Jsou nejdůležitější trofickou skupinou, mají specifické požadavky na substrát i životní podmínky a vedle acetogenů, které zpracovávají kyselinu propionovou, se často stávají limitujícím faktorem celého procesu. Podle specifiky substrátu je lze rozdělit na pouze hydrogenotrofní nebo pouze acetotrofní. (Žídek, 2004)

3.4.2.2 Faktory ovlivňující anaerobní digesce

Stabilita procesu, tj. udržení jakési rovnováhy, je ovlivňována řadou faktorů, které buď přímo mění životní podmínky mikroorganismů (teplota, pH, toxické látky), nebo musí být brány v úvahu při návrhu anaerobního reaktoru. (Dohányos, 2008)

3.4.2.2.1 Teplota

Teplota zásadně ovlivňuje jednotlivé interakce mezi určitými druhy mikroorganismů. Při změně teploty dochází ke změně rychlosti probíhajících pochodů, což má za následek porušení dynamické rovnováhy procesu, a může tedy vést k úplné havárii procesu. Dlouhodobá změna teplot může vést ke změně zastoupení jednotlivých druhů mikroorganismů. (Dohányos, 2008)

Při teplotě menší než 4 °C ustává činnost plynotvorných bakterií. Při překročení 60 °C dochází naopak k inhibičním účinkům. (Voštová a kol., 2009)

3.4.2.2.2 Hodnota pH

Pro dobrý náběh procesu je vyžadována hodnota pH materiálu od 4,5 do 8,0, optimum se mění s jednotlivými fázemi procesu. Metanogenní bakterie vyžadují pH od 6,7 do

7,6. Vysoká kyselost materiálu, $\text{pH} < 5$ na bakterie působí inhibičně. (Voštová a kol., 2009)

3.4.2.2.3 Přítomnost nutrietů

Pro zpracování a provoz reaktorů je nutný správný poměr N a P k organickým látkám. Potřebný poměr živin udáváme jako CHSK : N : P v rozmezí od 300 : 6,7 : 1 až 500 : 6,7 : 1. Vedle dusíku a fosforu je velmi žádoucí také přítomnost řady mikronutrientů – Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W. Některé stopové prvky zvyšují metanogenní aktivitu. (Dohányos, 2008)

3.4.2.2.4 Přítomnost toxických a inhibujících látek

Toxickými a inhibujícími látkami rozumíme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Nejčastěji se můžeme potkat s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde musíme dodat, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny, při vysokém amoniak. (Dohányos, 2008)

3.4.2.3 Produkty anaerobní digesce

Výslednými produkty anaerobní přeměny bioodpadu jsou plyny (bioplyn) a dále pak vyhnílý kal s obsahem zbylých nerozložených organických látek (digestát), anorganický podíl a kalová voda.

Digestát je tuhý fermentovaný zbytek z provozu bioplynové stanice. Jedná se o odpad, z něž byly při výrobě methanu spotřebovány organické složky pro efektivní výrobu methanu. Po separaci digestátu vzniká fugát, což je oddělená kapalná část digestátu a separát, který představuje tuhou část digestátu. (Červená a kol., 2010)

3.4.2.3.1 Digestát

Jde o tuhý fermentovaný zbytek z provozu bioplynové stanice. Může se zdát, že jde o organické hnojivo, které obsahuje snadno přístupné rostlinné živiny a relativně vysoký poměr C : N, ale v digestátu jsou příměsi, které se v půdě rozkládají delší dobu. Digestát je odpad z něž byly při výrobě methanu spotřebovány organické složky pro efektivní výrobu methanu. (Červená a kol., 2010)

3.4.2.3.2 Bioplyn

Pokud organické látky zůstávají bez přístupu vzduchu, vytváří se bioplyn, který se skládá z téměř dvou třetin z metanu a téměř z jedné třetiny z CO₂ a dalších látek jako jsou vodík, kyslík, dusík apod. (Groda, 1995)

Hodnota výhřevnosti bioplynu je určena obsahem metanu. Ostatní minoritní plyny v bioplynu mají prakticky zanedbatelný energetický význam. Hranice zápalnosti metanu ve směsi se vzduchem je 5 – 15 % objemových. Tato koncentrace metanu již tvoří výbušnou směs. Zápalná teplota bioplynu je určena stejnou hodnotou pro metan, tj. 650 -750 °C. Bioplyn je těžší než vzduch a vytváří pro živočichy i člověka nebezpečné prostředí v reaktorových nádobách, v prohlubeninách u skládek a podobně. (Kára a kol., 2007)

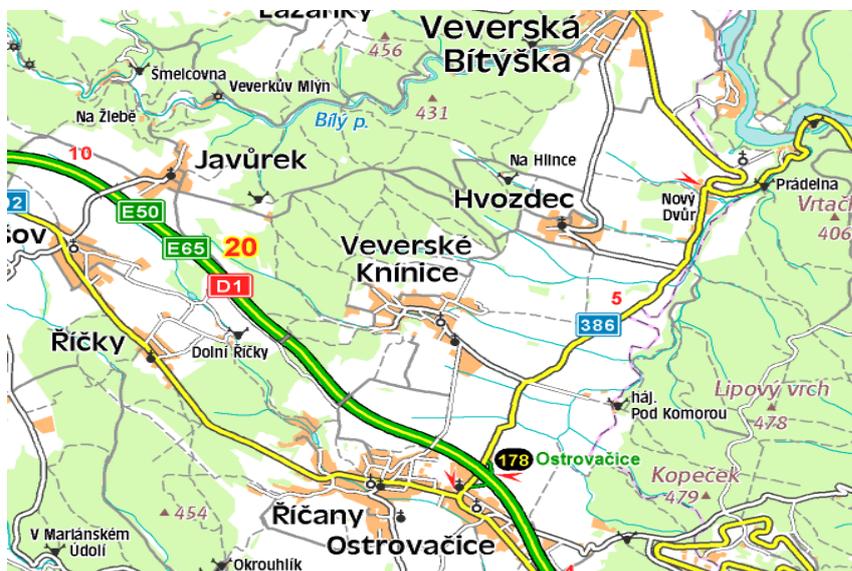
4 MATERIÁL A METODIKA

Tato část práce se bude zabývat nakládáním s odpady ve Veverských Knínicích, popisem procesu zřízení kompostárny, kompostováním v dané lokalitě, popisem vzorků kompostu a realizací pokusu se vzorky kompostu.

4.1 Analýza v obci Veverské Knínice

Obec Veverské Knínice (Obr. č. 10) se nachází zhruba 20 km severozápadně od Brna na rozhraní Boskovické brázdy a Křižanovské vrchoviny. Západně obec sousedí s Javůrkem, na severovýchodě s Hvozdcem a na jihu s Říčanami a Ostrovačicemi. Na východě se rozkládá zalesněná oblast přírodního parku Podkomorské lesy. (www.wikipedia.cz) Příslušnou obcí s rozšířenou působností je město Rosice. Obec leží v průměrné nadmořské výšce 334 m n. m. Celková katastrální plocha obce je 1017 ha, z toho orná půda zabírá padesátšedm procent. Zhruba jedna třetina výměry obce je zalesněná. (www.obce-mesta.info)

K 1. 1. 2014 obec evidovala 922 obyvatel a k 1. 1. 2015 obec evidovala 929 obyvatel. (Obecní úřad Veverské Knínice)



Obr. č. 10 Mapa obce Veverské Knínice (www.veverskekninice.cz)

Historické jméno obce bylo Německé Knínice. První dochovaná zmínka o Německých Knínicích se nalézá v listině z roku 1233, v níž je zmiňován cisterciácký klášter Porta Coeli, založený o tři roky dříve Konstancí Uherskou, vdovou po Přemyslu Otakarovi I. Knínice patřily klášteru a místní obyvatelé se stali jeho poddanými. Později

až do roku 1849 patřily Knínice k panství Veverskému. O tom svědčí i znak obce (Obr. č. 11) nesoucí v centru věž hradu Veveří. (www.orik.cz)



Obr. č. 11 Znak obce Veverské Knínice (www.orik.cz)

Pro školní děti obec zřídila jednu základní školu nižšího stupně a mateřská škola zde slouží pro mladší děti. Pro využití volného času je k dispozici sportovní hřiště. Dále v obci můžeme najít knihovnu, kostel a hřbitov. Místní obyvatelé mohou využívat plynofikaci, kanalizaci i veřejný vodovod. (www.obce-mesta.info)

4.1.1 Nakládání s biologicky rozložitelným komunálním odpadem

Obec začala třídit biologicky rozložitelný komunální odpad, dále jen BRKO, v listopadu roku 2014. Dostala dotace na vlastní svozové vozidlo. V obci se nachází 4 kontejnery na BRKO (Obr. č. 12). 3 kontejnery jsou uloženy vždy na stejném místě a 4 je mobilní. Navíc obec rozdává igelitové pytle na BRKO, které občané po naplnění uloží před svůj dům a každé pondělí je prováděn svoz těchto pytlů. Svoz kontejnerů je prováděn podle potřeby. BRKO si obec sváží sama svozovým vozidlem přímo do kompostárny. Občané se nejprve provozu kompostárny v Knínicích báli. Měli obavu hlavně ze šířícího se zápachu. Nyní jsou jak se systémem sběru BRKO, tak s provozem kompostárny velmi spokojeni.



Obr. č. 12 Kontejner pro sběr BRKO v obci (Veselá, 2016)

4.1.2 Produkce biologicky rozložitelného komunálního odpadu

Produkce BRKO v roce 2014 (Příloha č. 2) byla 3260 kg. V tomto roce je produkce vykazována pouze za měsíc listopad a prosinec.

V roce 2015 byla produkce BRKO (Příloha č. 2) v obci 112 450 kg. Na jednoho obyvatele Knínic se jedná o 121 kg BRKO.

4.2 Základní údaje o kompostárně ve Veverských Knínicích

V následující kapitole jsou uvedeny základní údaje o kompostárně ve Veverských Knínicích jako např. umístění zařízení, charakter a účel zařízení atd.

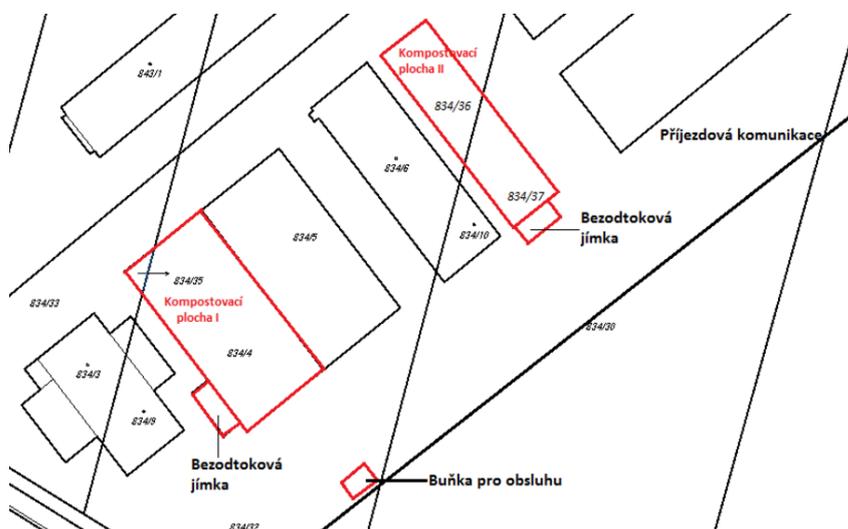
4.2.1 Umístění zařízení

Kompostárna se nachází v areálu společnosti Zemědělská společnost Veverčí, a. s. (Obr. č. 13). Je složena ze dvou kompostovacích ploch (plocha I a plocha II). Plocha I je umístěna v tělese bývalého silážního žlabu, který byl změnou užívání rekolaudován na zařízení kompostárny. Plocha II je umístěna v tělese bývalého hnojiště, u kterého byla provedena legalizace stavby na zařízení kompostárny. Plocha I (Obr. č. 14) se nachází na parcelním čísle 834/35 a na parcelním čísle 834/4, k.ú. Veverské Knínice. Celková rozloha plochy I činí 3031 m². Plocha II (Obr. č. 14) se nachází na parcelním čísle 834/36 a na parcelním čísle 834/7, k.ú. Veverské Knínice. Celková rozloha plochy II činí 1334 m².

Areál Zemědělské společnosti Veverčí, a. s. je oplocený, vjezd do areálu je zabezpečen dvoudílnou uzamykatelnou bránou a je napojen na místní veřejnou komunikaci. (Veselý, 2016)



Obr. č. 13 Areál Zemědělské společnosti (www.mapy.cz)



Obr. č. 14 Schéma zařízení (KTS Ekologie s.r.o., upraveno Veselá, 2016)

4.2.2 Charakter a účel zařízení

Účelem zařízení kompostárny je postupné omezování ukládání BRO na skládky ve smyslu implementace evropské legislativy do legislativy ČR.

Kompostárna slouží pro zpracování rostlinných zbytků z údržby zeleně veřejných prostranství, hřbitovů, hřišť a zahrad a pro zpracování rostlinných zbytků z domácností, vznikajících na území obcí obsluhovaných společnostmi KTS Ekologie s.r.o. tyto odpady jsou zpracovávány metodou aerobního kompostování na otevřených trojúhelníkových základnách na kompostovací ploše. Finální produkt, kompost, je užíván jako 2. skupina třída II – určena pro využití na povrchu terénu užívaného nebo určeného pro městskou zeleň, zeleň parků a lesoparků, pro využití při vytváření rekultivačních vrstev nebo pro

přimíchávání do zemin při tvorbě rekultivačních vrstev, na území průmyslových zón, při úpravách terénu v průmyslových zónách. (Veselý, 2016)

Dále po získání registrace na hnojivo bude využit jako materiál ke hnojení orné půdy. Registrace kompostu na hnojivo je teprve na začátku procesu. Nicméně má KTS Ekologie s.r.o. již smluvního partnera na odběr, kterým je právě Zemědělská společnost Veveří, a.s.

4.2.3 Stručný popis zařízení

Podkapitola obsahuje stručný popis zařízení kompostárny ve Veverských Knínicích. Zařízení kompostárny zahrnuje kompostovací plochu I a kompostovací plochu II. Jsou zde uvedeny také údaje o kapacitě kompostárny a seznam odpadů přijímaných ke zpracování.

