

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Blatticomposting jako metoda zpracovávání bioodpadu v domácnosti

Michaela Holzmannová

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: doc. RNDr. Martin Rulík, Ph.D.

Olomouc 2021

Holzmannová M. 2021. Blatticomposting jako metoda zpracování bioodpadu v domácnosti [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP PřF UP v Olomouci. 72 s. 14 příloh. Česky.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá blatticompostingem, nové a alternativní metodě zpracování bioodpadu pomocí švábů. První část práce obsahuje informace o kompostování, vermikompostování a sjednocuje roztroušené informace o blatticompostingu. Dále popisuje význam organické hmoty v půdě. Ve druhé části je metoda blatticompostingu hodnocena z hlediska množství přetvořeného bioodpadu ku vstupnímu, což bylo zjištěno vlastním blatticompostingem, který probíhal od 12. 7.2020 do 30. 1.2021. Výsledný blatticompost byl analyzován v laboratoři, kde bylo zjištěno jeho výsledné fyzikální a chemické složení. Porovnává výsledný blatticompost s tím z klasického kompostování a z vermikompostování. Bylo zjištěno, že složení blatticompostu je srovnatelné s kompostem a vermikompostem, a že tato metoda má své výhody i nevýhody. Blatticomposting je zajímavou alternativou kompostování, která by měla být dále zkoumána. Získané údaje budou sloužit jako podklad pro další studium této problematiky.

Klíčová slova: bioodpad, blatticomposting, dekompozice, humus, kompostování, švábi, vermikompostování.

Holzmannová M.: Blatticomposting used as a method of processing biodegradable waste in households [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 72 pp. 14 Appendices. Czech.

Abstract

This bachelor's thesis focuses on blatticomposting, a new and alternative way of processing biodegradable waste by using cockroaches. The first part of the thesis contains basic information about composting, vermicomposting, and it puts together basic information about blatticomposting. It also explains the importance of organic matter in soil. The second part of the thesis focuses on showing how much biodegradable waste cockroaches are capable of transforming into blatticompost, the product of this method. This was done by personally blatticomposting from 12.07.2020 to 30.01.2021. The blatticompost then underwent analysis in a lab, where its chemical and physical properties were examined. It was discovered that blatticompost is comparable to compost and vermicompost, and that this new method has its strong suits and weaknesses. Blatticomposting is a promising new method of composting and it should be studied further. The results of the thesis will be used as a base from which further research should be conducted.

Key words: biodegradable waste, blatticomposting, composting, cockroaches, vermicomposting.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Martina Rulíka, Ph.D. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 10. května 2021

.....

Podpis

Obsah

Seznam tabulek	ix
Seznam obrázků	x
Seznam zkratk	xi
Poděkování	xii
1 Úvod.....	1
2 Cíle.....	3
3 Teoretická část	4
3.1 Definice pojmů	4
3.2 Rozdělení bioodpadu	5
3.3 Význam kompostování	5
3.3.1 Uhlík v půdě	5
3.3.2 Dusík v půdě.....	6
3.3.3 Fosfor v půdě	6
3.3.4 Draslík v půdě.....	7
3.3.5 Vápník v půdě.....	7
3.3.6 Hořčík	7
3.3.7 Sodík v půdě	7
3.4 Kompostovací techniky.....	8
3.4.1 Konvenční kompostování	8
3.4.2 Vermikompostování	10
3.4.3 Blatticomposting.....	13
4 Materiál a metody	18

4.1	Získ informací	18
4.2	Tvorba blaticompostéru.....	18
4.3	Kompostování	20
4.4	Laboratorní analýza výsledného kompostu.....	21
4.4.1	Dusík.....	22
4.4.2	Uhlík a humus.....	23
4.4.3	Spalitelné látky	24
4.4.4	Poměr C: N	25
4.4.5	Fosforečnany (PO_4^{3-}).....	26
4.4.6	Draslík, vápník, hořčík a sodík.....	27
4.4.7	Vlhkost.....	28
4.4.8	pH	28
4.5	Rychlost vzniku kompostu	29
4.6	Porovnání kompostu.....	29
4.7	Zpracování dat.....	30
5	Výsledky	31
5.1	Početnost švábů	31
5.2	Vstup a výstup.....	31
5.3	Výsledky chemické analýzy	33
5.3.1	Dusík.....	33
5.3.2	Uhlík a humus.....	34
5.3.3	C: N.....	35
5.3.4	Spalitelné látky	35
5.3.5	Fosforečnany	36
5.3.6	Draslík, vápník, hořčík a sodík.....	37

5.3.7	Vlhkost.....	40
5.3.8	pH	41
5.4	Porovnání kompostů.....	41
6	Diskuze	42
6.1	Přeměna bioodpadu na blatticompost.....	42
6.2	Chemické složení blatticompostu.....	42
6.2.1	Dusík, uhlík a jejich poměr.....	42
6.2.2	Humus.....	44
6.2.3	Fosforečnany	44
6.2.4	Draslík, vápník, hořčík a sodík.....	44
6.2.5	Vlhkost.....	45
6.2.6	pH	45
6.2.7	Rozdíly jednotlivých frakcí	46
6.3	Blatticomposting obecně	46
6.4	Návrhy do budoucna	48
7	Závěr	50
8	Literatura.....	51
9	Přílohy.....	60

Seznam tabulek

Tabulka 1: Navážky vzorků pro chemickou analýzu fosforečnanů	26
Tabulka 2: Navážky vzorků pro chemickou analýzu K, Ca, Mg, Na	27
Tabulka 3: Početní stavy švábů před a po blatticompostingu	31
Tabulka 4: Váha blatticompostu na konci experimentu (průměrná hodnota)	32
Tabulka 5: Poměr C: N v blatticompostech dle elementární analýzy (průměrná hodnota ± SD)	35
Tabulka 6: Průměrné množství spalitelných látek (%) v kompostérech (průměrná hodnota)	36
Tabulka 7: Průměrná vlhkost (%) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměrná hodnota)	40
Tabulka 8: Hodnota pH v jednotlivých blatticompostérech	41
Tabulka 9: Hodnoty sledovaných vlastností kompostů (průměrná hodnota ± SD) .	41
Tabulka 10: Hodnocení výsledků dle % stanoveného humusu (Jandák 2003)	44
Tabulka 11: Hodnocení výsledků dle pH (Jandák 2003)	46
Tabulka 12: SWOT analýza blatticompostingu	48

Seznam obrázků

Obrázek 1: Průběh kompostování (Kalina 2004)	10
Obrázek 2a a 2b: Larvy druhu <i>Eublaberus distanti</i> . foto: autor.....	15
Obrázek 3: Dospělec druhu <i>Eublaberus distanti</i> , foto: autor.....	15
Obrázek 4: Struktura blatticompostu, foto: autor	17
Obrázek 5: Box CHRIS S s víkem, foto: autor	18
Obrázek 6: Víko blatticompostéru, foto: autor.....	19
Obrázek 7: Blatticompostér připravený pro šváby, foto: autor	19
Obrázek 8: Nymfy <i>E. distanti</i> konzumující banánovou slupku, foto: autor	20
Obrázek 9: Finálně rozdělené frakce blatticompostu, foto: autor	21
Obrázek 10: Přibližné složení vstupního bioodpadu.....	32
Obrázek 11: Průměrný obsah celkového dusíku v blatticompostu (g/kg)	33
Obrázek 12: Průměrný obsah uhlíku v blatticompostu (%)	34
Obrázek 13: Průměrný obsah humusu v blatticompostu (%).....	35
Obrázek 14: Průměrný obsah fosforečnanů v blatticompostu (g/kg).....	36
Obrázek 15: Průměrný obsah draslíku v blatticompostu (g/kg).....	37
Obrázek 16: Průměrný obsah vápníku v blatticompostu (g/kg).....	38
Obrázek 17: Průměrný obsah sodíku v blatticompostu (g/kg).....	39
Obrázek 18: Průměrný obsah hořčíku v blatticompostu (g/kg)	40

Seznam zkratk

BRO	Biologicky rozložitelný odpad
BRKO	Biologicky rozložitelný komunální odpad
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
ES	Evropská rada a parlament
EU	Evropská unie
KO	Komunální odpad
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
SKO	Směsný komunální odpad

Poděkování

Ráda bych poděkovala především mému vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Martinu Rulíkovi, Ph.D., za veškerou pomoc, ochotu a oporu při tvorbě bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Janu Černoorskému za cennou pomoc v laboratoři, bez které by tato práce nebyla možná a za jeho vstřícnost a cenné rady. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., za pomoc při spektrofotometrii. Rovněž bych chtěla poděkovat všem lidem, kteří se o toto téma zajímají a podávají rady o blatticompostování na fórech American Roach Society. V poslední řadě bych chtěla poděkovat rodičům a zbytku rodiny za velkou oporu při době bakalářského studia na vysoké škole.

1 Úvod

V dnešní době se musíme vypořádat s realitou, že s rostoucí světovou populací bude nadále růst i množství odpadu, který produkujeme. Téma nedostatku úložišť odpadu a vyvíjení alternativních způsobů zpracování odpadu je teď často diskutovaným problémem (Hoornweg et al. 2013).

Jedním z hlavních nástrojů, které spravují odpady a jejich odpadové hospodářství jsou nástroje legislativní. Hlavními příklady jsou Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 1999/31/ES o skládkách odpadů a nový Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech, který vešel v platnost v roce 2021. Tyto dokumenty kladou důraz na minimalizaci potřeby skládkování a dávají přednost prevenci vzniku odpadů, jejich redukcii, znovuvyužití a recyklaci.

Bioodpad, celým názvem biologicky rozložitelný odpad (BRO) je odpad schopný anaerobního nebo aerobního rozkladu. Tato práce je zaměřena specificky na biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), neboli biologicky rozložitelný odpad produkovaný komunální sférou. Množství BRKO na skládkách v současné době sice klesá, díky opatřením a snaze společnosti, ale ne v takové míře, která by byla uspokojivá. Bioodpad produkuje téměř každá domácnost a tvoří cca 25 % z celkového množství směsného komunálního odpadu (EKO-KOM 2019).

Tato práce se zabývá představením jednoho z nových způsobů zpracování bioodpadu, který je nenáročný na údržbu. Tato metoda je bez zápachu, je vhodný do vnitřních prostor a funguje jako alternativa skládkování. Jedná se o tzv. blatticomposting, kompostování pomocí švábů. Je to nová a téměř nestudovaná metoda (University of Michigan–Dearborn 2018).

Na světě se vyskytuje více než 4000 druhů švábů a z těchto druhů existuje jen okolo 1 %, kteří jsou bráni jako významní škůdci v domácnostech (Cochran 1999). Což nic ale nemění na tom, že většina lidí si pod slovem šváb vybaví nechtěného a nebezpečného tvora, kterého je potřeba se zbavit. Touto prací bych chtěla ukázat, že toto není pravdou. Většina druhů švábů nejsou synantropní, ale jedná se o dekompozitory z tropických oblastí.

Blatticomposting, využívá tuto skutečnost a poukazuje, že existuje způsob, jak šváby využívat v domácnostech k našemu prospěchu.

Práce je zaměřena na tento způsob kompostování přímo v domácnostech, ale výsledky o složení kompostu je možné použít v širší sféře, jako je např. podnikové kompostování.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická popisuje význam kompostování, jeho zásady, designy a jeho průběh. Praktická část popisuje tvorbu již samotného kompostéru, jeho údržbu a chemické složení výsledného kompostu.

2 Cíle

Tato práce měla stanoveny následující 3 cíle:

Primárním cílem bylo popsat blatticomposting jako novou metodu kompostování a kompilovat informace o blatticompostingu tak, aby posloužily jako metodický návod pro vytvoření vlastního kompostéru v domácnosti, sepsat důležité informace o kompostování a o druzích, které jsou při různých technologiích kompostování používány.

Dalším cílem bylo provést rozbor finálního kompostu, který byl rozdělen do 3 frakcí podle velikosti, dle platných chemických metodik a statisticky vyhodnotit složení blatticompostu v jednotlivých frakcích. Jednalo se o analýzu množství spalitelných látek, vlhkosti, obsahu celkového N, PO_4^{3-} , Ca, Mg, K a Na, poměru C: N a hodnoty pH.

Posledním cílem bylo zhodnotit, jaké množství odpadu jsou švábi *Eublaberus distantis* (Kirby, 1903) schopni zpracovat za určitou dobu a obecně porovnat výsledné složení kompostů z blatticompostéru s komposty vzniklými v procesech vermikompostování a konvenčního kompostování.

Data získaná z chemických analýz byla zpracována do podoby přehledných tabulek a grafů, které jsou součástí této práce. Získané výsledky slouží jako „nášlapný kámen“ pro další studium a analýzu této problematiky.

3 Teoretická část

3.1 Definice pojmů

Dle zákona č. 541/2020 Sb. o odpadech v § 3 je odpad definován jako každá movitá věc, které se osoba zbavuje, má úmysl či povinnost se jí zbavit.

Biologicky rozložitelný odpad je definován v § 11 odst. 2 písm. a) jako jakýkoliv odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu a jako biologicky rozložitelným odpadem ze zahrad a veřejné zeleně, potravinový a kuchyňský odpad z domácností, kanceláří, restaurací, velkoobchodu, jídelen, stravovacích nebo maloobchodních zařízení a srovnatelný odpad ze zařízení potravinářského průmyslu.

BRO se může zpracovávat dvěma způsoby – zpracováním v bioplynové stanici, kdy vzniká tepelná a následující elektrická energie, nebo kompostováním, čímž vzniká organické hnojivo (Zemánek et al. 2010). Dalším, avšak ne žádaným způsobem zpracování BRO je skládkování.

Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO), o kterém je tato práce, je pouze součástí smíšeného komunálního odpadu (SKO) a je brán jako veškerý bioodpad vznikající v komunální sféře a jeho podíl v současnosti tvoří zhruba 40 až 50 % z celkového SKO (Čurda et al. 2010).

Dle 8/2021 Sb, Katalogu odpadů do BRKO zařazujeme například BRO z kuchyní, BRO, papírový odpad a specifické bioodpady.

V této práci se převážně zaměřuji na bioodpad z domácnosti, přesněji odpad z kuchyně a zahrady. Domácí kompostování a vermikompostování není upravováno v současné době žádnou normou. Metodou blatticompostingu avšak lze zpracovávat i papíry (Chiarella 2017).

3.2 Rozdělení bioodpadu

Bioodpady, které lze zpracovávat kompostováním jsou např. kuchyňské zbytky ovoce a zeleniny, odpady ze zahrady, čajové sáčky a kávové filtry, papír atd. Odpad, který nelze kompostovat může být zpracováván např. anaerobní digescí.

3.3 Význam kompostování

Proč bioodpad kompostovat? Zjednodušeně lze říct, že význam kompostování spočívá v tom, že kompost, který z něj vzniká, dokáže ovlivňovat fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy (Badalíková a Bartlová 2012).

Půda je nepostradatelnou složkou životního prostředí, na niž je závislá existence většiny živých organismů na Zemi. K nejdůležitějším vlastnostem půdy patří její úrodnost, která závisí nejvíce na obsahu organické hmoty (Bumerl 2006), což je soubor všech neživých organických látek v půdě a na jejím povrchu v různém stupni rozkladu (Elbl 2014).

Tato organická hmota, která je do půdy přidávána, tedy i kompost, zlepšuje půdní kvalitu, která je dle Dorana a Parkina (1994) definovaná jako „*schopnost půdy fungovat v ekosystému a udržovat jeho produktivitu, zajišťovat kvalitu prostředí a podporovat zdravý vývoj rostlin a živočichů*“. Organická hmota v půdě ovlivňuje její zpracovatelnost, sorpční schopnost, a především do půdy dodává humus, hlavní biogenní prvky (dusík, fosfor a draslík), vápník a další živiny (Šrefl 2012). Tyto živiny jsou díky vysoké stabilitě kompostu uvolňovány pozvolna, čímž nehrozí kontaminace podzemních vod (Radvanská 2009).

To, v jaké míře ovlivní dané organické hnojivo půdu, je dáno jeho kvalitou, množstvím a Badalíková a Červinka (2010) také zjistili, že záleží na tom, jakým způsobem je do půdy zapraveno. V následujících podkapitolách je popsáno, jakým způsobem dané prvky kompostu ovlivňují půdu.

3.3.1 Uhlík v půdě

Uhlík, který najdeme v půdě, je součástí organické hmoty. Organická hmota má mnoho různých dělení a definic, ale obecně lze říct, že ji lze rozdělit na 3 kategorie (Valla et al. 1980):

1. Humusotvorný materiál (primární) – patří sem odumřelé části rostlin, živočichů a půdní mikroflóry, která ještě neprocházela rozkladem.
2. Meziprodukty rozkladu – organická hmota v procesu rozkladu.
3. Humusové látky (sekundární) – organické látky, které prošly procesem humifikace.

Humus se skládá ze stabilních huminových kyselin, fulvokyselin a jejich solí (Kolář et al. 2005). Je tedy podstatné konstatovat, že humus kompost není, ale je pouze jeho nedílnou součástí.

Množství uhlíku a humusu v půdě výrazně ovlivňuje půdní úrodnost, tím že působí kladně při poutání živin v půdě, zabraňuje vysrážení fosforečných sloučenin z půdního roztoku a kladně ovlivňuje pufrční schopnosti půdy (Kubát et al. 2008; Reicosky 2003).

3.3.2 Dusík v půdě

V půdě se vyskytuje dusík ve dvou základních formách. V minerální podobě (cca 1–5 % celkového dusíku) a v podobě organické, která převládá (až 99 %) (Richter 2007; Marschner 1995).

Organický dusík je hlavní zásobní formou dusíku v půdě, kterou rostliny využívají až po mineralizaci (Škarpa 2010). Půdní organická hmota obsahuje asi 5 % dusíku. Je důležitý při procesu humifikace, který probíhá pouze při dostatku dusíku (Svobodová 2011).

Obsah celkového dusíku v půdě se uvádí ve spojení s obsahem humusu v půdě, či s obsahem oxidovatelného dusíku jako poměr C: N, který slouží jako důležitý indikátor rychlosti rozkladu a je hlavním indikátorem kvality hnojiva. Optimální poměr uhlíku k dusíku je v rozmezí 20–30: 1, kdy probíhá tlení (Kalina 2004).

3.3.3 Fosfor v půdě

Fosfor patří k prvkům, kterého je za normálních podmínek vždy nedostatek pro dosahování vysoké produkce biomasy. Množství fosforu v půdách je ovlivňováno především pH půdního roztoku a přítomností hliníku, železa a vápníku, které s fosforem

ve formě fosforečnanů tvoří rozpustné sloučeniny (Penn et al. 2019; Devau et al. 2009; Hrdlička et al. 2014).

Hlavní fyziologická funkce fosforu u rostlin spočívá v přenosu energie v metabolických reakcích. Fosfátový iont v důsledku své velké afinity k elektronům odčerpává jejich energii, které je pak konzervována v makroergních vazbách typu ATP (Malhotra et al. 2018; Williamson et al. 2001; Luštinec a Žárský 2003).

3.3.4 Draslík v půdě

Draslík v půdě můžeme rozdělovat dle jeho dostupnosti rostlinám, a to na draslík nevýměnný, draslík výměnný a draslík vodorozpustný (Richter 2007). Draslík je rostlinami přijímán ve formě K^+ , je přijímán pomocí aktivního transportu i pasivním způsobem (adsorpční výměna, transpirační proud) (Luštinec a Žárský 2003).

Draslík u rostlin ovlivňuje osmotický potenciál buňky a pomáhá řídit osmoregulaci – např. otevíráním průduchů, čímž ovlivňuje vodní provoz rostlin (Luštinec a Žárský 2003).

3.3.5 Vápník v půdě

Vápník v půdě je jedním z prvků, který ovlivňuje půdní úrodnost. Upravuje půdní strukturu, zlepšuje její retenční schopnost a také samozřejmě pH půdy (Norton 2013).

U rostlin podmiňuje funkci membrán mitochondrií chloroplastů, kde dochází k přenosu elektronů.

3.3.6 Hořčík

Hořčík se nachází v půdě převážně jako součást půdního roztoku a je důležitým prvkem pro minerální výživu rostlin. Z půdního roztoku přijímán jako kationt Mg^{2+} . Je důležitým stavebním prvkem chlorofylu, aktivátorem více než 20 % enzymatických reakcí (Swaminathan 2003; Saris et al. 2000). v rostlinách a je součástí plastidů, mitochondrií a buněčné stěny (Richter 2007).

3.3.7 Sodík v půdě

Sodík v půdě nalezneme pouze ve formě sloučenin, jako například $NaCl$ a Na_2CO_3 . Do půd se dostává především rozpadem minerálů se sodíkem, které jsou velice křehké,

a uvolněný sodík přechází do vodorozpustné formy. Přílišné množství sodíku zhoršuje fyzikální i chemické vlastnosti půdy (Richter 2004).

3.4 Kompostovací techniky

3.4.1 Konvenční kompostování

Kompostování je definováno jako kontrolovaný proces, který probíhá za kontrolovaných podmínek, s přístupem vzduchu a s pomocí mikroorganismů přeměňuje nestabilní organické látky na stabilní humusové látky, kompost (Chudárek 2013). Při kompostování dochází ke snižování hmotnosti a objemu BRKO (Breitenbeck a Schellinger 2013).

Využívá dekompoziční proces biodegradace, tedy mikrobiální rozklad organického materiálu z látek složitých na látky jednodušší. Jeho fungování je podmíněno především aktivitou mikroorganismů, specificky bakterií, např. *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* (Reid a Wong 2005).

Jako kompost se rozumí finální produkt kompostování, který slouží jako organické hnojivo (Škarpa 2013) s velkým poměrem živin a přítomností aerobních mikroorganismů.

Zralý kompost je stabilní a bez zápachu.

Proces kompostování lze zjednodušeně popsat rovnicí dle příručky VÚZT od Plívy et al. (2006):



Kompostování je málo finančně nákladný způsob, který efektivně využívá odpadní biomasu. Kompostovat lze na zahradách, uvnitř domů v kompostérech či například ve velkoplošných komunitních kompostárnách.

Zásady kompostování

Při kompostování je nejdůležitější obsah vody a kyslíku. Kompost nemůže být příliš suchý, ani mokrý. Při nadměrné vlhkosti dochází k hnilobným procesům, nedostupnosti kyslíku a k uvolňování nepříjemného zápachu. Naopak příliš nízké vlhkosti mikroorganismy v kompostu umírají a kompostovací proces se zastavuje (Epstein E 1997; Richard et al. 2002).