4.2.3.1 Kompostovací plocha I

Jedná se o zpevněnou betonovou plochu, která je vodohospodářsky zabezpečena a svedena do bezodtokové jímky o užitém objemu 80 m³.

Kompostovací plocha je rozdělena na dva samostatné stavební a provozní celky. Jedná se o kompostovací plochu, která je určena pro kompostování s vyspádovanou betonovou plochou o rozměrech 51 × 25 m. Plocha je vodohospodářsky zabezpečená nepropustnou fólií a vyspádovaná do bezodtokové jímky. Do podzemní bezodtokové jímky je přes lapák nečistot sveden výluh a dešťová voda z kompostovací plochy. (Veselý, 2016)

4.2.3.2 Kompostovací plocha II

Jedná se o zpevněnou betonovou plochu, která je vodohospodářsky zabezpečena a svedena do bezodtokové jímky o užitém objemu 135 m³.

Kompostovací plocha je rozdělena na tři samostatné stavební a provozní celky. Jedná se o kompostovací plochu, která je určena pro kompostování s vyspádovanou betonovou plochou o rozměrech 61 × 15,8 m. Plocha je vodohospodářsky zabezpečená nepropustnou fólií a vyspádovaná do bezodtokové jímky. Do podzemní bezodtokové jímky je přes lapák nečistot sveden výluh a dešťová voda z kompostovací plochy. Na betonovou kompostovací plochu navazuje ještě zpevněná manipulační plocha. (Veselý, 2016)

4.2.4 Základní údaje o kapacitě kompostárny

Kapacita zařízení na zpracování BRO je $4000 \cdot 10^3$ kg za rok. Denní kapacita zařízení je stanovena na $60 \cdot 10^3$ kg denně.

4.2.5 Seznam odpadů ke zpracování

Na kompostárnu mohou být přijímány a zpracovány následující odpady (Tab. č. 1) kategorie „O“ – ostatní odpad, uvedené v Katalogu odpadů.

Tab. 1 Odpady zpracovávané na kompostárně (Veselý, 2016)

Kód odpadu	Název odpadu
02 01 01	Kaly z praní a čištění
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 07	Odpad z lesnictví
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 03 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
17 02 01	Dřevo
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neupravené pod číslem 19 12 06
20 01 10	Oděvy
20 01 11	Textilní materiály
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 07	Objemný odpad

4.3 Popis procesu zřízení kompostárny ve Veverských Knínicích

K provozování kompostárny není v každém případě potřeba vybudování nových vodohospodářsky zabezpečených ploch, ale lze využít i rekolaudovaná, nevyužitá a hospodářsky zabezpečená zařízení, jako jsou například silážní žlaby, hnojiště, zemědělská složiště aj. Takto tomu bylo i při zřizování kompostárny ve Veverských Knínicích.

4.4 Charakteristika procesu kompostování v dané kompostárně

Následující kapitola se zabývá charakteristikou procesu kompostování v kompostárně ve Veverských Knínicích. Tento proces zahrnuje mnoho úkonů jako např. vážení odpadů a ostatních materiálů a příjem odpadů před samotným procesem kompostování, dále pak přípravu materiálu ke kompostování, zakládání kompostových zakládek a další.

4.4.1 Vážení odpadů a ostatních materiálů

Veškeré dovážené odpady jsou váženy na mostové automobilové váze, která je umístěna u vjezdové brány do areálu Zemědělské společnosti Veverčí, a. s. Užívání váhy pro potřeby KTS Ekologie s.r.o. je ošetřeno smlouvou. (Veselý, 2016)

Přivezený odpad a ostatní materiály jsou ukládány na kompostovací plochu II (Obr. č. 15). Doplnující fotodokumentace z kompostárny je k nalezení v Příloze č. 3



Obr. č. 15 Kompostovací plocha II (Veselá, 2016)

4.4.2 Příjem odpadů

Příjem odpadů probíhá přímým návozem do zařízení, jednotlivé složky pro kompostování jsou shromažďovány v boxech k tomu určených (kromě BRKO, které je

smícháno s ostatními složkami a ukládáno přímo do komponovacích hromad). Dřeviny prochází před zpracováním na kompostárně homogenzátorem. (Veselý, 2014)

4.4.3 Příprava materiálu ke kompostování

Odpad ze zeleně je před založením do kompostovacích hromad podrcen a promíchán. Drcení a míchání je prováděno na kompostovací ploše II. Dřevo z prořezávky keřů, větve stromů, kůra a další dřevní odpad bývá samostatně podrcen štěpkovačem. Štěpky jsou umístěny na kompostovací ploše II a dle potřeby jsou přidávány do zakládky kompostu. (Veselý, 2016)

4.4.4 Zakládání kompostových zakládek

Zakládání kompostovacích zakládek (Obr. č. 16) se provádí přímo při vykládání podrcené promíchané směsi z drtič – míchače a dále se upravuje pomocí nakladače. Pokud je směs v požadovaném poměru C : N zůstává zakládka v nezměněném stavu. První překopávka se provádí až následující den.

Druhým způsobem je postupné zakládání jednotlivých vrstev vždy tak, aby se střídal materiál uhlíkatý s materiálem dusíkatým. Tento způsob se používá v případě vykládky pouze jednoho druhu odpadu např. posekaná tráva. Do základní vrstvy o konečné šířce hromady se ukládá strukturální podrcený odpad. Na tento odpad se ukládá odpad o větší vlhkosti např. čerstvě posekaná tráva, další vrstva je zase štěpka a dále např. odpady z tržišť a další odpad. V tomto případě se ihned po založení provádí první překopávka, při které dochází k promíchání a homogenizaci celé zakládky tak, aby byly nastaveny optimální podmínky pro nastartování činnosti termofilních bakterií. Každá zakládka je označena datem jejího založení. (Veselý, 2016)



Obr. č. 16 Kompostovací zakládky v kompostárně (Veselá, 2016)

4.4.5 Technologie a obsluha zařízení

Technologické vybavení provozu kompostárny bylo pořízeno z dotací EU. Proces žádání o dotace zpomalil celkový rozjezd provozu kompostárny a zakládání kompostovacích zakládek. To je i jedním z důvodů, proč je v praktické části testován pouze jeden vzorek kompostu z kompostárny. Součástí technického vybavení, které kompostárna získala za pomoci dotací je míchací vůz (Obr. č. 17), překopávač (Obr. č. 18) a čelní nakladač.



Obr. č. 17 Míchací vůz (Veselá, 2016)



Obr. č. 18 Překopávač (Veselá, 2016)

4.4.6 Způsob sledování a řízení kvality biologických procesů

Pro udržení správných podmínek při kompostování je potřeba provádět překopávku kompostu a pravidelná měření parametrů v jednotlivých zakládkách, především teploty a vlhkosti.

- **MĚŘENÍ TEPLOT**

Měření a evidence teplot je základní podmínkou kontroly správného kompostovacího procesu. Pokud po založení kompostu a první překopávce nedochází k nárůstu teploty nebo nastává výrazný pokles, svědčí to o nepříznivých podmínkách pro mikroorganismy. Příčinou může být např. špatné surovinové složení nebo nadměrná či nedostatečná vlhkost materiálu.

Měření teplot se provádí tyčovým teploměrem o délce cca 1 m s digitálním ukazatelem. Místem měření teploty je ve středu profilu kompostovací hromady v minimální hloubce 0,5 m od povrchu zakládky. Na každých 8–10 m délky hromady je prováděno jedno měření. Z těchto dílčích hodnot je stanoven aritmetický průměr, který je uváděn v provozním deníku. (Veselý, 2016)

- **TEPLOTNÍ REŽIM**

Vzhledem k charakteru přijímaných odpadů je nutné dodržovat následující teplotní režim. Teplota minimálně 55 °C je dodržována po dobu 21 dní nebo teplota minimálně 65 °C je dodržována po dobu 5 dní. Po dodržení výše uvedeného teplotního režimu může být teplota snížena. Minimální doba procesu po provedené homogenizaci je 60 dnů. Nejvyšší přípustná teplota pro expedici kompostu je teplota nižší jak 40 °C. (Veselý, 2016)

- **MĚŘENÍ VLHKOSTI**

Měření vlhkosti je prováděno následující orientační zkouškou.

Hrst kompostovaného materiálu zmáčkne v dlani. Pokud hrudka materiálu zůstane pohromadě a zároveň z materiálu nekápla voda je vlhkost správná. Pokud se hrudka materiálu rozpadne je vlhkost příliš nízká a je nutné kompostovaný materiál zalít vodou ze záchytné jímky a překopáním promíchat. Pokud z hrudky odkapává voda vlhkost je příliš vysoká, lze proto přidat suchý materiál např. slámu a překopáním promíchat. (Veselý, 2016)

4.5 Popis a realizace pokusu se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách

Tato část práce se bude zabývat popisem pokusu, který se prováděl se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách. Jednalo se o test Phytotoxkit, jehož předmětem bylo stanovení inhibičního účinku látek obsažených v testovacích půdách v počátečních stádiích vývoje rostliny.

4.5.1 Phytotoxkit

Phytotoxkit je tří denní test klíčivosti semen a růstu kořene jednoděložných a dvouděložných rostlin. Zástupcem jednoděložných rostlin je *Sorghum saccharatum* L. (čirok cukrový), zástupci dvouděložných rostlin jsou *Lepidium sativum* L. (řeřicha setá) a *Sinapis alba* L. (hořčice bílá). (www.tocoen.cz)

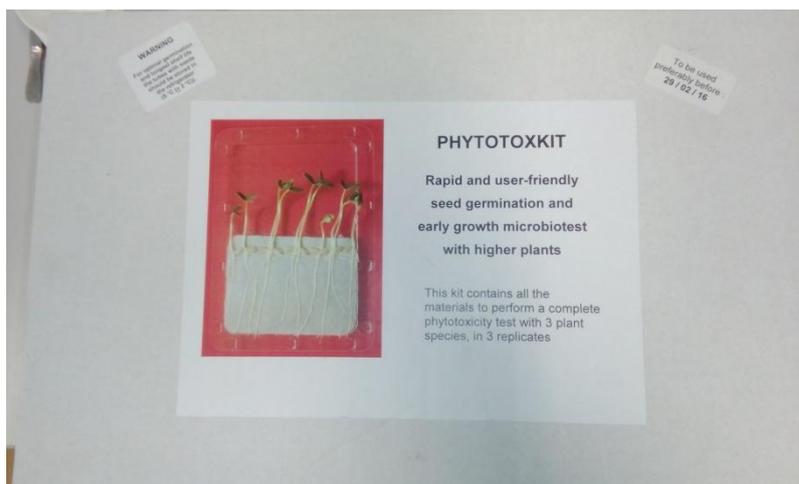
Jde o rychlý test s přímou popisnou analýzou. Test se provádí ve speciálních průhledných nádobách, které umožňují přímé pozorování klíčení semen a měření délky kořenů. Kritériem pro vyhodnocení testu je porovnání klíčivosti semen a růstů kořenů s referenční půdou.

Kromě posouzení toxicity zemin je Phytotoxkit vhodný také pro hodnocení fytotoxicity kalů, sedimentů, kompostů, vod určených k zavlažování půd atd. (www.microbiotests.be)

Předmětem testu je stanovení inhibičního účinku látek obsažených v testovaných půdách, kalech, sedimentech apod. v počátečních stádiích vývoje rostliny.

4.5.2 Sada Phytotoxkit

Sada Phytotoxkit (Obr. č. 19) obsahuje příslušenství, které je potřebné pro vytvoření pokusu. Jedná se o následující věci:



Obr. č. 19 Sada Phytotoxkit (Veselá, 2016)

- **TESTOVACÍ DESKY**

Jde o plastové desky z polyvinylchloridu o rozměrech 21 × 15,5 × 0,8 cm, které se skládají ze dvou částí. Spodní část tvoří dvě přihrádky a vrchní částí je plochý kryt, kterým se zakrývá spodní část. Obě části se dají spojit zacvakávacím systémem po stranách desek. (www.microbiotests.be)

- **OBÁLKA S FILTRAČNÍMI PAPIRY A ETIKETAMI**

Tato obálka obsahuje obdélníkové filtrační papíry s oblými hranami, které mají být umístěny na povrch půdy v dolním prostoru spodní testovací desky. Jsou zde i štítky pro popis a lepší identifikaci desek. (www.microbiotests.be)

- **DRŽÁKY TESTOVACÍCH DESEK**

Držák je vyroben z kartonu a slouží pro vertikální držení testovaných desek během inkubace v inkubačním zařízení. (www.microbiotests.be)

- **PYTEL REFERENČNÍ OECD PŮDY**

Jedná se o igelitový pytel obsahující referenční půdu. Kritériem pro vyhodnocení testu je porovnání inhibice růstu právě s referenční půdou. (www.microbiotests.be)

- **ZKUMAVKY SE SEMÍNKY**

Jde se o zkumavky obsahující semena vybraných druhů rostlin. Pro optimální klíčivost a dlouhou skladovatelnost by měly být trubky uloženy v lednici, kde se teplota pohybuje od 2–5 °C. (www.microbiotests.be)

- **VÁLEC S MIKROSÍTÍ**

Jde o malý plastový válec, který má v dolní části nylonovou gázu a je používán pro stanovení kapacity zadržované vody v testované půdě. (www.microbiotests.be)

- **MIKROPIPETA**

Plastová mikropipeta se širokým hrdlem se používá spolu s mikrosít'ovým válcem pro stanovení kapacity zadržované vody v testované půdě. (www.microbiotests.be)

- **VYHODNOCOVACÍ LISTY**

Jde o listy pro vyhodnocení průměrných údajů klíčení a střední délky kořene pro každý typ osiva v kontrolní i testované půdě a pro výpočet procenta inhibice růstu. (www.microbiotests.be)

- **MANUÁL**

Podrobná brožura se všemi instrukcemi pro výkon standardního Phytotoxkit testu.

4.5.3 Další potřebné příslušenství

K provedení testu jsou potřebné ještě další věci. Jedná se o kádinku o objemu 100 ml, do které se podle pracovního postupu odměří 90 cm³ půdy, o odměrný válec o objemu 50 ml, síto ve kterém je přesíván testovaný materiál, aby byl jemnozrný. Dále byla potřebná pinzeta pro kladení semínek do půdy.