Fáze kompostování

Pokud dojde k dodržení zásad správného kompostování, následně dochází k odbourávání organických látek v kompostu mikroorganismy. Tímto se uvolňuje energie, ze které se vytváří teplo a dochází ke vzniku kyslíku a vody. Proces dekompozice probíhá v následujících fázích (obr. 1) (Kalina 2004):

1. Fáze rozkladu (mineralizace)

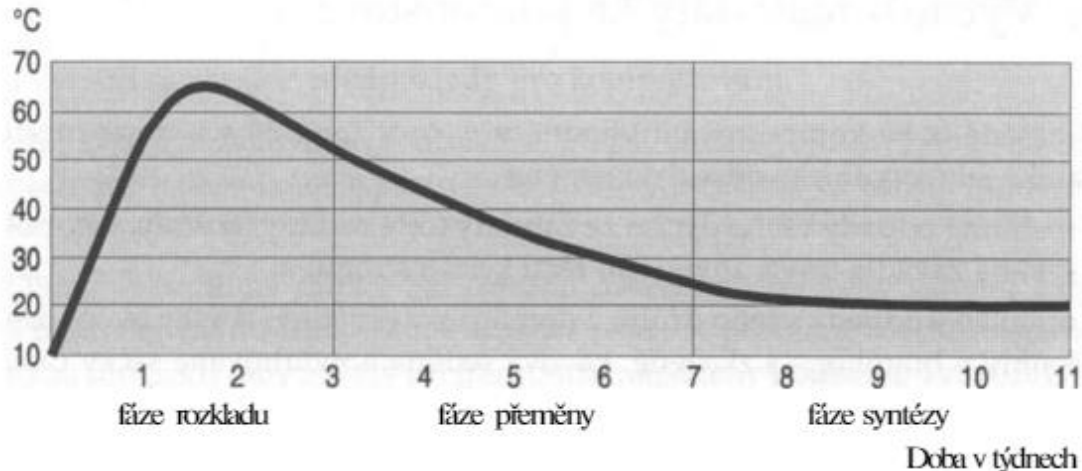
Po založení kompostu dochází po dobu 3 až 4 týdnů k fázi rozkladu. Pro tuto fázi je charakteristický rychlý růst teploty, která vyšplhá až na hodnoty 50–70 °C. Toto zvýšení je výsledkem činnosti dekompozičních mikroorganismů, kteří začínají rozkládat jednoduché organické sloučeniny, jako cukry, bílkoviny, aminokyseliny, mastné kyseliny a škrob, na sloučeniny anorganické. Při rozkladu se uvolňuje energie ve formě tepla. Tento růst teploty je přímo úměrný aktivitě mikroorganismů (Tesařová et al. 2010).

2. Fáze přeměny (humifikace)

Druhou fází je přeměna neboli humifikace. Trvá cca měsíc od založení kompostu do osmého až desátého týdne. Teplota kompostu klesá na 30–45 °C (Tesařová et al. 2010), zmineralizované živiny fungují jako základní kameny pro „humusový komplex“ (Kalina 2004). Dochází ke stabilizaci organických látek a barvoměně, kdy kompost získává hnědou barvu a jeho struktura je drobovitá. V této fázi nalezneme tzv. „živný humus“.

3. Fáze syntézy a dozrávání

Třetí fází je syntéza kompostu. Probíhá mezi osmým a dvanáctým týdnem od založení kompostu. Teplota stále klesá až na hodnotu blízkou okolí (20 °C) a kompost získává zemitou strukturu a konečný vzhled. „Živný humus“ se přeměňuje na „trvalý humus“, dochází k zpevňování vazeb živin, účinnost humusu se zvyšuje (Kalina 2004).



Obrázek 1: Průběh kompostování (Kalina 2004)

3.4.2 Vermikompostování

Vermikompostování, aneb kompostování pomocí žížal, je biooxidační a stabilizační proces přeměňující organické materiály využitím interakce mezi intenzivní činností žížal a mikroorganismů, na rozdíl od klasického kompostování (Domínguez a Edwards 2011). Tento proces nezahrnuje termofilní fázi rozkladu (Hanč a Plíva 2013). Výsledným produktem vermikompostování je stabilní vermikompost.

Vermikompost je druh organického hnojiva, které je bohaté na živiny a omezuje vstup cizorodých a toxických látek do živin a vylepšuje stav půdy (Lim et al. 2014). Obsahuje především kvalitní humus, velmi malé množství toxických látek a těžkých kovů (Bhat et al. 2018). Vzhledem k nízkonákladové povaze tohoto procesu a absenci škodlivých vedlejších produktů je vermikompostování velmi vhodným způsobem zpracovávání bioodpadu.

Zásady vermikompostování

Pro vermikompostování je nutné udržovat optimální vlhkost 55 až 70 % (Appelhof a Olszewski 2017). Vhodnou kontrolou je sevření kompostu v hrsti a sledování toho, jestli kompost drží svůj tvar a je správně vlhký (Honzová a Poklembová 2014).

Dalším důležitým faktorem je teplota, která by neměla být nižší než 10 °C a vyšší než 35 °C. Nejaktivnější jsou v rozmezí teplot 15 až 25 °C (Appelhof a Olszewski 2017). pH substrátu by se mělo pohybovat v rozmezí 5 až 9. Dále je potřeba zajistit proudění vzduchu. Posledním důležitým faktorem je zastínění.

Typy vermikompostování

I přes to, že vermikompostování je technologie relativně nová, v současné době již existuje mnoho různých variant (Sherman 2002). Nejčastější variantou je domácí vermikompostér, umístěný uvnitř domů či na zahradě, kde je dostatečně izolován, nebo velkoprodukční vermikompostování.

Domácí vermikompostování

Tento typ vermikompostování využívá malé nádoby. Tyto nádoby lze zakoupit v obchodech určených vermikompostování, či jej lze vyrobit ze 3 neprůhledných nádob. Návod, jak tento vermikompostér založit najdeme například v publikaci od Appelhof a Olszewski (2017).

Tento typ vermikompostování zpracovává především kuchyňský odpad, odpad ze tříd ve školách či kancelářích.

Velkoprodukční vermikompostování

Rozlišujeme vermikompostování v pásových hromadách, ohraničených prostorech, vermikompostování ve dvoumodulovém vermireaktoru nebo vermikompostování ve vermireaktorech.

Druhy žížal

Ne všechny druhy žížal je možné použít pro vermikompostování. Druhy žížal se vybírají podle rychlosti množení a nároků na podmínky ve vermikompostérech. Pro vermikompostování v České republice je nejčastěji vyžívána žížala kalifornská

(*Eisenia andrei*) (Bouché, 1972) nebo žížala hnojní (*Eisenia fetida*) (Savigny, 1826). Oba tyto druhy se vyznačují rychlým rozmnožováním a konzumací velkého množství potravy (Zajonc 1992).

Druh *Eisenia andrei* pro svou aktivitu potřebuje vyšší teploty, proto bývá upřednostňována při vermikompostování uvnitř budov a byl specificky pro vermikompostování vyšlechtěna. Dorůstá délky až 13 cm a váží asi 1 g.

Eisenia fetida je druhem, který se běžně nachází v kompostech na zahradách a nemá tak vysoké nároky na vysoké teploty jako *E. andrei*, ale množí se pomaleji a spotřebuje méně bioodpadu (Edwards et al. 1985). Dorůstá délky cca 50–150 cm a váží asi 0,7 g.

Dalším používaným druhem je žížala *Eudrilus eugeniae* (Kinberg 1867), pocházející ze západní Afriky. Pro svoji aktivitu potřebuje teploty v rozmezí 24–29 °C (Reinecke et al. 1992), proto není v ČR hojně používána. Dorůstá délky až 20 cm a průměrně váží 2,4 g.

Další druhy, které lze při vermikompostování použít, jsou například žížala obecná (*Lumbricus terrestris*) (Linnaeus, 1758), *Lumbricus rubellus* (Hoffmeister, 1843), *Dendrobaena hortensis* (Michaelsen, 1889) či *Perionyx excavatus* (Perrier, 1872).

Žížaly stojí cca 450 Kč/kg, dají se koupit ve specializovaných prodejnách, rybářských potřebách či přímo od majitelů vermikompostu. Žížaly neprodukují kompost hned od založení, ale potřebují několik měsíců na aklimatizaci. Počátek tvorby kvalitního vermikompostu lze poznat podle produkce tzv. „žížalího čaje“.

Produkty vermikompostování

Vermikompost

Hlavním produktem vermikompostování jsou tzv. *worm castings*, neboli vermikompost. Vermikompost je tmavá, nezapáchající hmota, tvořena výkaly žížal a nerozloženými zbytky podkladu vermikompostéru (Appelhof a Olszewski 2017). Je nutné tedy říct, že vermikompost je rozdílným produktem, než je kompost z konvenčního kompostování.

Vermikompost obsahuje humusové látky s huminovými kyselinami (Edwards a Burrows 1988). Je to vhodné hnojivo pro domácí rostliny a na zemědělské plochy (Karmegam a Daniel 2008; Shozeb a Panwar 2013).

Žížalí čaj

Tzv. worm tea neboli žížalí čaj je vedlejším produktem vznikající při procesu vermikompostování. Lze jej popsat jako vodu, která je obohacena o zředěný vermikompost (Nancarrow a Taylor 2012). Tato tekutina se ve vermikompostu začíná vytvářet od té doby, kdy začíná být vermikompost připravený na odebrání. Je to tekutina bohatá na fulvokyseliny a huminové kyseliny (Gutiérrez-Miceli et al. 2016).

3.4.3 Blatticomposting

Blatticomposting je nová technologie způsobu přeměny kompostovatelného bioodpadu na kompost. Blatticomposting je na rozdíl od konvenčního kompostování proces, který místo termofilní fáze rozkladu využívá činnosti švábů a mikroorganismů, kde výsledným produktem tzv blatticompost, neboli švábí trus, který lze používat jako hnojivo.

U blatticompostingu stačí zajištění vhodných životních podmínek pro šváby a dostatečný a pravidelný přísun organického odpadu, který funguje jako potrava.

Na rozdíl od vermikompostování nejsou švábi tak závislí na vlhkosti prostředí a snášejí širší rozsah teplot (University of Michigan–Dearborn 2018). Další výhodou je, že švábi konzumují více potravy (viz. kapitola „Diskuze“) a také ji rychleji zpracovávají.

Další charakteristika blatticompostingu je popsána v kapitole diskuze.

Zásady blatticompostingu

Kompostér určený pro blatticomposting je možné umístit ve vnitřních prostorech či venku na vhodných místech. Hlavními faktory, který ovlivňují správné fungování procesu kompostování a umožňují přežití švábům, je vhodná teplota, vlhkost, dostatečný přísun kyslíku a zastínění. Vlastní popis tvorby blatticompostéru je popsán v kapitole „Materiál a metody“.

Druhy švábů

Ne všechny druhy švábů jsou vhodné pro blatticomposting. Dle zkušeností chovatelů by měly splňovat následující kritéria (Chiarella 2017):

1. Švábi by neměli být schopni lézt po hladkých stěnách z plastu kvůli prevenci úniku z kompostéru a snadnější manipulovatelnosti.
2. Švábi by neměli být schopni letu kvůli riziku úniku z kompostéru.
3. Švábi by měli být schopni rychlé reprodukce a být adaptováni na nepříznivé podmínky, jako jsou nižší teploty a sucho.
4. Mělo by primárně jít o ty druhy švábů, kteří dokážou zpracovat téměř jakýkoliv bioodpad.

Pro tuto práci byl vybrán druh *Eublaberus distantis*. Tohoto švába lze zakoupit od chovatelů za přibližně 57 Kč za 10 jedinců (Švingr 2021). K porovnání a splnění posledního cíle práce byly vybrány druhy *Eublaberus posticus* a *Blaberus discoidalis*. Dalším vhodným druhem je například *Eublaberus serranus* (Hebard, 1920) (Chiarella 2017).

Eublaberus distantis

Pro vlastní kompostování byl zvolen šváb pestrý (*Eublaberus distantis*) – především kvůli předchozím zkušenostem s jeho chovem a využitím v blatticompostování¹, velké zdrojové populaci tohoto druhu v insektářiích na katedře Ekologie a ochrany životního prostředí, a mimo jiné také proto, že splňuje výše zmíněná kritéria.

Eublaberus distantis najdeme ve volné přírodě v jeskyních a stromových dutinách Střední a Jižní Ameriky (Beccaloni 2014), kde jako jejich potrava slouží guáno netopýřů a jiný organický materiál, který dokážou najít.

Nymfy tvoří husté agregace na jeskynním podkladu, kde tvoří nahromaděnou vrstvu jedinců několik centimetrů vysokou (Schal et al. 1984). Jsou populární volbou chovatelů švábů díky své nenáročnosti, vysoké toleranci k přemnožení a tendenci shlukovat se. Nymfy jsou robustní, pouze o něco menší než dospělci (3–5 cm) a umožňují lehkou manipulaci bez rizika poškození. Typickým rozpoznávacím znakem larev tohoto druhu je 4–6 žlutých skvrn

¹ Jednalo se především o osobní zkušenosti chovatelů švábů, se kterými jsem byla v korespondenci.

na svrchní straně hrudi (obr. 2 a 2b). Jedinci tohoto druhu jsou vůči sobě agresivní pouze ve výjimečných případech (Bell et al. 1978).



Obrázek 2a a 2b: Larvy druhu *Eublaberus distanti*. foto: autor

Druh *E. distanti* je ovoviviparní, tedy vejcoživorodý (Roth 1968, 1970). Jedná se o ovoviviparii typu A, která je charakterizována jako „pravá“ ovoviviparie u švábů (angl. „true“ ovoviviparity). Poté, co samice dokončí formaci ootěky, zatahuje ji zpět do snůškového vaku, kde dochází k vývoji embrya (embryogenezi), kde je vyživována vodou a látkami v ní rozpuštěných z těla samice (Bell et al. 2007). Nymfy opouštějí tělo matky až po vylíhnutí.

Dospělec *E. distanti* (obr. 3) má křídla, která by teoreticky měla být schopna letu, let u něj nebyl pozorován (Kotyk 2014).



Obrázek 3: Dospělec druhu *Eublaberus distanti*, foto: autor

Dle vlastního pozorování pro optimální produkci blatticompostu *E. distanti* potřebuje teplotu v rozmezí 20 °C až 30 °C. Nepotřebují vysokou vlhkost v blatticompostéru, postačí občasné zvlhčení rozprašovačem, popř. navlhčená vata v rohu blatticompostéru či vlhkost z odpadu.

Další podmínkou pro úspěšný chov těchto druhů je existence substrátu, do kterého se mohou nymfy zahrabat. Lze použít například opadanku ze zahrady.

Eublaberus posticus

Dalším z druhů, jehož výsledný kompost byl rovněž analyzován, je druh *Eublaberus posticus* (Erichson, 1848). Tento druh je blízko příbuzným druhem *E. distanti*, avšak kvůli jeho agresivitě k jedincům stejného druhu a častému kanibalismu není tento druh vhodnou první volbou pro blatticomposting (Roth 1968; Bell et al. 1978). Potřebuje teploty v rozmezí 25–32 °C a stále zavlažování (Chiarella 2017).

Blaberus discoidalis

Poslední druh švába, jehož kompost byl pro tuto práci zkoumán, je tropický šváb *Blaberus discoidalis* (Audinet–Serville, 1839). Tento druh je častě chovaným druhem pro teraristy, dorůstá velikosti 3–5 mm. Snášejí teploty v rozmezí 20–35 °C (Rehn a Herard 1927) a ze všech jmenovaných druhů dokážou nejlépe snášet nízkou vlhkost v blatticompostéru (Chiarella 2017).

Vhodný bioodpad

Jako potrava pro šváby v blatticompostéru slouží bioodpad neobsahující patogenní organismy. Je vhodné používat zbytky z kuchyně, ze zahrady apod. hned poté, jak odpad vznikne, aby se předešlo kontaminaci kompostéru a uhynutí švábů.

Na rozdíl od vermikompostování, švábi dokážou zpracovat i maso a mastný odpad (Chiarella 2017), ale není jej doporučeno vkládat ve velkém množství z důvodu zápachu a množení škůdců. Bioodpad není nutné rozkrájet na menší kousky, jako je tomu v případě vermikompostování, obecně tedy potřebuje minimální čas na přípravu.

Nejdůležitější je monitorovat, aby bioodpad nezůstával nezpracován. Švábi by po přidání bioodpadu měli reagovat do několika minut. Pokud k tomuto nedojde, znamená to, že kompostér obsahuje velké množství bioodpadu a další by neměl být přidáván. Přílišné

množství bioodpadu v kompostéru by znamenalo nepříjemný zápach, plíseň a množení octomilek (*Drosophila*) a smutnic (*Bradysia paupera*). Z vlastní zkušenosti doporučuji krmení švábů dvakrát, maximálně třikrát týdně.

Při krmení švábů je vždy vhodné zvyšovat vlhkost například rozprašovačem vody.

Produkty blatticompostingu

Produktem blatticompostování vzniká tzv. *blatticompost*, tedy hmota tvořená výkaly švábů a nerozloženými zbytky odpadu. Blatticompost slouží jako organické hnojivo, které můžeme samotné aplikovat již přímo do půdy k rostlinám. Chiarella (2017) tvrdí, že $\pm 0,45$ kg blatticompostu postačí na $\pm 32\text{--}37$ m² půdy.

Blatticompost má tmavě hnědou barvu, je drobný a bez zápachu (obr. 4). Chemické složení blatticompostu je blíže popsáno v kapitole výsledky.



Obrázek 4: Struktura blatticompostu, foto: autor

4 Materiál a metody

Následující kapitola je rozdělena do čtyř podkapitol, které popisují jednotlivé kroky se sepsanými materiály a metodami, které byly využity k dosažení cílů práce.

4.1 Zisk informací

Před samotným kompostováním došlo k vyhledávání relevantní literatury o biokompostování, specificky jak postupovat při tvorbě kompostérů, informace o druzích používaných při nekonvenčním způsobu kompostování atd.

Citované zdroje jsou značně roztroušené, především v elektronické podobě, důvodem je výrazná absence prací publikovaných na toto téma. Konkrétně o blatticompostingu, jako nové metodě, byly zdroje informací omezeny pouze na informační fóra zabývající se touto problematikou a konzultace s vedoucím práce.

4.2 Tvorba blatticompostéru

Pro tvorbu experimentálních blatticompostérů byly zvoleny 3 neprůhledné plastové boxy o rozměrech (Š x V x H) 390 x 180 x 290 mm pro šváby. Jednalo se o Box CHRIS vel. S s víkem, zakoupené v prodejně Hornbach za 165 Kč/ks (obr. 5).



Obrázek 5: Box CHRIS S s víkem, foto: autor

Do víka každého boxu bylo elektrickým vrtákem rovnoměrně provrtáno 32 děr o průměru 5 mm, které zajišťovaly přísun vzduchu (obr. 6)



Obrázek 6: Víko blatticompostéru, foto: autor

Poté byl do boxů vložen základ pro kompost – hrabanka a části plat na vejce, které pro šváby sloužily jako úkryt (obr. 7).



Obrázek 7: Blatticompostér připravený pro šváby, foto: autor

4.3 Kompostování

Pro vlastní experiment bylo použito 90 nymf druhu *Eublaberus distanti*. Do každého kompostéru bylo rovnoměrně vloženo 30 nymf různého stáří a velikosti (obr. 8).



Obrázek 8: Nymfy *E. distanti* konzumující banánovou slupku, foto: autor

Samotný experiment probíhal od 12. 7. 2020 do 30. 1. 2021, tj. 202 dní. Švábi byli krmeni 2–3 x týdně², kdy bylo množství vstupního bioodpadu váženo. Bylo zohledněno to, že do každého blatticompostéru vstupovalo vždy stejné množství odpadu. Při krmení byla zaznamenávána teplota vzduchu a to, zdali došlo k zavlažování. Tyto záznamy byly zpracovány do formy tabulky a koláčových grafů, které popisují složení bioodpadu v kapitole výsledky.

Množství bioodpadu, které jsem při každém krmení do kompostéru přidala jsem vážila kuchyňskou váhou ETA Dori 6778 90000 s přesností na 1 g. Z důvodu omezeného přístupu do budovy školy tato část práce probíhala v mém domě, nebylo proto možné zajistit konstantní teplotu vzduchu a laboratorní váhy.

V závěru experimentu byl v každém kompostéru spočítán aktuální počet švábů a proveden odběr vytvořeného kompostu. Ten byl následně pomocí sít rozdělen na 3 frakce (viz. 4.4), vysušen a zvážen a dále analyzován v laboratoři.

² To, jaké množství bioodpadu a jak často do blatticompostéru vstupovalo, bylo určováno vizuálně, dle stavu jednotlivých kompostérů. Záleželo na množství nezpracovaných zbytků a jejich stavu (tvorba plísňe, množení octomilek (*Drosophila*)...).

4.4 Laboratorní analýza výsledného kompostu

Po ukončení blatticompostingu následovala laboratorní analýza výsledného kompostu v laboratoři katedry Ekologie a ochrany životního prostředí.

Kompost z jednotlivých kompostérů byl pomocí síta rozdělen dle velikosti na celkem 3 kategorie (frakce): <1 mm, 1–5 mm a >5 mm (obr. 9).

Rozdělené frakce kompostu byly vysušeny v sušárně při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin a zváženy na laboratorní váze s přesností 0,001 g. Frakci >5 mm lze považovat za nerozložené organické zbytky z bioodpadu, frakci <1 mm jako vlastní blatticompost a frakci 1–5 mm jako směsici těchto dvou frakcí.



Obrázek 9: Finálně rozdělené frakce blatticompostu, foto: autor

Poté byla pro každou frakci provedena laboratorní analýza, kterou jsme stanovovali množství spalitelných látek, uhlíku, dusíku, poměru C: N, pH, fosforečnanů, vápníku, draslíku a manganu.

Norma ČSN 46 5735 „Kompostování“ uvádí hodnoty, které by měly prodávané komposty splňovat, ovšem nevztahuje se na domácí kompostování a vermikompostování. Limitní požadavky na jakost domácího kompostu tedy nejsou v současné době stanovovány

žádnou normou, proto byly metody zvolené dle předchozích zkušeností s analýzou domácích kompostů na katedře a zhodnocení výsledků probíhalo dle Plívy a kol. (2006).