4.5.4 Charakteristika vzorků kompostu

- **VZOREK A – KOMPOSTÁRNA VEVERSKÉ KNÍNICE**

Jedná se o vzorek odebraný z kompostárny ve Veverských Knínicích, provozované firmou KTS Ekologie s.r.o. Jde o úplně první kompost z kompostárny, který byl vytvořen na podzim roku 2015 před ukončením provozu během zimního období. V jarním období letošního roku byla založena nová zakládka až začátkem dubna, tím pádem výsledný kompost nebyl do testování hotov, proto byl použit vzorek kompostu z podzimu roku 2015. Vzorky byly odebrány na konci února 2016.

- **VZOREK B – DOMÁCÍ KOMPOST ZE ZAHRADY**

Tento vzorek byl odebrán v Hrubšicích na zahradě pana Václava Veselého (Obr. č. 20) dne 7. 3. 2016. Jde o kompost, který se skládá z bioodpadů produkovaných v domácnosti i na zahradě. Do zakládky kompostu byly využity zbytky ovoce a zeleniny, skořápky z vajíček, zvadlé květiny a zeminy z květináčů, posekanou trávu, listí, malé větvičky a plevele. Vstupní suroviny byly vrstveny na sebe a někdy prokládány koňským hnojem. Překopávka kompostovací zakládky byla dle potřeby, většinou 1 × za 4 měsíce. Výsledný kompost je používán pro přihnojování na zahrádce nebo do květináčů.



Obr. č. 20 Domácí kompost (Veselá, 2016)

4.5.5 Testovací rostliny

Pro testování vzorků kompostu byla zvolena hořčice bílá (*Sinapis alba* L.) a řeřicha setá (*Lepidium sativum* L.).

- **HOŘČICE BÍLÁ**

Patří do čeledi brukvovitých, *Brassicaceae*. Jedná se o jednoletou, časně jarní rostlinu – olejninu. V půdě setrvává tenkým větvenitým kořenem. Lodyhu má vzpřímenou, roztroušeně chlupatou, až 150 cm vysokou a listy mají jasně zelenou barvu. V dolní části jsou listy pravidelně peřenoklané až peřenodílné, v horní části trojklané. Květy jsou oboupohlavné. Při jarním výsevu kvete hořčice v květnu až červenci, při letním lze kvetoucí hořčice vidět až do pozdního podzimu. Plody jsou odstálé, bílé šešule. (ekotoxikologie.sweb.cz)

- **ŘEŘICHA SETÁ**

Řeřicha patří do čeledi brukvovitých, *Brassicaceae*. Z hlavního kořene vyrůstají rozvětvené stonky s peřenoklanými a peřenosečnými listy a bílými nebo načervenalými květy. Semena jsou uložena v malých šešulích. Řeřicha patří k nenáročným bylinám. Rychle klíčí a semena jsou drobná. (www.ceskebylinky.cz)

4.5.6 Postup založení pokusu

Níže je popsán postup založení pokusu. Jedná se o popis výpočtu úplné hydratace testované půdy a o vlastní přípravu pokusu. Postup založení je zde popsán v obecné rovině a následně pro každý testovaný vzorek kompostu.

4.5.6.1 Výpočet úplné hydratace testované půdy

Přes síto s otvory 2 mm byla prosáta testovaná půda. Kádinka o objemu 100 ml byla naplněna 90 cm³ prosáté půdy. Do odměrného bylo naměřeno 50 ml vody. Touto vodou bylo následně zalito 90 cm³ odměřené půdy. Voda s půdou byla smíchána, aby byla půda zcela nasycena vodou. Půda a voda byla zamíchána a bylo počkáno, až se vytvoří vrstva vody na povrchu. Tato voda byla opatrně přelita do odměrného válce, tak aby nedošlo k přenosu půdních částic. Bylo vyčkáno několik minut a do odměrného válce byl přelit zbytek vody z povrchu půdy. Následně byl vypočítán objem vody potřebný pro úplné nasycení testované půdy. Pro výpočet byl použit následující vzorec (1).

(1)

$$V_{\text{sat}} = (50 - S) \text{ ml}$$

Kde hodnota S je voda vrácená do válce.

4.5.6.2 Příprava pokusu

Do testovacích desek bylo naváženo 90 cm³ potřebného materiálu, který byl zalit vodou, která se rovná hodnotě V_{sat} , která byla vypočítána pro daný vzorek. Poté byl přiložen filtrační papír, na který po zvlhčení byla dána semena testovaných rostlin. Do každé testovací desky bylo vloženo celkem 10 semen. Takto připravený vzorek byl zakryt druhou částí testovací desky. Na připravený vzorek byl nalepen identifikační štítek a byl vložen do papírového držáku a poté strčen do inkubátoru, který byl nastaven na 25 °C. V inkubátoru byl ponechán po dobu 72 hodin. Poté byly desky vytáhnuty a byly změřeny délky kořínků testovaných rostlin. Změřené hodnoty byly zapsány v milimetrech do Excel tabulky.

4.5.6.3 Příprava pokusu s referenční půdou

Byly připraveny testovací desky, do kterých byla navážena referenční OECD půda, dále jen referenční půda (Obr. č. 21). Pro řeřichu setou i pro hořčici bílou byla provedena tři opakování. U referenční půdy bylo tedy připraveno šest testovacích desek. Do každé z desek bylo naváženo 106 g referenční půdy, která byla zvlhčena 35 ml vody. Výpočet úplné hydratace se pro referenční půdu neprovádí. Jelikož se jedná o půdu, která je při těchto pokusech jasně stanovena, je množství vody také pevně stanoveno.

Na zvlhčenou půdu byl přiložen filtrační papír, na který byla do horní části položena semena rostlin. Do každé testované desky bylo vloženo celkem 10 semen.

Takto připravené desky byly zakryty druhou částí testovací desky a popsány štítky OECD L.S. A, OECD L.S. B, OECD L.S. C pro řeřichu setou a OECD S.A. A, OECD S.A. B, OECD S.A. C pro hořčici bílou. L.S. bylo zvoleno jako označení pro řeřichu setou a S.A. bylo zvoleno jako označení pro hořčici bílou. Písmena A – C označují počet opakování pokusu.

Takto nachystané desky byly vloženy do papírového držáku a poté do laboratorního inkubátoru, který byl nastaven na 25 °C. Nachystaný vzorek byl v inkubátoru po dobu 72 hodin. Vzorky byly kontrolovány každý den, tedy po 24 hodinách, 48 hodinách a 72 hodinách. Fotodokumentace pokusu je k nalezení v Příloze č. 4



Obr. č. 21 Referenční OECD půda (Veselá, 2016)

4.5.6.4 Příprava pokusu s kompostem z kompostárny

Přes síto s otvory 2 mm byl proset kompost z kompostárny (Obr. č. 22). Kádinka o objemu 100 ml byla naplněna 90 cm³ prosetého kompostu. Jednalo se zhruba o 106 g kompostu. Do odměrného válce bylo naměřeno 50 ml vody. Touto vodou bylo následně zvlhčeno 106 g odměřeného kompostu. Voda s kompostem byla smíchána, aby byl kompost zcela nasycen vodou. Kompost a voda byla zamíchána a bylo počkáno, až se

vytvoří vrstva vody na povrchu. Tato voda byla opatrně přelita do odměrného válce, tak aby nedošlo k přenosu půdních částic kompostu. Bylo vyčkáno několik minut a do odměrného válce byl přelit zbytek vody z povrchu kompostu. Následně byl vypočítán objem vody potřebný pro úplné nasycení testovaného kompostu.

Výpočet V_{sat} pro kompost z kompostárny byl (2):

(2)

$$V_{sat} = (50 - 9) = 41 \text{ ml}$$



Obr. č. 22 Přesévání testované půdy (Veselá, 2016)

Byly testovány vzorky o 10% koncentraci kompostu, 25% a 50% koncentraci kompostu. Při 10% koncentraci bylo tedy z původních 106 g naváženo 10,6 g kompostu a zbytek do hodnoty 106 g byl doplněn referenční půdou. Jednalo se tedy o 95,4 g referenční půdy. Při 25% koncentraci bylo naváženo 26,5 g kompostu a zbytek do hodnoty 106 g byl doplněn referenční půdou. Jednalo se tedy o 79,5 g referenční půdy. Při 50% koncentraci kompostu bylo naváženo 53 g kompostu a zbytek do 106 g bylo doplněno referenční půdou. Jednalo se tedy o 53 g referenční půdy. Pro řeřichu setou i pro hořčici bílou byla provedena tři opakování u každé koncentrace. Bylo tedy připraveno osmnáct testovacích desek pro testování kompostu z kompostárny.

Navážený kompost s referenční půdou byl dán do testovaných desek a byl zvlhčen takovým množstvím vody, které se rovná V_{sat} pro daný kompost, popsáno viz výše. Pro kompost z kompostárny vyšla tato hodnota 41 ml. Navážený kompost s referenční půdou byl tedy zvlhčen 41 ml vody. Následně byl na takto připravený vzorek položen filtrační papír, na který byla do horní části položena semena rostlin. Takto připravené desky byly zakryty druhou částí testovací desky a popsány štítky L.S. 10% A – C, L.S. 25% A – C, L.S. 50% A – C pro řeřichu setou a S.A. 10% A – C, S.A. 25% A – C, S.A.

50% A – C pro hořčici bílou. L.S. bylo zvoleno jako označení pro řeřichu setou a S.A. bylo zvoleno jako označení pro hořčici bílou. Písmena A – C označují počet opakování pokusu.

Takto nachystané desky byly vloženy do papírového držáku (Obr. č. 23) a poté do laboratorního inkubátoru, který byl nastaven na 25 °C. Nachystaný vzorek byl v inkubátoru po dobu 72 hodin. Vzorky byly kontrolovány každý den, tedy po 24 hodinách, 48 hodinách a 72 hodinách. Fotodokumentace pokusu je k nalezení v Příloze č. 5



Obr. č. 23 Vzorky v držácích nachystané do inkubátoru (Veselá, 2016)

4.5.6.5 Příprava pokusu s domácím kompostem

Příprava pokusu s domácím kompostem byla stejná, jako příprava pokusu s kompostem z kompostárny.

Přes síto s otvory 2 mm byl proset domácí kompost. Kádinka o objemu 100 ml byla naplněna 90 cm³ prosetého kompostu. Jednalo se zhruba o 106 g domácího kompostu. Do odměrného válce bylo naměřeno 50 ml vody. Touto vodou bylo následně zvlhčeno 106 g odměřeného kompostu. Voda s kompostem byla smíchána, aby byl kompost zcela nasycen vodou. Kompost a voda byla zamíchána a bylo počkáno, až se vytvoří vrstva vody na povrchu. Tato voda byla opatrně přelita do odměrného válce, tak aby nedošlo k přenosu půdních částic kompostu. Bylo vyčkáno několik minut a do odměrného válce byl přelit zbytek vody z povrchu kompostu. Následně byl vypočítán objem vody potřebný pro úplné nasycení testovaného kompostu.

Výpočet V_{sat} pro domácí kompost byl (3):

(3)

$$V_{sat} = (50 - 11) = 39 \text{ ml}$$

Pokus byl opět prováděn pro 10% koncentraci kompostu, 25% a 50% koncentraci kompostu. Při 10% koncentraci bylo tedy z původních 106 g naváženo 10,6 g kompostu a zbytek do hodnoty 106 g byl doplněn referenční půdou. Jednalo se tedy o 95,4 g referenční půdy. Při 25% koncentraci bylo naváženo 26,5 g kompostu a zbytek do hodnoty 106 g byl doplněn referenční půdou. Jednalo se tedy o 79,5 g referenční půdy. Při 50% koncentraci kompostu bylo naváženo 53 g kompostu a zbytek do 106 g bylo doplněno referenční půdou. Jednalo se tedy o 53 g referenční půdy. Pro řeřichu setou i pro hořčici bílou byla provedena tři opakování u každé koncentrace. Bylo tedy připraveno osmnáct testovacích desek pro testování domácího kompostu.

Navážený kompost s referenční půdou byl dán do testovaných desek a byl hydratován takovým množstvím vody, které se rovná V_{sat} pro daný kompost, popsáno viz výše. Pro domácí kompost vyšla tato hodnota 39 ml. Navážený kompost s referenční půdou byl tedy zvlhčen 39 ml vody. Následně byl na takto připravený vzorek položen filtrační papír, na který byla do horní části položena semena rostlin. Do každé testovací desky bylo vloženo celkem 10 semen. Takto připravené desky byly zakryty druhou částí testovací desky a popsány štítky L.S. 10% A – C dom., L.S. 25% A – C dom., L.S. 50% A – C dom. pro řeřichu setou a S.A. 10% A – C dom., S.A. 25% A – C dom., S.A. 50% A – C dom. pro hořčici bílou. L.S. bylo zvoleno jako označení pro řeřichu setou a S.A. bylo zvoleno jako označení pro hořčici bílou. Písmena A – C označují počet opakování pokusu.

Takto nachystané desky byly vloženy do papírového držáku a poté do laboratorního inkubátoru (Obr. č. 24), který byl nastaven na 25 °C. Nachystaný vzorek byl v inkubátoru po dobu 72 hodin. Vzorky byly kontrolovány každý den, tedy po 24 hodinách, 48 hodinách a 72 hodinách. Fotodokumentace pokusu je k nalezení v Příloze č. 6



Obr. č. 24 Přichystané vzorky vložené v inkubátoru (Veselá, 2016)

4.5.7 Vyhodnocení

Vyhodnocení testu spočívá ve výpočtu inhibice/stimulace růstu kořene pro určitou koncentraci testované látky po 72 hodinách ve srovnání s referenční půdou. Inhibice růstu kořene se obecně vypočte dle rovnice (4).

(4)

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{L}_c - \bar{L}_v}{\bar{L}_c} \times 100$$

kde:

I_i je inhibice růstu kořene (%) v dané koncentraci

L_c je průměrná délka kořene v kontrole

L_v průměrná délka kořene v testované koncentraci

Pro vyhodnocení testu byly použity tabulky vytvořené v Excelu, které mi byly poskytnuty vedoucí mé diplomové práce. Kdy po zadání naměřených hodnot do Excel tabulky byla vypočítána inhibice/stimulace růstu z průměrné délky kořene. Vypočítané hodnoty z tabulek byly následně vyneseny do grafu. Na osu x byla vynesena koncentrace testovaného kompostu a na osu y inhibice/stimulace růstu kořene vyjádřená v procentech.