4.4.1 Dusík

Pro analýzu dusíku byla vybrána Kjeldahlova metoda (tzv. kjeldahlizace) dle normy ČSN ISO 11261 (836415). Kjeldahlizace je založena na mineralizaci vzorku podle Kjeldhala s použitím selenu jako katalyzátoru. Vzorek je poté podroben destilaci a na závěr dochází k titraci. Uvedenou metodou lze stanovit pouze dusík organicky vázaný a dusík amoniakální. Dusík nitrátový se vzhledem k malému množství v poměru s dusíkem organickým zanedbává.

Vzorky byly vloženy do sušárny o teplotě 105 °C po dobu 24 hodin. Takto upravený vzorek byl navážen na analytických vahách do Erlenmayerovy baňky. Dohromady bylo naváženo 27 vzorků (tj. 3 vzorky z každé frakce). Navážka humusu jednoho vzorku činila 0,1 g³.

Po usušení navážky byla navážka převedena do mineralizační trubice. K navážce bylo přidáno půl tablety selenového katalyzátoru a odměrným válcem 10 ml H₂SO₄ v zapnuté digestoři. Mineralizační trubice byla vložena do mineralizačního přístroje. Bylo nasazeno víko pro odsávání par.

Vzorky byl zahřát v mineralizačním přístroji na 380 °C, což trvalo ± 60 minut. Po dosažení optimální teploty (380 °C) byl vzorek mineralizován po dobu 4–5 hodin. Během mineralizace se barva analytu změnila z černé na šedou.

Po mineralizaci došlo k vypnutí digestoře, vzorek s mineralizátem byl po ochlazení vložen do destilačního přístroje, kde byl vzorek podroben destilaci. Zařízení automaticky nadávkovalo nejprve destilovanou vodu a poté roztok hydroxidu sodného. Amoniak byl následně předestilován do tzv. předlohy – titrační baňky s 25 ml 2 % H₃BO₃ a 2 kapkami Tashiro indikátoru. V přístroji byl vzorek ponechán po dobu 4 minut.

³ Navážka 0,1 g místo doporučených 0,5 g byla zvolena kvůli nedostatku materiálu ve frakci >5 mm a pro menší spotřeby odměrného roztoku 0,01 M kyseliny chlorovodíkové. Ve veškerých výpočtech byla tato navážka zohledněna.

Posledním krokem byla titrace vzorku 0,01 M HCl pomocí byrety. Platí, že čím více HCl se spotřebuje, tím více je ve vzorku organického dusíku. Konec titrace byl indikován barvozměnou ze zelené do růžové barvy, kdy se dosáhlo tzv. bodu ekvivalence.

Množství dusíku ve vzorcích bylo vypočítáno dle následujícího vzorce:

$$N_{org} = \frac{V_{0,01\ M\ HCl\ (ml)} \cdot 159}{m\ (g)}$$

kde V – objem HCl použité při titraci

$m\ (g)$ – navážka (0,1 g)

4.4.2 Uhlík a humus

Množství organického uhlíku a humusu v půdě se stanovuje kvalitativními a kvantitativními metodami. V této práci byla použita kvantitativní, nepřímá (C_{ox}) – spalování za mokra. Tato metoda je u nás nejčastěji používanou (Jandák 2003).

Vzorek byl vložen do sušárny o teplotě 105 °C po dobu 24 hodin. Po usušení byl navážen do Erlenmayerovy baňky v množství 0,1 g. Byly naváženy 3 vzorky z každé frakce, dohromady tedy 27 vzorků.

Do odvážené jemnozeme se do baňky pomocí pipety přidalo 10 ml $K_2Cr_2O_7$. Suspenze byla vložena do zapnuté digestoře, v jejímž prostoru se do baňky přidalo odměrným válcem 20 ml koncentrované H_2SO_4 .

V zapnuté digestoři se nechala suspenze stát po dobu 45 minut. Po 45 minutách se vzorek odebral z digestoře a pomocí odměrného válce a stříčky se přidalo 170 ml destilované vody, která byla přidána do baňky se vzorkem. Poté bylo přidáno pomocí kapátek 2 ml koncentrované H_3PO_4 a 7 kapek indikátoru o-fenantrolinu.

Před titrací samotných suspenzí s navázkou jemnozeme nejdříve došlo ke stanovení tzv. slepého pokusu (tzn. vzorek bez navážky zeminy, pouze s $K_2Cr_2O_7$ a H_2SO_4) pro výpočet faktoru Mohrovy soli. Vzorec pro výpočet faktoru je následující:

$$f = \frac{VK_2Cr_2O_7}{V_{Mohrovy\ soli}}$$

kde $VK_2Cr_2O_7$ – objem dichromanu draselného přidaného k navážce

$V_{Mohrovy\ soli}$ – spotřeba Mohrovy soli u tzv. slepého vzorku na byretě

Na závěr byla suspenze vzorků titrována Mohrovou solí, docházelo k barevné změně. Suspenze nejdříve získává barvu oranžovo–žlutou, poté světle zelenou až tmavě zelenou, která přechází do zelenomodré. V konečném stavu před ukončením titrace získává suspenze kaštanovou barvu.

Vzorec pro výpočet % uhlíku je následující:

$$C_{\%} = \frac{(10\ ml\ K_2Cr_2O_7 - f \times V_{Mohrovy\ soli}) \times 0,3}{m\ (g)}$$

kde f – faktor Mohrovy soli

$V_{Mohrovy\ soli}$ – spotřeba Mohrovy soli při titraci vzorku se zeminou na byretě

$m\ (g)$ – navážka (0,1 g)

% humusu bylo vypočítáno dle vzorce:

$$\% \text{ humusu} = C_{\%} \times 1,724$$

Faktory Mohrovy soli pro slepé pokusy se nachází v příloze. Výsledné složení bylo zpracováno do formy grafu v kapitole výsledky.

4.4.3 Spalitelné látky

Pro zjištění množství spalitelných látek ve vzorcích byla využita metoda žihání. Množství spalitelných látek bylo stanovováno na 9 vzorcích, každý reprezentativní pro 1 frakci. Tyto vzorky byly vysušeny v laboratorní sušičce při teplotě 105 °C po dobu 30 minut.

Po vychladnutí byly vloženy do porcelánových misek, které byly řádně omyty destilovanou vodou a ethanolem a sušeny a označeny čísly. Do takto připravených misek bylo naváženo 1 g vysušené frakce.

Vzorky byly poté vloženy do laboratorní muflové pece, ve které byly vyžehány při teplotě 550 °C po dobu 5 hodin. Po vyžehání byly misky kleštěmi přeneseny do skleněného exsikátoru s vysušeným silikagelem, kde přes noc chladly. Další den byly z exsikátoru vytáhnuty kleštěmi a zváženy na analytických vahách.

Množství spalitelných látek bylo počítáno dle vzorce:

$$W = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} * 100$$

kde W_1 – spalitelné látky %

m_1 – hmotnost vzorku před žiháním (g)

m_2 – hmotnost vzorku po žihání (g)

4.4.4 Poměr C: N

Hodnota C: N byla stanovována pro 16 vzorků (tj. 2 opakování), každý reprezentativní pro 1 frakci kromě frakce >5 mm pro blatticompostér č. 1⁴. Tyto vzorky byly vysušeny v laboratorní sušičce při teplotě 105 °C po dobu 30 minut a následně homogenizovány pomocí kulového mlýnu. Pro prvkovou analýzu a následné odvození poměru C: N byla použita elementární analýza pomocí analyzátoru FLASH 2000, fungující na principu dynamického bleskového spálení vzorku (Pragolab 2016).

Vzorec pro výpočet hodnoty C: N dle elementární analýzy byl následující:

⁴ Frakce neobsahovala dostatečné množství materiálu vhodného pro elementární analýzu.

$$C:N = \frac{W_3}{W_2}$$

kde $C:N$ – poměr vyjadřující celkové obsahy uhlíku a dusíku

W_2 – hmotnost celkového N, přepočteno na suchý vzorek v %

W_3 – množství uhlíku %

4.4.5 Fosforečnany (PO_4^{3-})

Pro analýzu fosforečnanů byl předem připraven roztok Mehlicha II. Pomocí navažovací lžičky bylo naváženo na analytických váhách celkem 26 vzorků do reagenčních lahví o objemu 50 ml. Navážky jednotlivých frakcí musely být upraveny z důvodu malého množství vzorku kompostu (tab. 1).⁵

Tabulka 1: Navážky vzorků pro chemickou analýzu fosforečnanů

Frakce	m (g) kompostu	V Mehlicha II. (ml)
<5 mm	0,5	5
1–5 mm	1,5	15
>1 mm	2,5	25

Do reagenčních láhví byl pomocí automatické pipety přidán roztok Mehlicha II. Bylo použité desítkové ředění. Vzorky byly třepány na rotační třepačce po dobu 10 minut a následně filtrovány přes filtrační aparaturu.

Po přefiltrování vzorku bylo automatickou pipetou odebráno 0,1 ml filtrátu do plastových zkumavek o objemu 45 ml. K tomuto množství byla automatickou pipetou přidána destilovaná voda na výsledný objem 10 ml – tzn. vzorek byl 100x ředěn. Do zkumavek bylo přidáno činidlo PhosVer ® 3 Phosphate Reagent a roztok byl spolu s činidlem třepán po dobu 2 minut a následně 8 minut se nechal stát.

Po těchto 10 minutách byl analyzovaný roztok přelit do skleněné kyvety a měřen na spektrofotometru DR2800 při vlnové délce 890 nm. Stejným postupem byl před

⁵ Nedostatečné množství bylo ve frakci >5 mm a <1 mm.

měření všech vzorků připraven vzorek blanku s roztokem destilované vody a činidlem PhosVer ® 3 Phosphate Reagen. Tímto vzorkem byl přístroj zkalibrován.

Zaznamenané koncentrace fosforečnanů, které spektrofotometr změřil, jsou zaznamenaný v kapitole výsledky a byly vynásobeny 1000x kvůli ředění a následně převedeny na %.

4.4.6 Draslík, vápník, hořčík a sodík

Pro analýzu množství prvků K, Ca, Mg a Na byla použita metoda atomové absorpční spektrometrie, což je analytická srovnávací metoda, která využívá analytickou vlastnost absorbce záření volnými atomy sledovaného prvku (Krofta et al. 1997).

Hodnoty byly změřeny pomocí atomového absorpčního spektrometru při vlnových délkách Na: 589 nm, mg: 285,2 nm, K: 766,5 nm a Ca: 422,7 nm.

Vzorky byly zpracovány podobným způsobem jako v kapitole 4.4.5. Jednotlivé navážky frakcí (tab. 2) byly smíchány s roztokem Mehlicha II. Poté byly třepány 10 minut a filtrovány přes filtrační aparaturu.

Tabulka 2: Navážky vzorků pro chemickou analýzu K, Ca, Mg, Na

Frakce	m (g) kompostu	V Mehlicha II. (ml)
<5 mm	0,5	5
1–5 mm	1,5	15
>1 mm	2,5	25

Po filtraci vzorků bylo pro stanovení sodíku odebráno 1,25 ml filtrátu a k tomuto množství bylo přidáno do plastových zkumavek 23,75 ml destilované vody – tzn. vzorek byl 20x ředěn. Pro analýzu ostatních prvků bylo použito ředění 100x. K 0,5 odebraného filtrátu bylo přidáno do plastových zkumavek 49,5 ml destilované vody.⁶

Vyhodnocení výsledků se provádělo pomocí kalibrační křivky, kdy jsou proměřeny postupně vzorky roztoků o známých koncentracích, nebo pomocí standardního přídatku o známé koncentraci.

⁶ Z důvodu nedostačujícího množství zkoumaného vzorku č.1 – frakce (>5 mm) byl analyzován pouze jeden vzorek. Ostatní frakce byly měřeny 2x.

4.4.7 Vlhkost

Pro stanovení vlhkosti výsledného kompostu byl vzorek vysušen v laboratorní sušičce.

Nejdříve došlo ke zvážení prázdné váženky, specificky porcelánových misek, které byly označeny čísla od 1 do 9. Do těchto váženek bylo pro vzorky 1, 3 a 7 naváženo 1 g vzorku a do ostatních 2,5 g vzorku. Konzistentní hmotnost nešlo zaručit z důvodu omezeného množství vzorků. Po navážení byly vzorky vloženy do laboratorní sušičky, kde byly sušeny při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin⁷.

% vlhkosti bylo vypočítáno dle následujícího vzorce:

$$W_2 = \frac{(m_3 - m_4)}{m_4} * 100$$

kde W_2 – vlhkost %

m_3 – hmotnost mokrého vzorku (g)

m_4 – hmotnost vzorku po vysušení (g)

4.4.8 pH

Hodnota pH byla měřena potenciometricky vhodným pH metrem v půdní suspenzi skleněnou iontově selektivní elektrodou.

Vzorek, který byl vložený do sušárny o teplotě 105 °C po dobu 24 hodin, byl navážen pomocí lžičky na analytických vahách do plastové nádoby v množství 10 g.

Z důvodu nedostatku materiálu u frakcí >5 mm a 1–5 mm byly měřeny pouze vzorky 3, 6 a 9 o zrnitosti <1 mm, každý z jednoho kompostéru. Do navážky bylo skleněným odměrným válcem přidáno 20 ml 0,01 M CaCl₂.

Suspenze byla extrahována po dobu 30 minut na mechanické třepače a ihned byla měřena pomocí skleněné elektrody upnuté držákem na stojanu a pH metru.

Před samotným měřením jednotlivých vzorků byla provedena kalibrace pH metru. Z elektrody byl odstraněn ochranný kryt s 3 M roztokem chloridu draselného. Elektroda byla

⁷ Doba 24 hodin byla zvolena dle předchozích zkušeností při sušení podobných vzorků.

opláchnuta pomocí stříčky s destilovanou vodou. Následně byl povrch elektrody otřen buničitou vatou a elektroda byla vložena do roztoku pufru o hodnotě PH 7.

Po kalibraci na neutrální pufr a po oplachu elektrody a vysušením byla provedena kalibrace na kyselý pufr o pH 4.

Po kalibraci elektrody byly proměřeny jednotlivé vzorky frakcí humusu tak, že koncová část elektrody byla ponořena pod hladinu roztoku, a to tak, aby se nedotýkala spodní hladiny půdy.

Odečtené hodnoty pH proběhlo po jeho ustálení. Dle normy se odečet provádí s přesností na dvě desetinná místa.

4.5 Rychlost vzniku kompostu

Pro splnění první části posledního cíle – tedy stanovení toho, kolik jsou švábi *Eublaberus distantis* schopni vyprodukovat blatticompostu za určitou dobu, byly jako vstupní hodnoty použity hmotnost kuchyňského odpadu a hmotnost veškerého materiálu, zbylého na konci experimentu. Bylo vypočítáno, kolik je určité množství švábů schopno vyprodukovat blatticompostu za dobu jednoho roku. Byla započtena i hmotnost počáteční hrabanky, která vážila ± 100 g.

4.6 Porovnání kompostu

Pro splnění druhé části posledního cíle práce byly vybrány výsledné blatticomposty druhů *Eublaberus distantis*, *Eublaberus posticus* a *Blaberus discoidalis*, 2 vzorky zralých domácích kompostů, které byly poskytnuty vedoucím práce a vermikompostem, poskytnutým Ekologickým centrem Sluňákov města Olomouc. Tyto komposty byly srovnávány s <1 mm frakcí vlastního kompostu. U těchto kompostů byly sledovány stejné vlastnosti jako u kompostu vlastního, ovšem s výjimkou analýzy C: N.

Výsledky jsou pouze orientační, jelikož stáří kompostů a složení vstupního odpadu se lišilo.

4.7 Zpracování dat

Data byla zpracována pomocí statistického programu R, verze 3.6.1, grafy a tabulky byly zpracovány v programu Microsoft Excel 2019. Byly k tomu použity statistické metody jako Bartlettův test pro shodu rozptylů, ANOVA pro parametrická data, posteriorní Tukeyho test, Kruskal-Wallisův test pro data neparametrická a Nemenyiho test.

Statistickou analýzu kompostů lze brát pouze jako orientační, jelikož počet opakování je velmi nízký.

5 Výsledky

5.1 Početnost švábů

Na začátku blatticompostování bylo do každého blatticompostéru vloženo 30 nymf *Eublaberus distanti* ve stáří okolo 3 měsíců (90 nymf celkem). V průběhu práce se jejich početnost měnila z důvodu dospívání a množení. Konečná početnost jedinců v blatticompostérech byla vyšší než na začátku pokusu, přičemž v 1. kompostéru byl výsledný počet více než 2x vyšší než ve zbývajících dvou pokusech (Tab. 3).

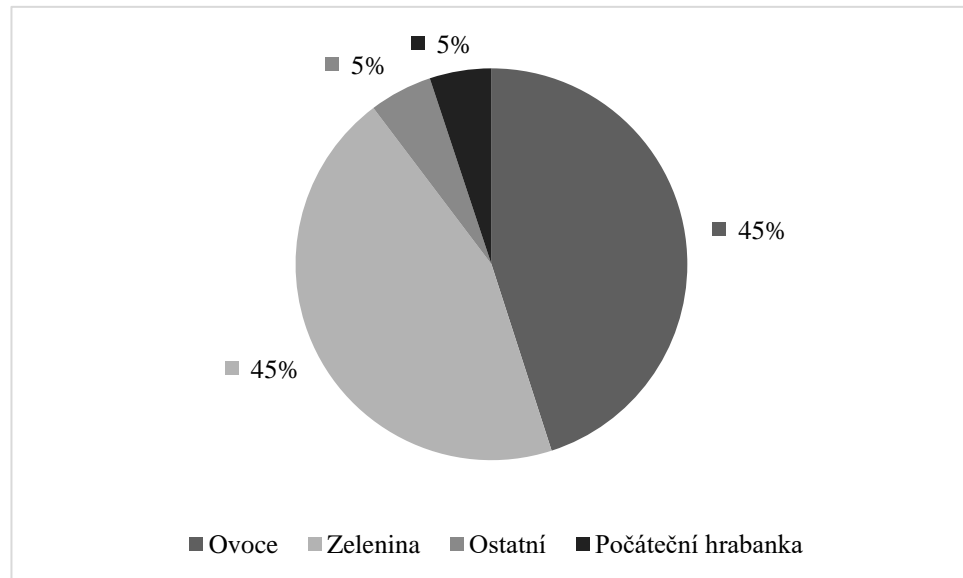
Tabulka 3: Početní stavy švábů před a po blatticompostingu

Životní stádium	Početní stav na začátku			Početní stav na konci		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
Adult	0	0	0	14	10	11
Nymfa	30	30	30	15	18	13
Larvy	0	0	0	55	12	17
Celkem	30	30	30	84	40	41

5.2 Vstup a výstup

Do jednoho blatticompostéru bylo za dobu 6 měsíců přidáno celkem 1861 g kuchyňského odpadu a ± 100 g hrabanky. Do všech 3 blatticompostérů vstupoval stejný odpad, dohromady tedy vstupní bioodpad činil 5883 g.

Přibližné složení vstupního odpadu pro každý kompostér popisuje obr. 10. Obecně dominantním typem bioodpadu byly zbytky ovoce – zastoupení zbytků zeleniny a ovoce bylo cca 45 % ku 45 %, zbylých 10 % tvořil odpad nezařazený (zbytky čajových sáčků, staré pečivo) a počáteční hrabanka. Detailní popis vstupního odpadu ve formě tabulky je součástí příloh této práce.



Obrázek 10: Přibližné složení vstupního bioodpadu

Výsledné množství blatticompostu v blatticompostérech po 202 dnech experimentu bylo: 102,1; 94,4 a 81,9 g (tab. 4). Největší množství (102,1 g) blatticompostu⁸ bylo zjištěno v kompostéru č. 1, který na konci experimentu obsahoval rovněž nejvyšší počet jedinců švábů.

30 švábů je tedy schopno za 202 dní vyprodukovat průměrně 92,8 g organické hmoty z 1961 g vstupního odpadu. Za běžný kalendářní rok je 30 švábů schopno vyprodukovat cca 167,7 g blatticompostu. Při vyšším počtu jedinců toto číslo roste, tedy 100 jedinců by bylo za dobu 365 dní schopno vyprodukovat až cca 558,9 g blatticompostu.

Tabulka 4: Váha blatticompostu na konci experimentu (průměrná hodnota)

Frakce	Váha blatticompostu (g)		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	5,33	7,21	18,92
1–5 mm	54,38	45,02	32,09
<1 mm	43,18	42,29	30,86
Celkem	102,89	94,52	81,87

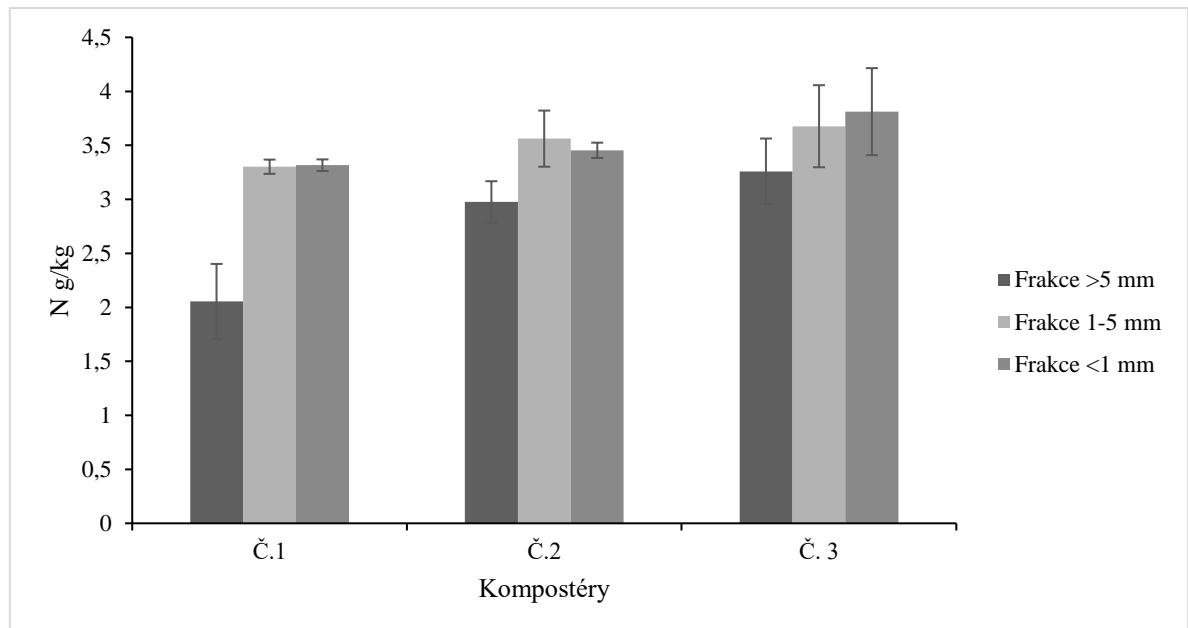
⁸ Blatticompost je heterogenní směs exkrementů švábů a nerozložených zbytků bioodpadu.