Pokud je hodnota růstu kořene > 0 , jedná se o inhibici růstu kořene, kdy dochází ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou (vyjádření v %).

Pokud je hodnota růstu kořene < 0 , jedná se o stimulaci růstu kořene, kdy dochází k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou (vyjádření v %)

5 VÝSLEDKY

Tato kapitola se zabývá vyhodnocením výsledků získaných z prováděných pokusů se vzorky kompostu z kompostárny a domácího kompostu v porovnání s naměřenými hodnotami pro referenční půda.

5.1 Vyhodnocení vzorku referenční půdy

V následující kapitole jsou uvedeny výsledky, které byly získány provedením pokusu s referenční půdou na rostlinách řeřichy seté a hořčice bílé. Hodnoty v tabulkách slouží pro výpočet inhibice/stimulace růstu kořene.

5.1.1 Vyhodnocení pro rostlinu řeřichu setou

V následující tabulce (Tab. č. 2) jsou vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u řeřichy seté při použití referenční půdy. Kontrolní vzorek slouží pro výpočet inhibice/stimulace růstu kořene u rostliny řeřichy seté při použití kompostu z kompostárny a domácího kompostu.

Test pro kontrolní vzorek byl proveden ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1-10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování.

Tab. 2 Délky kořínků při použití referenční půdy u řeřichy seté (Veselá, 2016)

LES - KONTROLNÍ VZOREK				
	OECD L.S. A	OECD L.S. B	OECD L.S. C	
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]	
1	55	25	40	
2	50	30	32	
3	40	31	24	
4	0,5	31	35	
5	15	45	32	
6	41	41	26	
7	42	39	51	
8	19	50	45	
9	30	40	0	
10	35	41	45	Arit.prům.
Arit.prům.	32,75	37,3	33,00	34,35

5.1.2 Vyhodnocení pro rostlinu hořčici bílou

V následující tabulce (Tab. č. 3) jsou vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u hořčice bílé při použití referenční půdy. Kontrolní vzorek slouží pro

výpočet inhibice/stimulace růstu kořene u rostliny hořčice bílé při použití kompostu z kompostárny a domácího kompostu.

Test pro kontrolní vzorek byl proveden ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1–10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování.

Tab. 3 Délky kořínků při použití referenční půdy u hořčice bílé (Veselá, 2016)

SIA - KONTROLNÍ VZOREK				
	OECD S.A. A	OECD S.A. B.	OECD S.A. C	
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]	
1	32	68	48	
2	7	24	49	
3	51	50	42	
4	53	71	41	
5	55	48	60	
6	75	60	46	
7	69	56	0	
8	51	71	29	
9	21	75	65	
10	65	59	0	Arit.prům.
Arit.prům.	47,90	58,20	38,00	48,03

5.2 Vyhodnocení vzorku kompostu z kompostárny

V následující kapitole jsou vyhodnoceny výsledky, které byly získány provedením pokusu se vzorkem kompostu z kompostárny na rostlinách řeřichy seté a hořčice bílé.

5.2.1 Vyhodnocení pro rostlinu řeřichu setou

V následujících tabulkách (Tab. č. 4, Tab. č. 5 a Tab. č. 6) jsou vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u řeřichy seté při 10% koncentraci, 25% a 50% koncentraci kompostu. Test byl proveden ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1–10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování. Inhibice byla následně počítána dle vzorce viz kapitola 4.5.7.

V tabulkách jsou vidět i hodnoty vypočítané inhibice, které jsou při 10% koncentraci -10,48 %, při 25% koncentraci -32,90 % a při 50% koncentraci 22,23 %.

Tab. 4 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

LES - Vzorek 10%					
	L.S. 10% A	L.S. 10% B	L.S. 10% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	0,9	32	52		
2	24	55	55		
3	55	52	40		
4	55	42	0		
5	30	39	0,6		
6	50	41	55		
7	50	40	47		
8	54	33	49		
9	0	40	52		
10	65	30	0	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	38,39	40,4	35,06	37,95	-10,48

Tab. 5 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

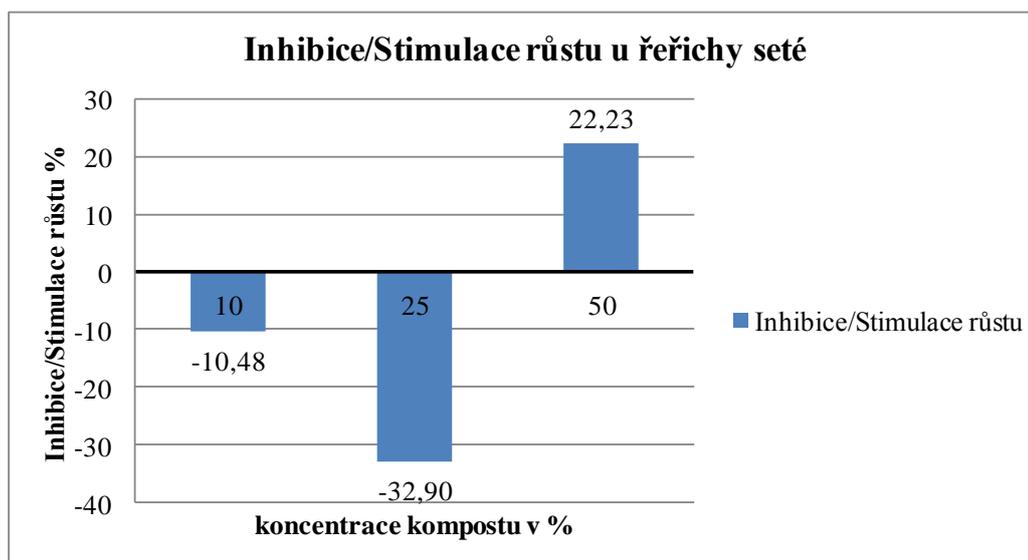
LES - Vzorek 25%					
	L.S. 25% A	L.S. 25% B	L.S. 25% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	73	39	70		
2	40	0,1	63		
3	35	55	75		
4	41	71	43		
5	36	66	52		
6	49	0,6	72		
7	0,9	0,4	49		
8	56	45	35		
9	72	66	50		
10	0,5	72	42	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	40,34	41,51	55,10	45,65	-32,90

Tab. 6 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

LES - Vzorek 50%					
	L.S. 50% A	L.S. 50% B	L.S. 50% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	38	40	22		
2	30	45	30		
3	0	0,5	35		
4	15	17	22		
5	21	0	24		
6	40	22	50		
7	29	35	55		
8	19	25	34		
9	0,9	36	29		
10	35	38	14	Arit. prům.	% inhibice
Arit. Prům.	22,79	25,85	31,50	26,71	22,23

Na Obr. č. 25 jsou vidět hodnoty z tabulek vynesené do grafu. Z obrázku je zřejmé, že při 10% koncentraci kompostu došlo ke stimulaci růstu kořene, kdy došlo k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. Naměřená hodnota

u tohoto vzorku byla -10,48 %. Při použití koncentrace kompostu 25%, také došlo ke stimulaci růstu, kdy naměřená hodnota byla -32,9 %. U koncentrace kompostu 50% došlo naopak k inhibici růstu kořene, kdy došlo ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou, naměřená hodnota zde byla větší než nula a to 22,23 %. Obrázek tedy uvádí stimulaci růstu kořene pro 10% a 25% koncentraci a pro 50% koncentraci uvádí inhibici růstu.



Obr. č. 25 Inhibice/Stimulace růstu kořene u řeřichy seté (Veselá, 2016)

5.2.2 Vyhodnocení pro rostlinu hořčici bílou

V následujících tabulkách (Tab. č. 7, Tab. č. 8 a Tab. č. 9) jsou vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u hořčice bílé při 10% koncentraci, 25% a 50% koncentraci kompostu. Test byl proveden ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1–10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování a inhibice.

V tabulkách jsou vidět i hodnoty vypočítané inhibice, které jsou při 10% koncentraci 6,70 %, při 25% koncentraci 16,99 % a při 50% koncentraci 57,98 %.

Tab. 7 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

SIA - Vzorek 10%					
	S.A. 10% A	S.A. 10% B	S.A. 10% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	55	11	45		
2	57	76	0		
3	52	52	50		
4	51	0	40		
5	55	63	45		
6	57	0	25		
7	24	90	0,5		
8	80	79	10		
9	72	85	65		
10	65	0	40	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	56,80	45,60	32,05	44,82	6,70

Tab. 8 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

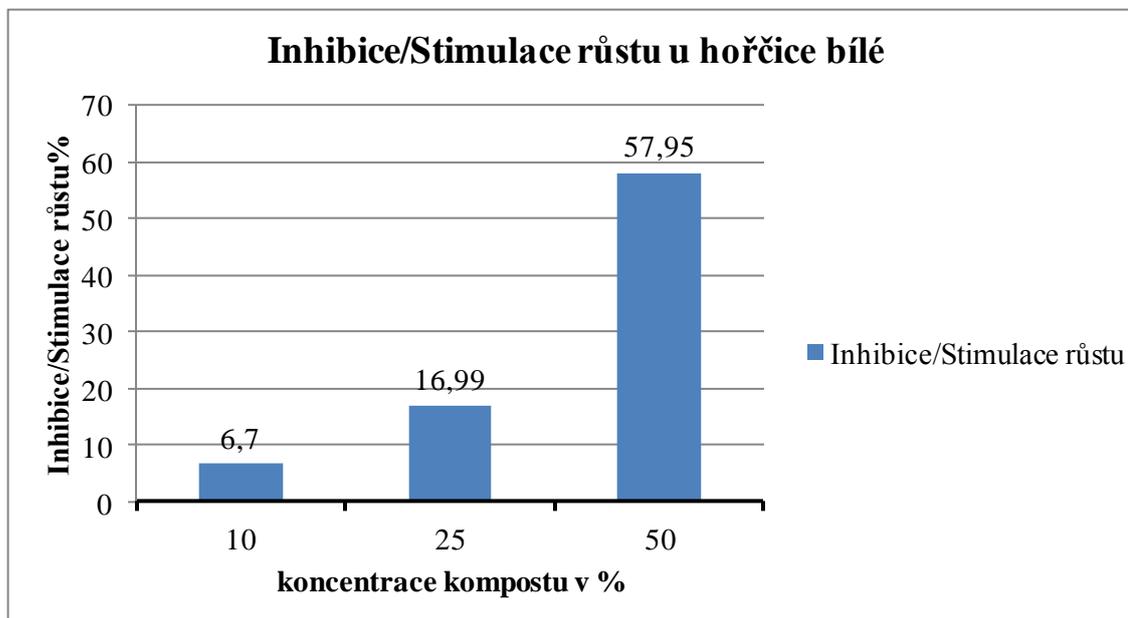
SIA - Vzorek 25%					
	S.A. 25% A	S.A. 25% B	S.A. 25% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	0	70	45		
2	49	35	40		
3	39	30	45		
4	25	36	45		
5	38	42	41		
6	35	0,2	42		
7	36	45	34		
8	36	49	0		
9	64	70	10		
10	65	69	61	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	38,70	44,62	36,30	39,87	16,99

Tab. 9 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

SIA - Vzorek 50%					
	S.A. 50% A	S.A. 50% B	S.A. 50% C		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	30	36	0		
2	29	30	30		
3	35	40	10		
4	10	35	28		
5	29	0	0		
6	25	0	19		
7	32	0	25		
8	25	0	21		
9	10	30	30		
10	0	15	32	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	22,50	18,60	19,50	20,20	57,95

Na Obr. č. 26 jsou vidět hodnoty z tabulek vynesené do grafu. Z obrázku je patrné, že naměřené hodnoty jsou vyšší než nula, došlo tedy k inhibici růstu kořene, kdy došlo ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou. Při 10%

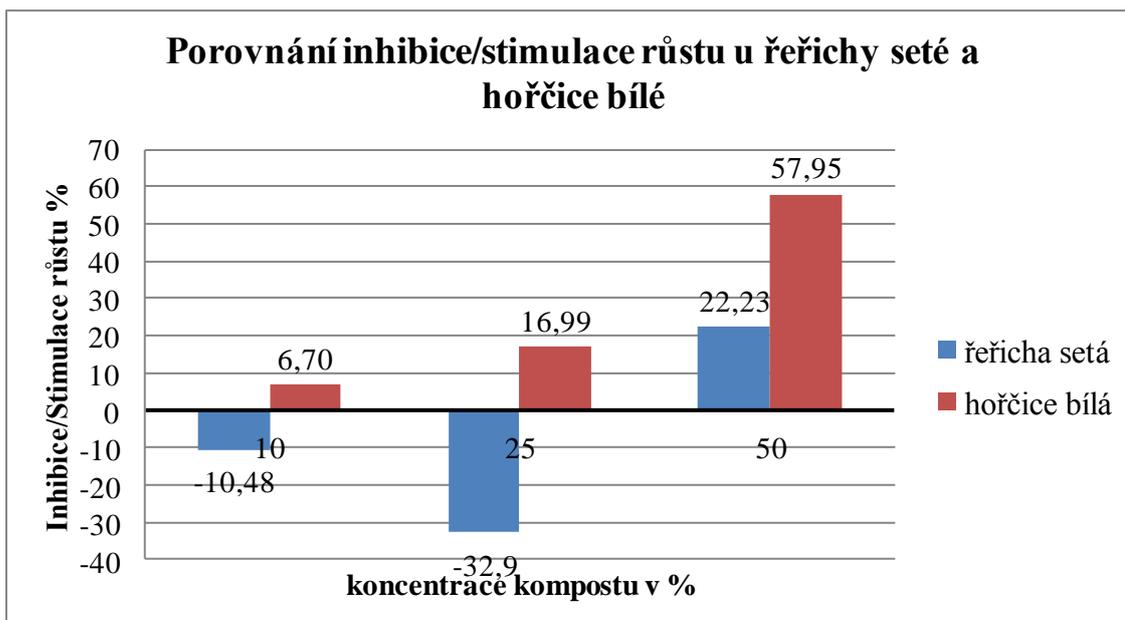
koncentraci se jedná o inhibici 6,7 %, při 25% koncentraci o 16,99 % a při 50% koncentraci kompostu jde o inhibice 57,95 %. Obrázek tedy uvádí inhibici růstu kořene pro 10%, 25% i pro 50% koncentraci.