5.3 Výsledky chemické analýzy

5.3.1 Dusík

Obsah dusíku v blatticompostu kolísal od 20,55 g/kg do 38,12 g/kg, průměrná hodnota dusíku za všechny kompostéry a frakce byla celkem 32,68 g/kg, což odpovídá cca 3,27 %. Průkazný rozdíl hodnot byl zjištěn mezi kompostéry č.1 a č.3 (p-value = 0,014).

Hodnoty dusíku v jednotlivých frakcích se signifikantně lišily (p-value = 0,000832). Průkazný rozdíl byl mezi frakcemi >5 mm a <1 mm a frakcemi >5 mm a <1–5 mm. Frakce 1–5 mm a <1 mm se od sebe nelišily signifikantně. Nejméně dusíku bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm, naopak nejvíce bylo zjištěno ve frakci <1 mm (obr. 11).

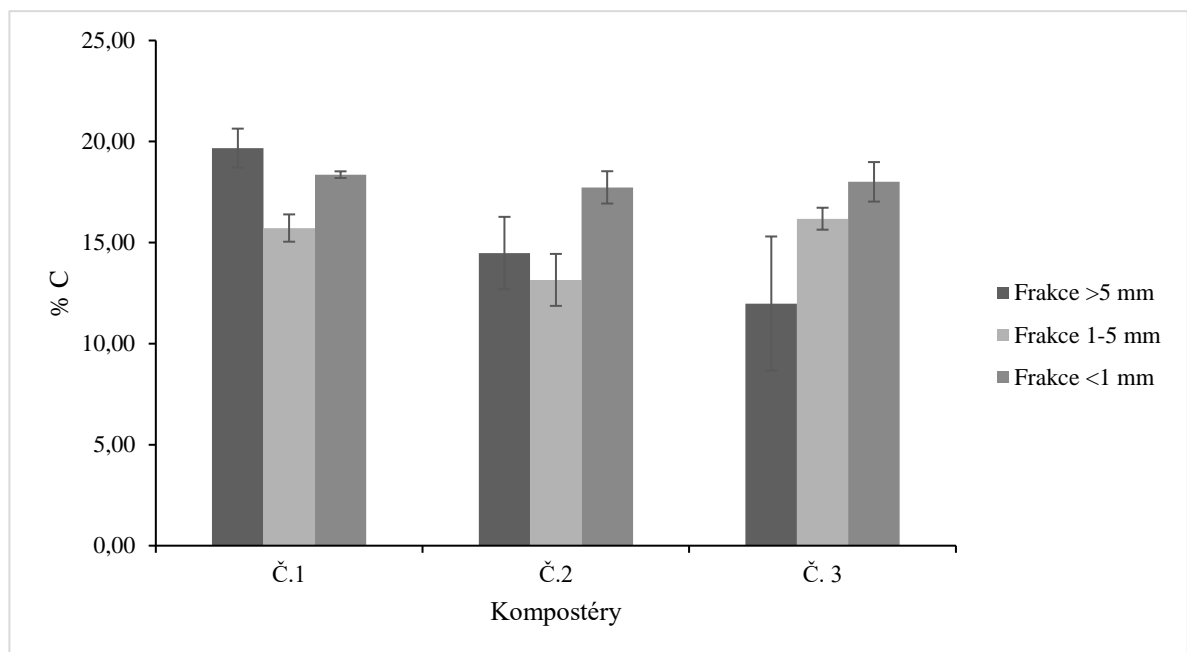


Obrázek 11: Průměrný obsah celkového dusíku v blatticompostu (g/kg)

5.3.2 Uhlík a humus

Obsah uhlíku v blatticompostu kolísal od 9,80 % do 20,72 %. Průměrná hodnota obsahu uhlíku za všechny kompostéry a frakce byla 16,14 %. Mezi kompostéry nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl ($p\text{-value} = 0,052$).

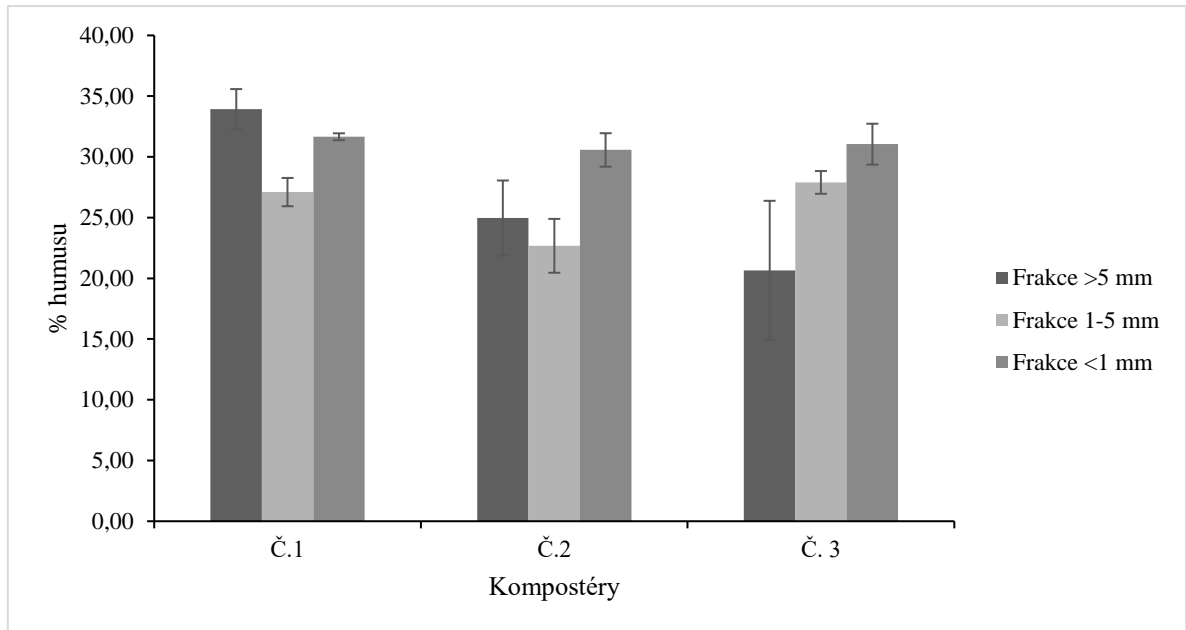
Hodnoty uhlíku v jednotlivých frakcích se signifikantně lišily ($p\text{-value} = 0,0113$). Průkazný byl rozdíl mezi frakcemi 1–5 mm a <1 mm. Ostatní frakce se nelišily signifikantně. Nejméně uhlíku bylo obecně zjištěno ve frakci 1–5 mm a největší množství náleželo frakci <1 mm (obr. 12).



Obrázek 12: Průměrný obsah uhlíku v blatticompostu (%)

Obsah humusu v blatticompostu kolísal od 20,66 % do 33,92 %. Průměrná hodnota obsahu humusu za všechny kompostéry a frakce byla 27,83 %. Mezi kompostéry nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl ($p\text{-value} = 0,052$).

Hodnoty humusu v jednotlivých frakcích se signifikantně lišily ($p\text{-value} = 0,0323$). Průkazný rozdíl v hodnotách humusu byl mezi frakcemi 1–5 mm a <1 mm. Ostatní frakce se nelišily signifikantně. Nejméně humusu bylo obecně zjištěno ve frakci 1–5 mm a největší množství náleželo frakci <1 mm (obr. 13).



Obrázek 13: Průměrný obsah humusu v blatticompostu (%)

5.3.3 C: N

Dle elementární analýzy poměr C: N v blatticompostu kolísal od 11,8: 1 do 14,6: 1. Průměrný poměr C: N za všechny kompostéry a frakce byl 13,2: 1. Mezi kompostéry nebyl zjištěn žádný průkazný rozdíl (p -value = 0,826).

Poměr C: N v jednotlivých frakcích se významně lišily (p -value = 0). Průkazný byl rozdíl mezi frakcemi >5 mm a <1 mm a frakcemi 1–5 mm a <1 mm. Nejmenší poměr C: N byl obecně zjištěn ve frakci <1 mm a největší množství náleželo frakci >5 mm (tab. 4).

Tabulka 5: Poměr C: N v blatticompostech dle elementární analýzy (průměrná hodnota \pm SD)

Kompostéry	Poměr C: N ve frakcích		
	>5 mm	1–5 mm	<1 mm
1.	—	14,21 \pm 0,11	12,27 \pm 0,08
2.	13,76 \pm 0,12	12,89 \pm 0,08	11,78 \pm 0,08
3.	14,61 \pm 0,02	13,71 \pm 0,15	11,88 \pm 0,07
Průměr	14,05 \pm 0,45	13,60 \pm 0,60	11,98 \pm 0,24

5.3.4 Spalitelné látky

Množství spalitelných látek v blatticompostu se pohybovalo v rozmezí od 24,48 % do 72,93 %. Průměrná hodnota spalitelných látek za všechny frakce a krabice byla 62,01 %. Průměry jednotlivých kompostérů se významně nelišily (p -value = 0,68).

Nejnižší průměrná hodnota spalitelných látek náležela frakci >5 mm a nejvíce spalitelných látek se nacházelo ve frakci <1 mm (tab. 6).

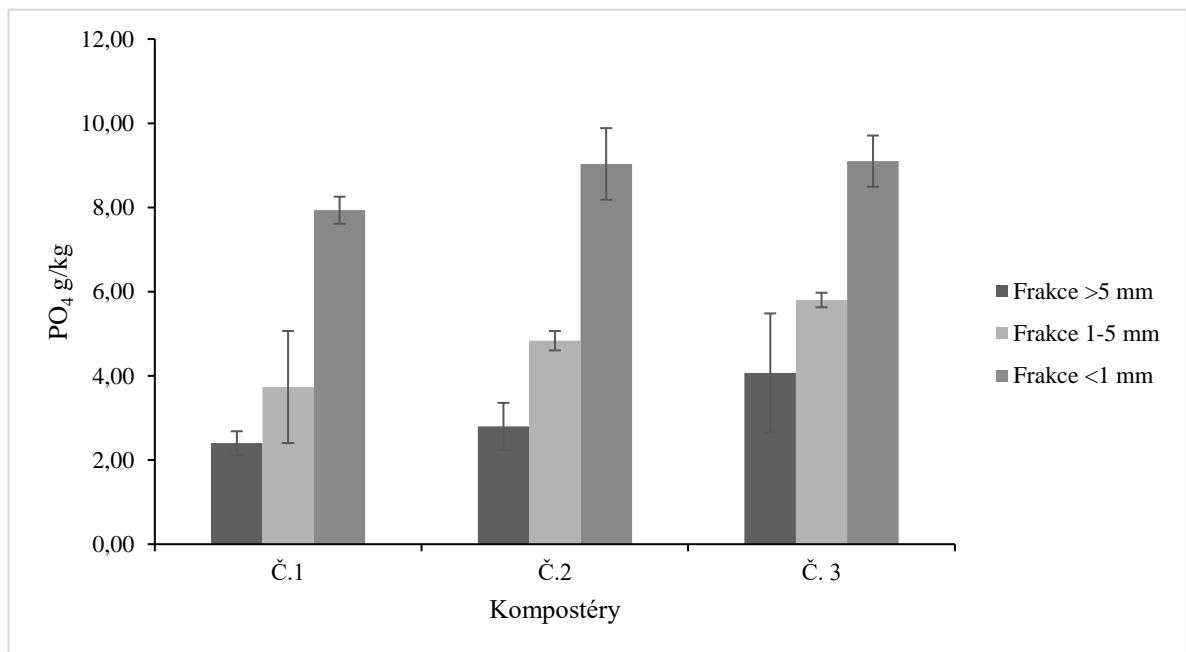
Tabulka 6: Průměrné množství spalitelných látek (%) v kompostérech (průměrná hodnota)

Kompostéry	% spalitelných látek ve frakcích		
	>5 mm	1–5 mm	<1 mm
1.	24,48	70,47	70,15
2.	46,90	72,93	69,38
3.	61,65	72,63	69,53
Průměr	44,34	72,01	69,69

5.3.5 Fosforečnany

Obsah fosforečnanů v blatticompostu kolísal od 2,2 g/kg do 9,1 g/kg. Průměrná hodnota obsahu fosforečnanů za všechny krabice a frakce byla 5,6 g/kg, což odpovídá cca 0,56 %. Mezi kompostéry nebyl zjištěn průkazný rozdíl (p-value = 0,57).