Obr. č. 26 Inhibice/Stimulace růstu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

5.2.3 Porovnání výsledků pro rostlinu řeřichu setou a hořčici bílou

Z obrázku (Obr. č. 27) je patrné, že naměřené hodnoty pro rostlinu řeřichu setou jsou při 10% a 25% koncentraci menší než nula, jedná se tedy o stimulaci růstu kořene, kdy dochází k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. U 50% koncentrace je hodnota vyšší než nula, jedná se tedy o inhibici růstu kořene, kdy dochází ke zkrácení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. U hořčice bílé jsou všechny hodnoty vyšší než nula, tím pádem dochází k inhibici růstu kořene ve všech testovaných koncentracích. I přesto, že při 50% koncentraci jsou u obou rostlin hodnoty vyšší než nula, u řeřichy seté je tato hodnota nižší, 22,23 %, než u hořčice bílé 57,95 %.



Obr. č. 27 Porovnání inhibice/stimulace růstu (Veselá, 2016)

Je zajímavé, že u řeřichy seté dochází až na jednu koncentraci ke stimulaci růstu kořenů a u hořčice bílé dochází k inhibici růstu kořenů. I přes to, že u rostliny hořčice bílé došlo v porovnání s referenční půdou k inhibici růstu kořene, je kompost hodnocen jako vyhovující. Kompost by byl hodnocen jako nevyhovující v případě inhibice růstu kořenů u obou testovaných rostlin.

5.3 Vyhodnocení vzorku domácího kompostu

V následující kapitole jsou vyhodnoceny výsledky, které byly získány provedením pokusu se vzorkem domácího kompostu na rostlinách řeřichy seté a hořčice bílé.

5.3.1 Vyhodnocení pro rostlinu řeřichu setou

V následujících tabulkách (Tab. č. 10, Tab. č. 11 a Tab. č. 12) je možno vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u rostliny řeřichy seté při 10% koncentraci, 25% a 50% koncentraci kompostu. Test se prováděl ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1–10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování. Inhibice byla následně počítána dle vzorce viz kapitola 4.5.7.

V tabulkách jsou vidět i hodnoty vypočítané inhibice, která jsou při 10% koncentraci -5,39 %, při 25% koncentraci -26,35 % a při 50% koncentraci -8,20 %.

Tab. 10 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

LES - Vzorek 10%					
	L.S. 10% A dom.	L.S. 10% B dom.	L.S. 10% C dom.		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	56	12	0		
2	37	51	25		
3	28	45	0		
4	37	15	32		
5	54	46	35		
6	41	42	45		
7	61	49	20		
8	45	50	19		
9	30	40	26		
10	51	49	45	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	44	39,9	24,70	36,20	-5,39

Tab. 11 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

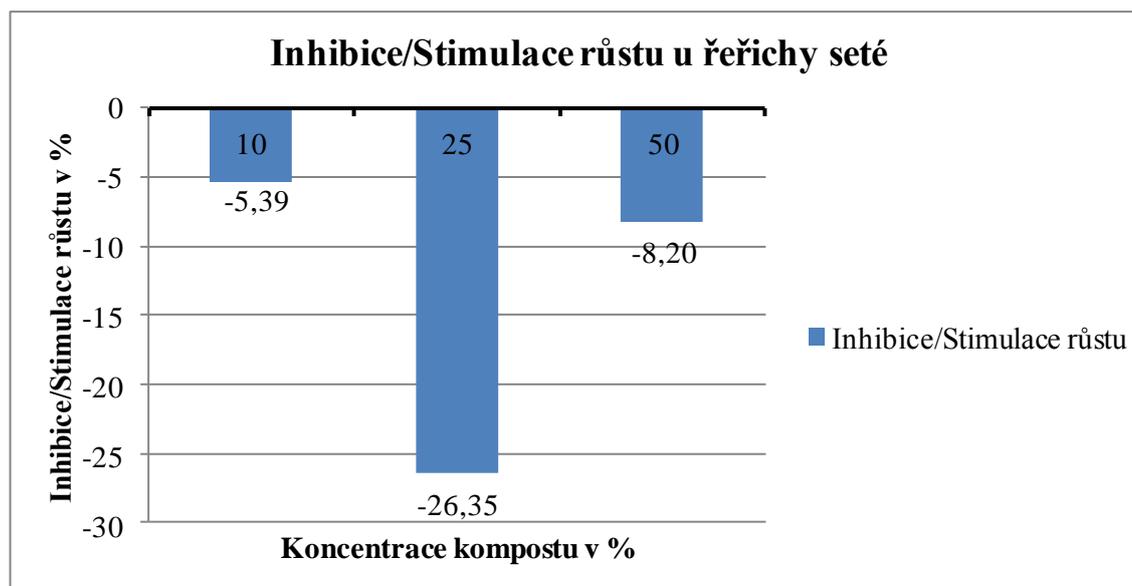
LES - Vzorek 25%					
	L.S. 25% A dom	L.S. 25% B dom	L.S. 25% C dom		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	41	66	0		
2	61	51	50		
3	56	45	56		
4	26	45	49		
5	64	51	35		
6	12	0	42		
7	39	39	45		
8	45	22	60		
9	55	52	45		
10	30	65	55	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	42,9	43,6	43,70	43,40	-26,35

Tab. 12 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté (Veselá, 2016)

LES - Vzorek 50%					
	L.S. 50% A dom	L.S. 50% A dom	L.S. 50% A dom		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	41	40	63		
2	38	45	45		
3	29	35	32		
4	31	58	30		
5	28	46	0		
6	30	48	48		
7	39	53	20		
8	40	0	30		
9	50	40	30		
10	65	29	32	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	39,1	39,4	33,00	37,17	-8,20

Na následujícím obrázku (Obr. č. 28) jsou vidět hodnoty z tabulek vynesené do grafu. Z obrázku je zřejmé, že při 10% koncentraci kompostu došlo ke stimulaci

růstu kořene, kdy dochází k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla -5,39 %. Při použití koncentrace kompostu 25%, také došlo ke stimulaci růstu, kdy naměřená hodnota byla -26,35 %. U koncentrace kompostu 50% byla hodnota nižší než nula, takže také došlo ke stimulaci růstu kořene. Naměřená hodnota zde byla -8,20 %. Obrázek tedy uvádí stimulaci růstu kořene pro 10% a 25% i pro 50% koncentraci kompostu.



Obr. č. 28 Inhibice/Stimulace růstu u řerichy seté (Veselá, 2016)

5.3.2 Vyhodnocení pro rostlinu hořčici bílou

V následujících tabulkách (Tab. č. 13, Tab. č. 14 a Tab. č. 15) jsou vidět naměřené délky kořínků měřené po 72 hodinách u rostliny hořčice bílé při 10% koncentraci, 25% a 50% koncentraci kompostu. Test se prováděl ve třech opakováních, v tabulce označeno jako A, B, C. Pro každé opakování bylo použito 10 semen, v tabulce označeno čísly 1–10. Naměřené hodnoty byly do tabulky psány v milimetrech. Z každého opakování byla vypočítána průměrná délka kořene, z čehož následně byla vypočítána průměrná délka kořene ze všech opakování. Inhibice byla následně počítána dle vzorce, viz kapitola 4.5.7.

V tabulkách jsou vidět i hodnoty vypočítané inhibice, které jsou při 10% koncentraci 14,19 %, při 25% koncentraci 15 % a při 50% koncentraci 13,89 %.

Tab. 13 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

SIA - Vzorek 10%					
	S.A. 10% A dom	S.A. 10% B dom	S.A. 10% C dom		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	59	54	60		
2	42	40	41		
3	41	40	56		
4	38	11	0		
5	42	0	61		
6	50	19	61		
7	49	0	59		
8	55	36	59		
9	60	50	60		
10	0,5	35	58	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	43,65	28,50	51,50	41,22	14,19

Tab. 14 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

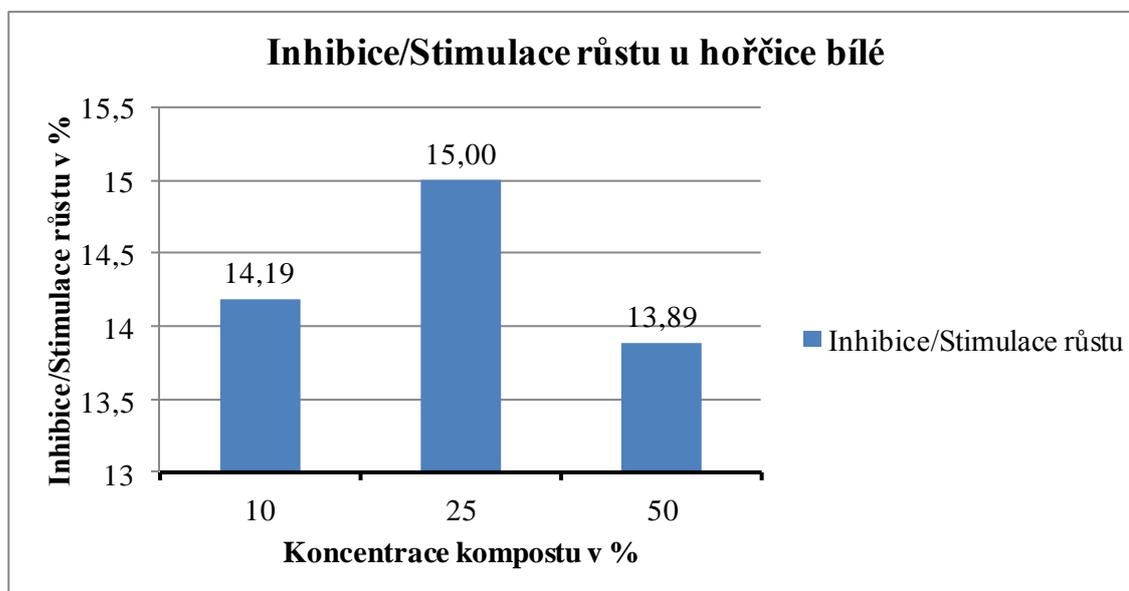
SIA - Vzorek 25%					
	S.A. 25% A dom	S.A. 25% B dom	S.A. 25% C dom		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	48	21	35		
2	79	41	59		
3	64	0,5	71		
4	27	34	0,3		
5	59	0	83		
6	59	0	35		
7	44	19	30		
8	48	50	45		
9	0	52	49		
10	35	68	69	Arit. prům.	% inhibice
Arit. Prům.	46,30	28,55	47,63	40,83	15,00

Tab. 15 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

SIA - Sample					
	S.A. 50% A dom	S.A. 50% B dom	S.A. 50% C dom		
	Délka [mm]	Délka [mm]	Délka [mm]		
1	0	68	60		
2	45	19	40		
3	0,3	39	50		
4	0,5	31	61		
5	39	60	66		
6	40	59	52		
7	40	60	80		
8	39	56	61		
9	60	51	0		
10	0	24	40	Arit. prům.	% inhibice
Arit. prům.	26,38	46,70	51,00	41,36	13,89

Na následujícím obrázku (Obr. č. 29) můžeme vidět hodnoty z tabulek vynesené do grafu. Z obrázku je patrné, že naměřené hodnoty jsou vyšší než nula, tím pádem se

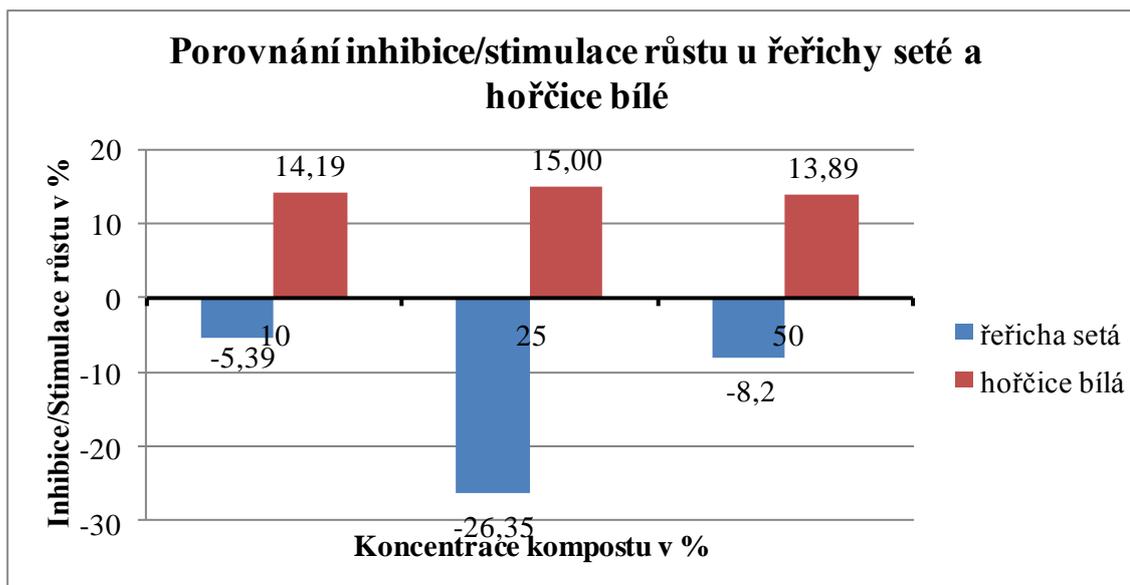
jedná o inhibici růstu kořene, kdy dochází ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou. Při 10% koncentraci se jedná o inhibici 14,19 %, při 25% koncentraci o 15 % a při koncentraci kompostu 50% jde o inhibice 13,89 %. Obrázek tedy uvádí inhibici růstu kořene při 10%, 25% i při 50% koncentraci domácího kompostu.



Obr. č. 29 Inhibice/Stimulace růstu u hořčice bílé (Veselá, 2016)

5.3.3 Porovnání výsledků pro rostliny řeřichu setou a hořčici bílou

Z obrázku (Obr. č. 30) je patrné, že naměřené hodnoty pro rostlinu řeřichu setou jsou při 10%, 25% i 50% koncentraci nižší než nula, jedná se tedy o stimulaci růstu kořene, kdy dochází k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. U rostliny hořčice bílé jsou všechny hodnoty vyšší než nula, tím pádem dochází k inhibici růstu kořene ve všech testovaných koncentracích, kdy dochází ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou. U rostliny hořčice bílé jsou vypočtené hodnoty u všech použitých koncentrací kompostu téměř konstantní

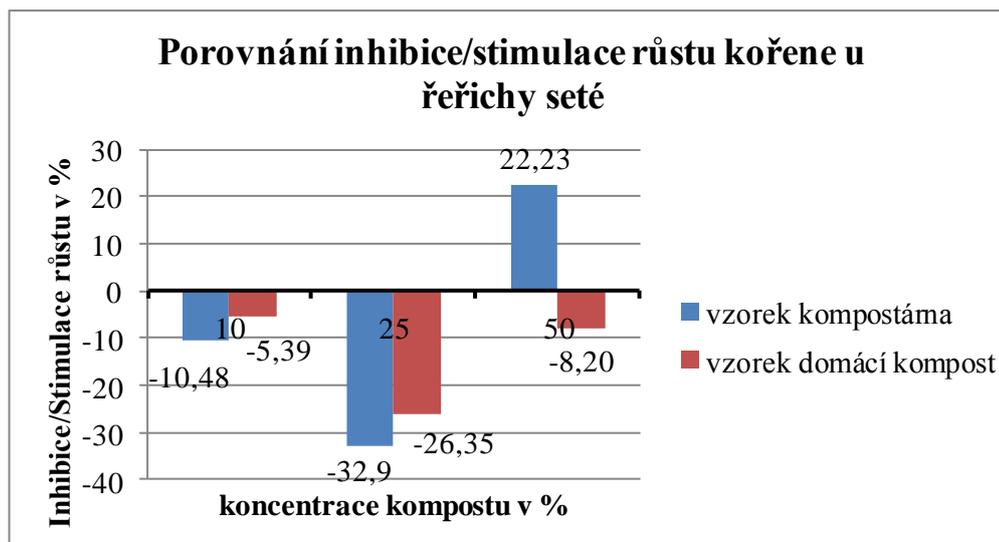


Obr. č. 30 Porovnání inhibice/stimulace růstu u řeřichy seté a hořčice bílé (Veselá, 2016)

Je zajímavé, že u řeřichy seté dochází ke stimulaci růstu kořenů a u hořčice bílé dochází k inhibici růstu kořenů. I přes to, že u rostliny hořčice bílé došlo v porovnání s referenční půdou k inhibici růstu kořene, je kompost hodnocen jako vyhovující. Kompost by byl hodnocen jako nevyhovující v případě inhibice růstu kořenů u obou testovaných rostlin.

5.4 Srovnání kompostu z kompostárny a domácího kompostu u řeřichy seté

Na následujícím obrázku (Obr. č. 31) je vidět porovnání inhibice/stimulace růstu kořene u rostliny řeřichy seté při použití kompostu z kompostárny a použití domácího kompostu.

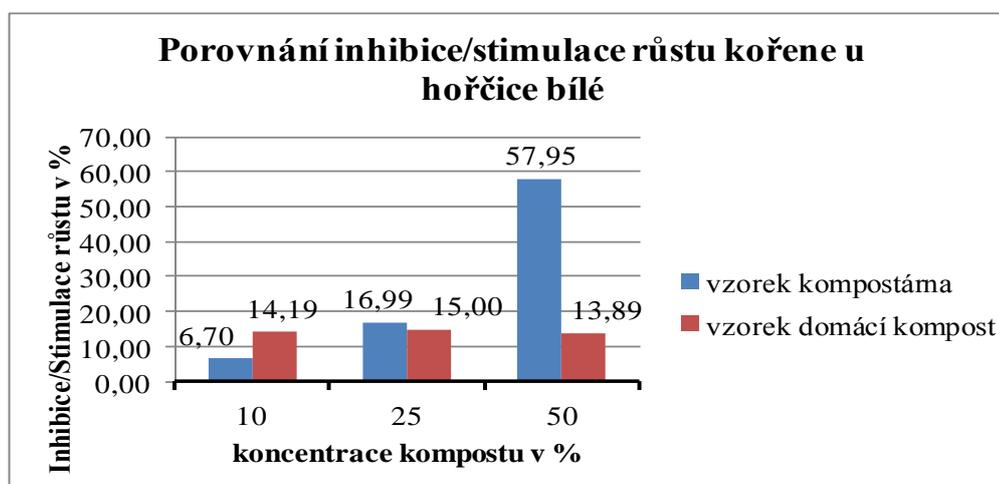


Obr. č. 31 Porovnání inhibice/stimulace růstu kořene u řeřichy seté (Veselá, 2016)

Z obrázku, je patrné, že vzorek domácího kompostu ve všech testovaných koncentracích růst kořene stimuluje. Dochází tedy k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. Vzorek kompostu z kompostárny při 10% a 25% koncentraci růst kořene stimuluje. Oproti tomu při koncentraci kompostu 50 % růst kořene inhibuje. Dochází tedy ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou.

5.5 Srovnání kompostu z kompostárny a domácího kompostu u hořčice bílé

Na následujícím obrázku (Obr. č. 32) je vidět porovnání inhibice/stimulace růstu kořene u rostliny hořčice seté při použití kompostu z kompostárny a použití domácího kompostu.



Obr. č. 32 Porovnání inhibice/stimulace u hořčice bílé (Veselá, 2016)

Z obrázku je zřejmé, že hodnoty u obou vzorků se nachází v plusu, jedná se tedy o inhibici růstu kořene u obou testovaných vzorků ve všech měřených koncentracích. Nicméně můžeme sledovat a říci, že u domácího kompostu jsou naměřené hodnoty ve všech koncentracích poměrně konstantní, kdežto u vzorku z kompostárny se inhibiční hodnota se zvyšující se koncentrací zvětšuje.

6 DISKUZE

Ve výše uvedených grafech je možno vidět, že u domácího kompostu došlo u rostliny řeřichy seté ke stimulaci růstu kořene a u rostliny hořčice bílé k inhibici. U kompostu z kompostárny došlo u řeřichy seté u 10% a 25% koncentraci kompostu ke stimulaci růstu kořene a u 50% koncentrace kompostu k inhibici růstu. U rostliny hořčice bílé došlo ve všech testovaných koncentracích u kompostu z kompostárny k inhibici. Z testů je patrné, že rostlina hořčice bílá bude na vnější faktory citlivější.

Důvodů, proč došlo u této rostliny k inhibici růstu, může být hned několik.

Pokud semeno neklíčí, kompost ve většině případů není zralý. V takovém případě je potřeba nechat kompost dozrát nebo použít k mulčování. Nelze 100% říci, zda je to případ tohoto vzorku kompostu, jelikož u řeřichy seté vyšly výsledky pozitivně a délky kořínků u vyklíčených rostlin byly dlouhé.

Roli mohl hrát i odběr vzorku. Kompostárna ve Veverských Knínicích vyprodukovala svůj první vzorek na podzim roku 2015. Jednalo se o první výstup z kompostárny.

Vzorek domácího kompostu byl odebrán ještě před začátkem vegetačního období. Jelikož není kompost umístěn na speciálním stanovišti a je umístěn přímo na zahradě, kde je velká pravděpodobnost promrznutí půdy, nedocházelo nejspíš ještě k mikrobiologickým procesům.

Co se týče konzistence kompostů, tak oba komposty byly tmavé barvy bez zápachu. Domácí kompost měl jemnější strukturu než kompost z kompostárny, kde se nacházely hrubozrnější složky.

Je zajímavé, že k inhibici růstu došlo pouze u rostliny hořčice bílé. Naopak u řeřichy seté došlo ke stimulaci růstu.

Na kompostárně se zatím snaží správně zacházet s technikou a automatizují procesy kompostování. Zaměstnanci chodí na školení, aby pronikly do problematiky kompostování.

Pro ověření zjištěných výsledků by bylo vhodné provést další pokusy na kompostu z kompostárny. I přesto, že u obou dvou vzorků došlo u jedné rostliny k inhibici, jsou vzorky hodnoceny jako dobré, protože naopak u druhé rostliny došlo ke stimulaci. Pokud by byly vzorky kompostů závadné, muselo by dojít k inhibici růstu i u druhé testované rostliny.

Používáním kompostu lze zvýšit obsah živin v půdě. Zlepšuje se také půdní složení, snižuje se odtok vody, přispívá k udržení živin a vody v půdě, které jsou potřebné pro rostliny. Ovšem tento kompost musí být kvalitní, zralý a pro rostliny nějak nezávadný.

Přes to, že je provoz zařízení kompostárny legislativně povolen, zkušenosti s technologickým procesem kompostování zaměstnanci teprve získávají. Pro zajištění lepší kvality výsledného kompostu se doporučuje provádět více měření (vlhkost, teplota) než je stanoveno v provozním řádu zařízení.

U obou vzorků kompostu je doporučeno, aby byly používány k aplikaci před setím a předjarní aplikaci, na rekultivaci pařenišť a pro pěstování hub, jelikož tyto aplikace nevyžadují 100% zralost kompostu.

7 ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na kompostování biologicky rozložitelných odpadů. V první části práce bylo v rámci literární rešerše přiblíženo legislativní prostředí dané problematiky. Dále zde bylo charakterizováno několik základních pojmů týkajících se kompostování a BRO. Hlavním cílem práce bylo provést pokus se vzorky kompostu v laboratorních podmínkách. Jelikož vzorek kompostu z kompostárny byl zatím jen jeden, druhý vzorek kompostu byl domácí. Pokus byl prováděn pomocí Phytotoxkit testu. Jednalo se o tří denní test klíčivosti semen a růstu kořene. Test byl prováděn ve speciálních průhledných nádobách, které umožňovaly přímé pozorování klíčení semen a měření délky kořenů. Kritériem pro vyhodnocení testu bylo porovnání klíčivosti semen a růstu kořenů s referenční půdou.

Zjištěné výsledky byly navzájem porovnány a vyhodnoceny. Závěrem si veškeré výsledky můžeme shrnout.

U kompostu z kompostárny došlo u rostliny řeřichy seté při koncentraci kompostu 10 % ke stimulaci růstu kořene. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla -10,48 %. Při použití koncentrace kompostu 25 %, také došlo ke stimulaci růstu, kdy naměřená hodnota byla -32,9 %. U koncentrace kompostu 50% došlo naopak k inhibici růstu, naměřená hodnota zde byla vyšší než nula a to 22,23 %. Při stimulaci růstu kořene dochází k prodloužení střední délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou. Při inhibici růstu kořene dochází ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou.

U rostliny hořčice seté při použití kompostu z kompostárny došlo při 10% k inhibici růstu kořene. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla 6,7 %. Při použití koncentrace kompostu 25%, také došlo k inhibici růstu, kdy naměřená hodnota byla 16,99 %. U koncentrace kompostu 50% došlo opět k inhibici růstu, naměřená hodnota zde byla větší než nula a to 57,95 %. Došlo tedy ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou.

U domácího kompostu došlo u rostliny řeřichy seté při koncentraci kompostu 10% ke stimulaci růstu kořene. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla -5,39 %. Při použití koncentrace kompostu 25%, také došlo ke stimulaci růstu, kdy naměřená hodnota byla -21,79 %. U koncentrace kompostu 50% došlo opět k inhibici růstu, naměřená hodnota zde byla -8,2 %. Došlo tedy k prodloužení délky kořene vzorku ve srovnání s kontrolou.

U rostliny hořčice bílé u domácího kompostu došlo při koncentraci kompostu 10% k inhibici růstu kořene. Naměřená hodnota u tohoto vzorku byla 14,19 %. Při použití koncentrace kompostu 25%, také došlo k inhibici růstu, kdy naměřená hodnota byla 15,00 %. U koncentrace kompostu 50% došlo opět k inhibici růstu, naměřená hodnota zde byla vyšší než nula a to 13,89 %. Došlo tedy ke zkrácení střední délky kořene ve vzorku ve srovnání s kontrolou.

Když oba vzorky srovnáme tak u obou kompostů v případě rostliny řeřichy seté se jedná o stimulaci růstu a v případě rostliny hořčice bílé o inhibici růstu. Vzorek domácího kompostu je podle těchto hodnot kvalitnější, protože i když se jedná o inhibici růstu, pořád je procentuální inhibice menší než u kompostu z kompostárny.

8 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

Literární zdroje

ANONYM. *Biologické zpracování odpadů*. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2009.

ANONYM. *Metodika správné kompostářské praxe pro výrobu kvalitního kompostu*. Náměšť nad Oslavou: ZERA, 2008.

FILIP, Jiří. *Odpadové hospodářství*. dotisk. Brno: MZLU, 2004. ISBN 80-7157-608-5.

GRODA, Bořivoj. *Technika a zpracování odpadů*. 1. vydání. Brno: MZLU, 1995. ISBN 80 – 7157 – 164 – 4.

KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing spol. s.r.o., 1999. ISBN 80 – 7169 – 697 – 8.

KÁRA, Jaroslav, Zdeněk PASTOREK, Evžen PŘIBYL. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. 1. vydání. Praha: VÚZT, 2007. ISBN 978-80-86884-28-8.

KOTOVICOVÁ, Jana. *Ochrana životního prostředí II*. 1. vydání. Brno: MZLU, 2009. ISBN 978-80-7375-262-0.

KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha: ČEÚ, 1994. ISBN 80-85087-32-4.

MAREČEK, Jan. *Legislativa odpadového hospodářství*. Brno: MZLU, 2003. ISBN 80-7157-656-5.

VÁŇA, Jaroslav, 2015: *Technologická řešení kompostáren*. Odpadové fórum, 2015. ISSN 1212-7779.

VOŠTOVÁ, Věra, Vlastimil ALTMANN, Jiří FRIES a Karel JEŘÁBEK. *Logistika odpadového hospodářství*. 1. vydání. Praha: ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04426-1.

Internetové zdroje

ČERVENÁ, Kristýna, LYČKOVÁ, Barbora, KUČEROVÁ, Lucie, BOUCHALOVÁ, Markéta, BARABÁŠOVÁ, Taťána: *Multimediální učební texty: Biologické zpracování*

odpadů. *Hgf10.vsb.cz* [online]. 2010 [cit. 2016-01-23]. Dostupné z WWW: <http://hgf10.vsb.cz/546/bmzo/pages/Technologie_anaerobni_digesce.html>.

DOHÁNYOS, Michal: Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace. *Biom.cz* [online]. 2008-11-17 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>>. ISSN: 1801-2655.

HŘEBÍČEK, Jiří, PILIAR, František, KALINA, Jiří, KOTOVICOVÁ, Jana: Nakládání s bioodpady v obcích. *Biom.cz* [online]. 2011-05-25 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-bioodpady-v-obcich>>. ISSN: 1801-2655.

JALOVECKÝ, Jiří, Petr DOLEŽAL, Jakub MATĚJKA a Jiří ŠPETA. Metodický návod – komunitní/ obecní kompostárna. *www.mzp.cz* [online]. 2012-06 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/komunitni_obecni_kompostarna/\\$FILE/oodp-metodicky_navod_kk-20120629.pdf.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/komunitni_obecni_kompostarna/$FILE/oodp-metodicky_navod_kk-20120629.pdf.pdf)>.

PLÍVA, Petr: Kompostování ve vaku – I. *Komunalweb.cz* [online]. 2011-06-03 [cit. 2016-01-01]. Dostupné z WWW: <<http://komunalweb.cz/kompostovani-ve-vaku-i/>>.

ŽÍDEK, Michal: Anaerobní digesce zvolených substrátů na laboratorním fermentoru. *www.eu.fme.vutbr.cz* [online]. 2004 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z WWW: <http://www.eu.fme.vutbr.cz/file/267_1_1/>.

MicroBioTests Inc. Toxkits Applications [online]. 2008 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.microbiotests.be/>>.

Projekt TOCOEN (Toxic Organic Compounds in the Environment; Toxické Organické sloučeniny v životním prostředí). PHYTOTOKKIT. Microbiotests [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. Dostupné z WWW: <<http://www.tocoen.cz/toxkits/phytotokit.pdf>>.

Www.bioplyn.schaumann.cz [online]. [cit. 2016-01-13]. Dostupné na: <<http://bioplyn.schaumann.cz/vyroba/vznik-bioplynu/>>.

Www.ceskebylinky.cz [online]. 2010 [cit. 2016-02-12]. Dostupné na: <<http://www.ceskebylinky.cz/rericha-seta/>>.

Www.cszu.cz [online]. 2015 [cit. 2016-02-15]. Dostupné na: <<https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2014>>.

Ekotoxikologie.sweb.cz [online]. 2001 [cit. 2016-02-12]. Dostupné na: <<http://ekotoxikologie.sweb.cz/toxlab/vyuka/sinapis.htm>>.

Www.euroskop.cz [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné na: <<http://www.euroskop.cz/13/10333/clanek/zelena-kniha-o-biologicckem-odpadu/>>.

Www.kompostuj.cz [online]. [cit. 2016-02-20]. Dostupné na: <<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/legislativa/>>.

Www.kr-stredocesky.cz: Přehled platné legislativy na úseku odpadového hospodářství. [online]. 2008 [cit. 2015-02-25]. Dostupné na: <<http://www.kr-stredocesky.cz/portal/odbory/zivotni-prostredi-a-zemedelstvi/odpadove-hospodarstvi/pravni-normy/>>.

Www.obce-mesta.info [online]. [cit. 2016-03-9]. Dostupné na: <<http://www.obce-mesta.info/obec.php?id=Veverske-Kninice-584118>>.

Www.oriik.cz [online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné na: <<http://www.oriik.cz/content/obec-veverske-kninice>>.

Web2.mendelu.cz [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné na: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html>.

Www.zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-321>>.

Www.zakonyprolidi.cz [online]. [cit. 2016-04-16]. Dostupné na: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-341>>.

MŽP. *Vyhláška č. 294/2005 Sb.* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné na: <[http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/\\$file/294-05%20-%20odpady%20na%20skl%C3%A1dky.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/96F060C6A3D87823C125708F00317B16/$file/294-05%20-%20odpady%20na%20skl%C3%A1dky.pdf)>.

MŽP. *Zákon č. 185/2001 Sb.* [online]. [cit. 2013-05-19]. Dostupné na: <<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8fc3e5c15334ab9dc125727b00339581?OpenDocument>>.

Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Veverské Knínice [online]. 2016 [cit. 2016-03-10]. Dostupné na: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Veversk%C3%A9_Kn%C3%ADnice>.

Ostatní zdroje

Obecní úřad Veverské Knínice: Rozhovor se starostou obce panem Bc. Oldřichem Matyášem o počtu obyvatel a nakládání s BRKO v obci

KTS Ekologie s.r.o.: Provozní řád kompostárny, Projekt kompostárna

VESELÝ, J. (podnikový ekolog), 2016: ústní sdělení

9 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK

9.1 Seznam obrázků

<i>Obr. č. 1</i> Produkce KO a BRO v letech 2011–2014 v ČR	16
<i>Obr. č. 2</i> Produkce KO v roce 2011 v ČR.....	17
<i>Obr. č. 3</i> Produkce KO v roce 2012 v ČR.....	18
<i>Obr. č. 4</i> Produkce KO v roce 2013 v ČR.....	19
<i>Obr. č. 5</i> Produkce KO v roce 2014 v ČR.....	20
<i>Obr. č. 6</i> Průběh teploty a fáze fermentace (web2.mendelu.cz)	21
<i>Obr. č. 7</i> Rozdělení teplot v kompostu (web2.mendelu.cz)	24
<i>Obr. č. 8</i> Kompostování v pásových hromadách na volné ploše	26
<i>Obr. č. 9</i> Fáze výroby bioplynu anaerobní fermentací	28
<i>Obr. č. 10</i> Mapa obce Veverské Knínice	32
<i>Obr. č. 11</i> Znak obce Veverské Knínice	33
<i>Obr. č. 12</i> Kontejner pro sběr BRKO v obci.....	34
<i>Obr. č. 13</i> Areál Zemědělské společnosti.....	35
<i>Obr. č. 14</i> Schéma zařízení	35
<i>Obr. č. 15</i> Kompostovací plocha II.....	38
<i>Obr. č. 16</i> Kompostovací zakládky v kompostárně.....	39
<i>Obr. č. 17</i> Míchací vůz.....	40
<i>Obr. č. 18</i> Překopávač	40
<i>Obr. č. 19</i> Sada Phytotoxkit	43
<i>Obr. č. 20</i> Domácí kompost	45
<i>Obr. č. 21</i> Referenční OECD půda	47
<i>Obr. č. 22</i> Přesévání testované půdy	48
<i>Obr. č. 23</i> Vzorky v držácích nachystané do inkubátoru	49
<i>Obr. č. 24</i> Přichystané vzorky vložené v inkubátoru	51
<i>Obr. č. 25</i> Inhibice/Stimulace růstu kořene u řeřichy seté	55
<i>Obr. č. 26</i> Inhibice/Stimulace růstu u hořčice bílé	57
<i>Obr. č. 27</i> Porovnání inhibice/stimulace růstu.....	58
<i>Obr. č. 28</i> Inhibice/Stimulace růstu u řeřichy seté	60
<i>Obr. č. 29</i> Inhibice/Stimulace růstu u hořčice bílé	62
<i>Obr. č. 30</i> Porovnání inhibice/stimulace růstu u řeřichy seté a hořčice bílé	63

<i>Obr. č. 31 Porovnání inhibice/stimulace růstu kořene u řeřichy seté</i>	64
<i>Obr. č. 32 Porovnání inhibice/stimulace u hořčice bílé</i>	64
<i>Obr. č. 33 Produkce biologicky rozložitelných komunálních odpadů ve Veverských Knínicích v roce 2014, 2015</i>	80
<i>Obr. č. 34 Kompostovací plocha II</i>	81
<i>Obr. č. 35 Míchací vůz</i>	81
<i>Obr. č. 36 Informační tabule na kompostárně</i>	82
<i>Obr. č. 37 Míchací vůz v provozu</i>	82
<i>Obr. č. 38 Navážená referenční půda v testovacích deskách</i>	83
<i>Obr. č. 39 Připravený pokus s referenční půdou</i>	83
<i>Obr. č. 40 Kontrola pokusu po 24 hodinách</i>	84
<i>Obr. č. 41 Kontrola pokusu po 72 hodinách</i>	84
<i>Obr. č. 42 Navážený kompost z kompostárny v testovacích deskách</i>	85
<i>Obr. č. 43 Připravený pokus s 10% koncentrací kompostu</i>	85
<i>Obr. č. 44 Ukázka kontroly pokusu po 24 hodinách</i>	86
<i>Obr. č. 45 Ukázka kontroly pokusu po 72 hodinách</i>	86
<i>Obr. č. 46 Navážený domácí kompost v testovacích deskách</i>	87
<i>Obr. č. 47 Navážený domácí kompost s referenční půdou</i>	87
<i>Obr. č. 48 Ukázka kontroly pokusu po 24 hodinách</i>	88
<i>Obr. č. 49 Ukázka kontroly pokusu po 72 hodinách</i>	88

9.2 Seznam tabulek

Tab. 1 Odpady zpracovávané na kompostárně	37
Tab. 2 Délky kořínků při použití referenční půdy u řeřichy seté	52
Tab. 3 Délky kořínků při použití referenční půdy u hořčice bílé	53
Tab. 4 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u řeřichy seté	54
Tab. 5 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté	54
Tab. 6 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u řeřichy seté	54
Tab. 7 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u hořčice bílé	56
Tab. 8 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u hořčice bílé	56
Tab. 9 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u hořčice bílé	56
Tab. 10 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u řeřichy seté	59
Tab. 11 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté	59
Tab. 12 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u řeřichy seté	59

Tab. 13 Délky kořínků při 10% koncentraci kompostu u hořčice bílé	61
Tab. 14 Délky kořínků při 25% koncentraci kompostu u hořčice bílé	61
Tab. 15 Délky kořínků při 50% koncentraci kompostu u hořčice bílé	61
Tab. 16 Produkce komunálních a biologicky rozložitelných odpadů.....	79

9.3 Seznam použitých zkratk

BRO – Biologicky rozložitelný odpad

BRKO – Biologicky rozložitelný komunální odpad

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

KO – Komunální odpad

PE – Polyetylen

PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha č. 1	79
Příloha č. 2	80
Příloha č. 3	81
Příloha č. 4	83
Příloha č. 5	85
Příloha č. 6	87

Příloha č. 1

Produkce KO a BRO v ČR

Tab. 16 Produkce komunálních a biologicky rozložitelných odpadů (www.cszo.cz)

Produkce komunálních odpadů						
<i>Generation of municipal waste</i>						
<i>v t</i>						<i>Tonnes</i>
	2002	2011	2012	2013	2014	
Produkce komunálních odpadů celkem	2 845 077	3 357 877	3 232 643	3 228 232	3 260 581	<i>Municipal waste generation, total</i>
z toho:						
běžný svoz	2 121 953	2 446 597	2 195 867	2 139 595	2 092 967	<i>Standard collection of waste</i>
svoz objemného odpadu	290 186	361 592	312 708	317 161	307 515	<i>Collection of bulky waste</i>
odpady z komunálních služeb	266 482	66 204	56 574	52 034	63 540	<i>Waste from municipal services</i>
odděleně sbírané složky	166 456	483 483	448 088	448 428	467 390	<i>Waste components collected separately</i>
z toho:						
papír	-	158 348	147 975	145 012	147 099	<i>Paper</i>
sklo	-	120 358	112 872	114 062	114 200	<i>Glass</i>
plasty	-	102 772	100 703	105 235	109 147	<i>Plastics</i>
kovy	-	53 164	40 841	37 461	44 269	<i>Metals</i>
z toho:						
biologicky rozložitelný odpad	-	1 645 704	1 505 699	1 518 784	1 563 791	<i>Biodegradable waste</i>

Příloha č. 2

Produkce biologicky rozložitelných komunálních odpadů v roce 2014, 2015

KTS ekologie

datum	kg	celkem
		kg 2014
25.11.2014	960	
03.12.2014	1150	
04.12.2014	1150	
		3260

18.03.2015	1020
30.04.2015	980
12.05.2015	1700
20.05.2015	2740
08.06.2015	2740
12.06.2015	560
16.06.2015	640
18.06.2015	620
22.06.2015	440
29.06.2015	620
03.07.2015	1080
07.07.2015	700
08.07.2015	760
13.07.2015	2360
14.07.2015	2200
17.07.2015	980
20.07.2015	2360
27.07.2015	3140
28.07.2015	2340
29.07.2015	1080
30.07.2015	1980
	31040

03.08.2015	3200
07.08.2015	2200
10.08.2015	2140
13.08.2015	2180
14.08.2015	2080
17.08.2015	4000
24.08.2015	3060
28.08.2015	2740
31.08.2015	2200
01.09.2015	2020
04.09.2015	2340
07.09.2015	2360
11.09.2015	2140
14.09.2015	3240
15.09.2015	1040
16.09.2015	1200
18.09.2015	2180
21.09.2015	2180
22.09.2015	1040
24.09.2015	2060
29.09.2015	5140
	50740

02.10.2015	2000
05.10.2015	2020
06.10.2015	1170
07.10.2015	1100
09.10.2015	1120
12.10.2015	3120
16.10.2020	1020
19.10.2015	2140
22.10.2015	1860
23.10.2015	720
26.10.2015	3140
2.11.2015	2020
5.11.2015	960
9.11.2015	920
10.11.2015	1120
12.11.2015	940
13.11.2015	460
16.11.2015	1500
23.11.2015	1560
2.12.2015	400
7.12.2015	960
16.12.2015	420
	30670

2014	2014	2015	2015	2015	2015	2015	2015
listopad	prosinec	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen
960	2300	1020	980	4440	5620	18980	23800

2015	2015	2015	2015
září	říjen	listopad	prosinec
26940	19410	9480	1780

Celkem 2014 **3260** celkem kg 2015 **112450**

Obr. č. 33 Produkce biologicky rozložitelných komunálních odpadů ve Veverských Knínicích v roce 2014, 2015 (obec Veverské Knínice)

Fotografie z kompostárny



Obr. č. 34 Kompostovací plocha II (Veselá, 2016)



Obr. č. 35 Míchací vůz (Veselá, 2016)



Obr. č. 36 Informační tabule na kompostárně (Veselá, 2016)

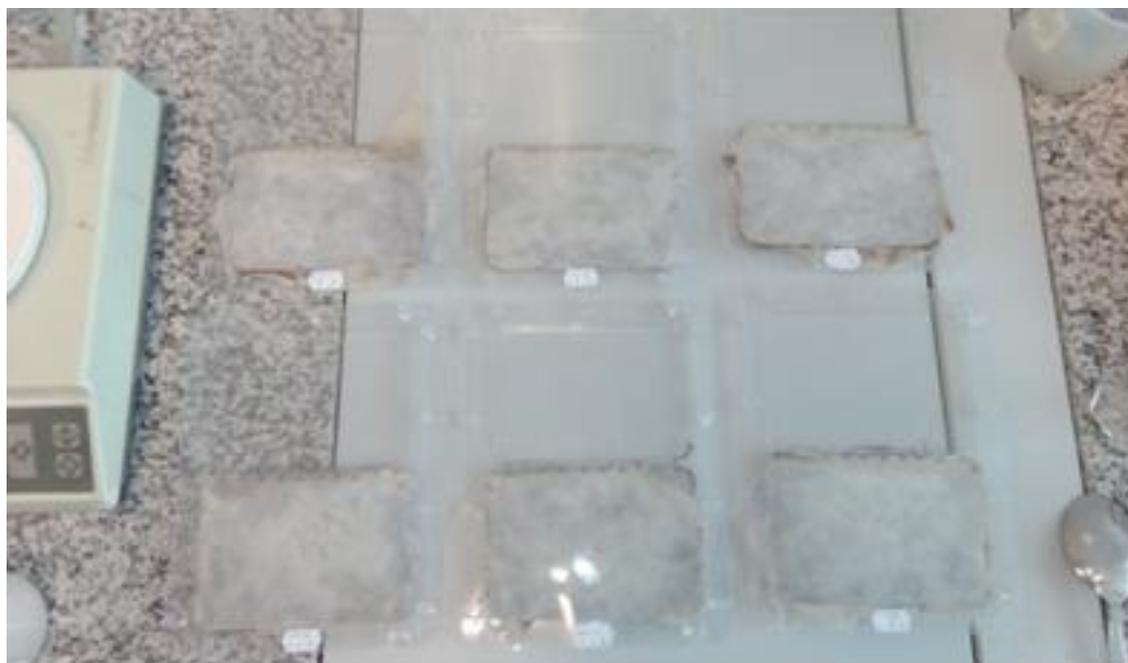


Obr. č. 37 Michací vůz v provozu (Veselá, 2016)

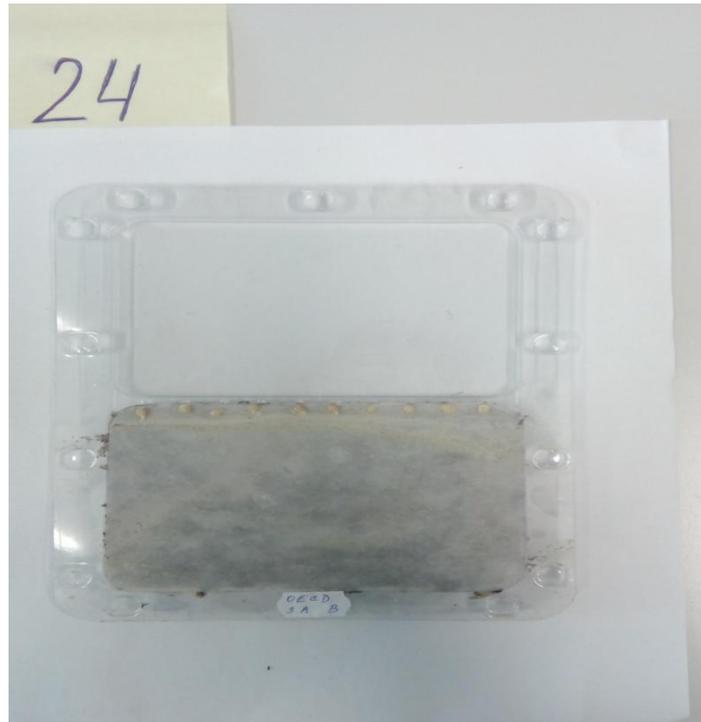
Fotografie z pokusu s referenční půdou



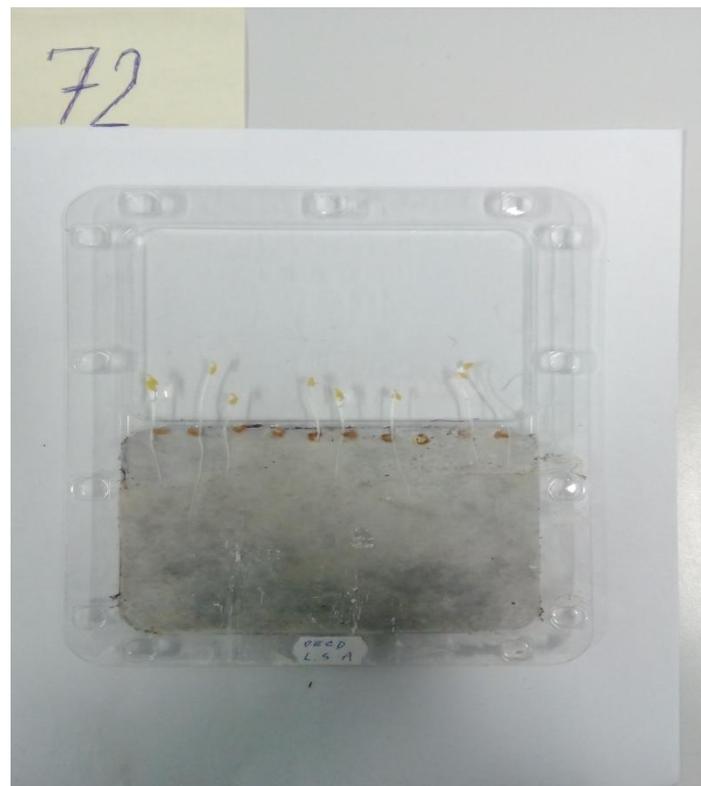
Obr. č. 38 Navážená referenční půda v testovacích deskách (Veselá, 2016)



Obr. č. 39 Připravený pokus s referenční půdou (Veselá, 2016)



Obr. č. 40 Kontrola pokusu po 24 hodinách (Veselá, 2016)

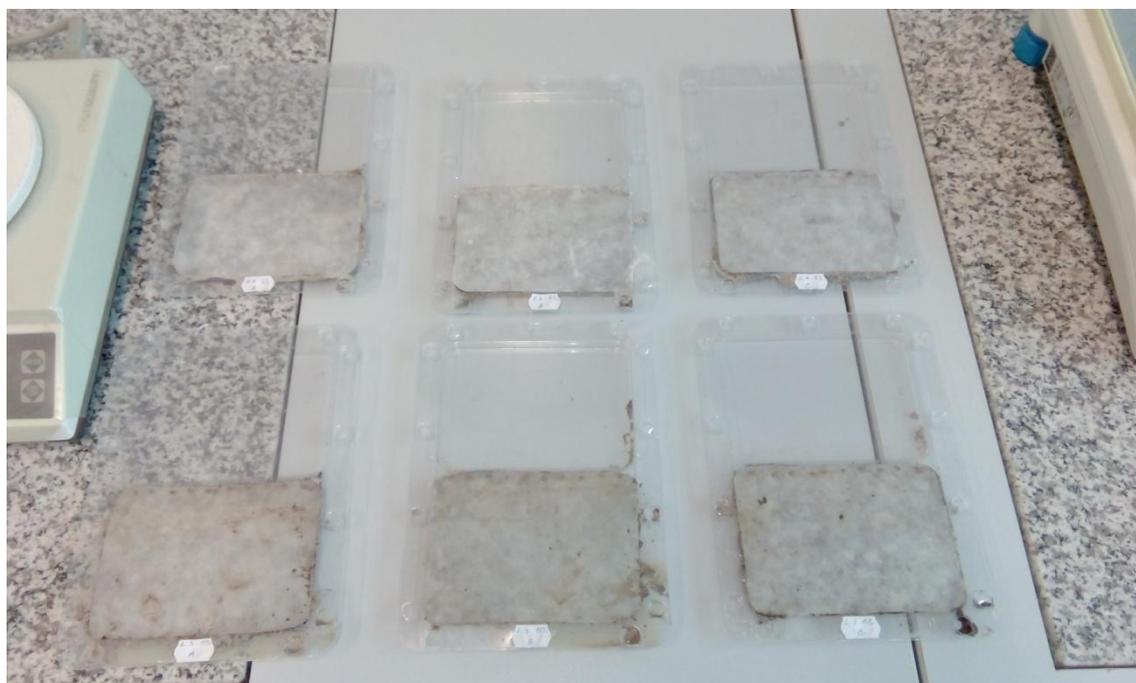


Obr. č. 41 Kontrola pokusu po 72 hodinách (Veselá, 2016)

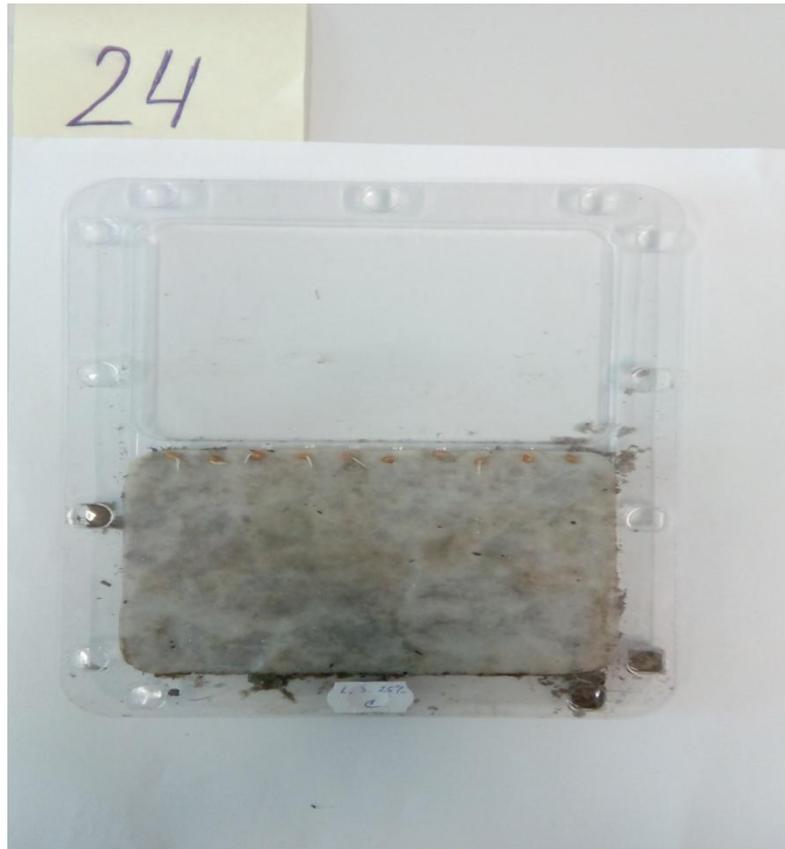
Fotografie z pokusu s kompostem z kompostárny



Obr. č. 42 Navážený kompost z kompostárny v testovacích deskách (Veselá, 2016)



Obr. č. 43 Připravený pokus s 10% koncentrací kompostu (Veselá, 2016)



Obr. č. 44 Ukázka kontroly pokusu po 24 hodinách (Veselá, 2016)



Obr. č. 45 Ukázka kontroly pokusu po 72 hodinách (Veselá, 2016)

Fotografie z pokusu s domácím kompostem



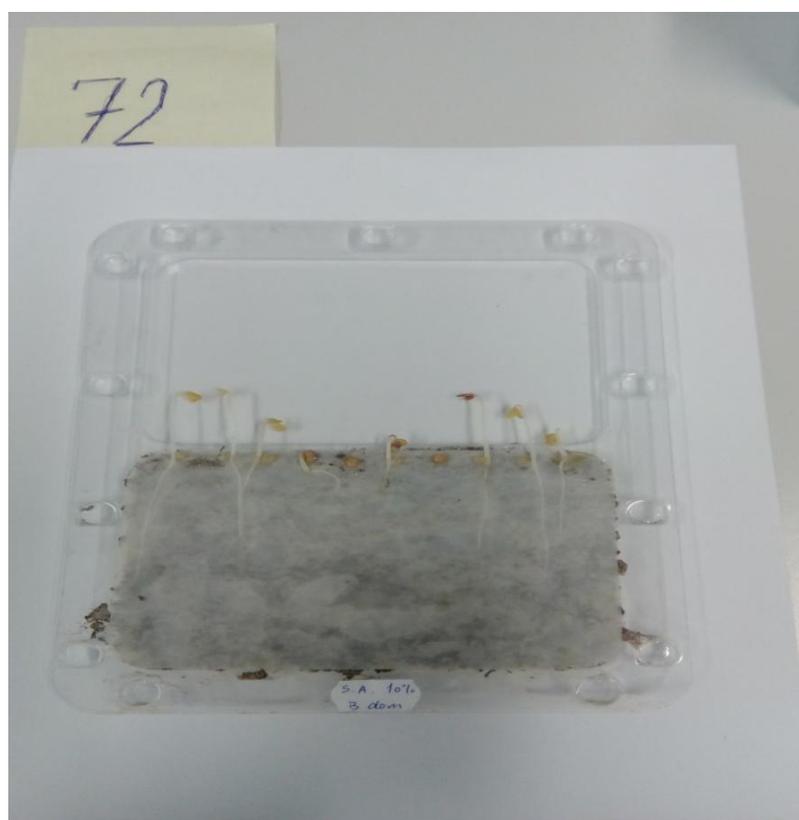
Obr. č. 46 Navážený domácí kompost v testovacích deskách (Veselá, 2016)



Obr. č. 47 Navážený domácí kompost s referenční půdou (Veselá, 2016)



Obr. č. 48 Ukázka kontroly pokusu po 24 hodinách (Veselá, 2016)



Obr. č. 49 Ukázka kontroly pokusu po 72 hodinách (Veselá, 2016)