Hodnoty fosforečnanů v jednotlivých frakcích se lišily signifikantně (p-value = 0). Průkazný rozdíl byl zjištěn mezi všemi frakcemi. Nejméně fosforečnanů bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm a největší množství bylo zjištěno ve frakci <1 mm, kde byl obsah fosforečnanů více než dvojnásobný než ve frakci >5 mm (obr. 14).



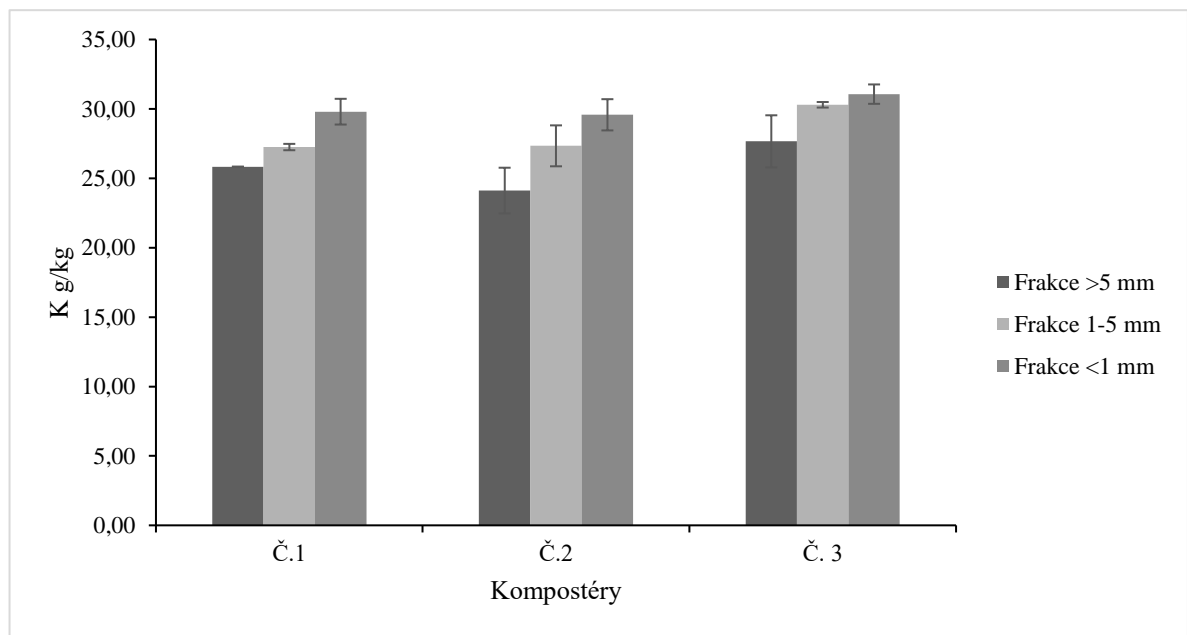
Obrázek 14: Průměrný obsah fosforečnanů v blatticompostu (g/kg)

5.3.6 Draslík, vápník, hořčík a sodík

Draslík

Obsah draslíku v blatticompostu kolísal od 25,8 g/kg do 31,7 g/kg. Průměrná hodnota draslíku za všechny krabice a frakce byla 28,2 g/kg, což odpovídá cca 2,82 %. Byl zjištěn průkazný rozdíl mezi kompostéry č.2 a č.3 (p-value = 0,04).

Hodnoty draslíku v jednotlivých frakcích se signifikantně nelišily (p-value = 0,007). Nejmenší množství draslíku bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm, a největší množství bylo zjištěno ve frakci <1 mm (obr. 15).

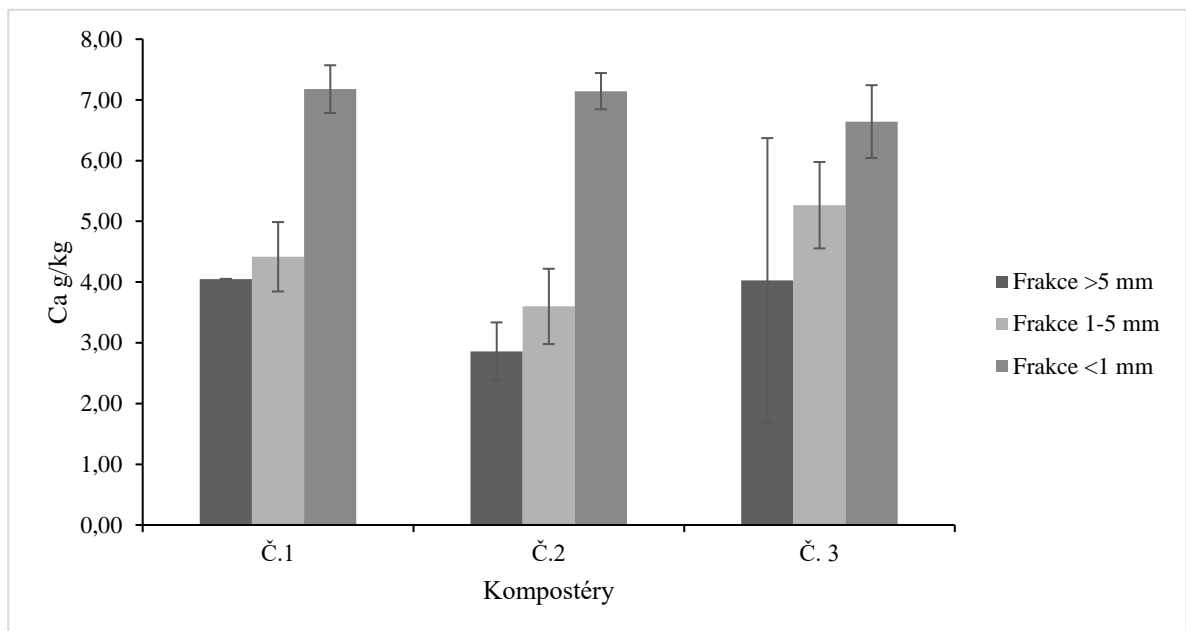


Obrázek 15: Průměrný obsah draslíku v blatticompostu (g/kg)

Vápník

Obsah vápníku v blatticompostu kolísal od 2,9 g/kg do 7,5 g/kg. Průměrná hodnota vápníku za všechny krabice a frakce byla 5,1 g/kg, což odpovídá cca 0,51 %. Mezi kompostéry nebyl zjištěn průkazný rozdíl (p -value = 0,56).

Hodnoty vápníku v jednotlivých frakcích se lišily signifikantně (p -value = 0). Průkazný rozdíl v hodnotách vápníku byl zjištěn mezi frakcemi >5 mm a <1 mm a frakcemi 1–5 mm a <1 mm. Nejmenší množství vápníku bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm, a největší množství bylo zjištěno ve frakci <1 mm (obr. 16).

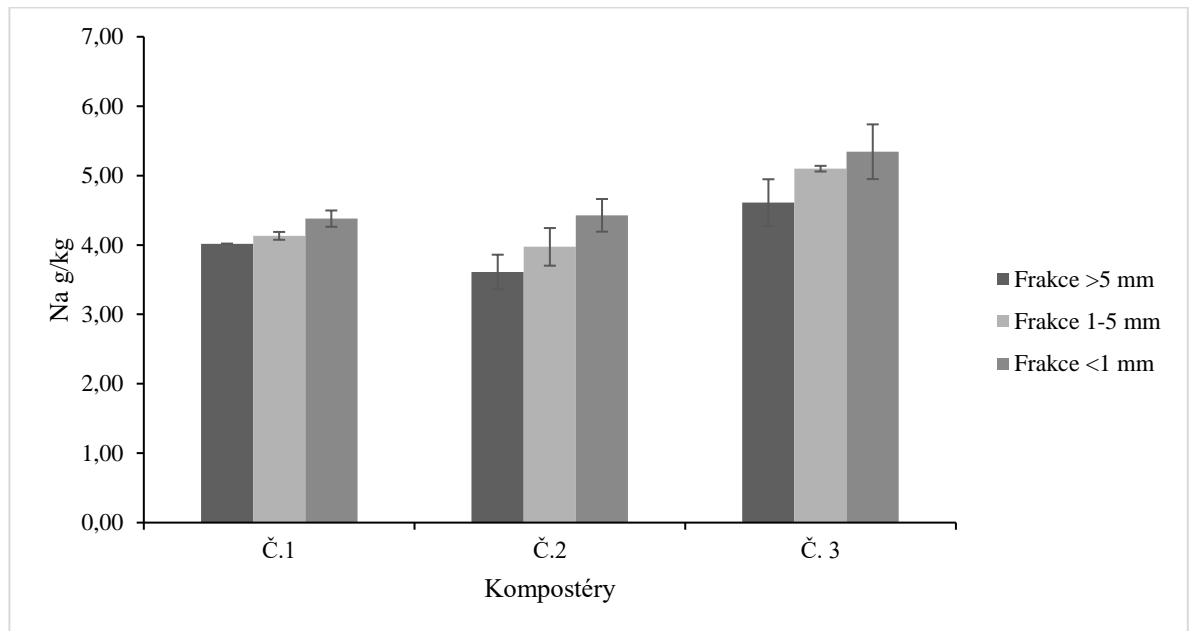


Obrázek 16: Průměrný obsah vápníku v blatticompostu (g/kg)

Sodík

Obsah sodíku v blatticompostu kolísal od 3,3 g/kg do 5,8 g/kg. Průměrná hodnota sodíku za všechny krabice a frakce byla 4,4 g/kg, což odpovídá cca 0,44 %. Byl zjištěn průkazný rozdíl mezi kompostéry č.1 a č.3 a č.2 a č.3 (p-value = 0).

Hodnoty sodíku v jednotlivých frakcích se signifikantně nelišily (p-value = 0,09). Nejmenší množství sodíku bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm, a největší množství bylo zjištěno ve frakci <1 mm (obr. 17).

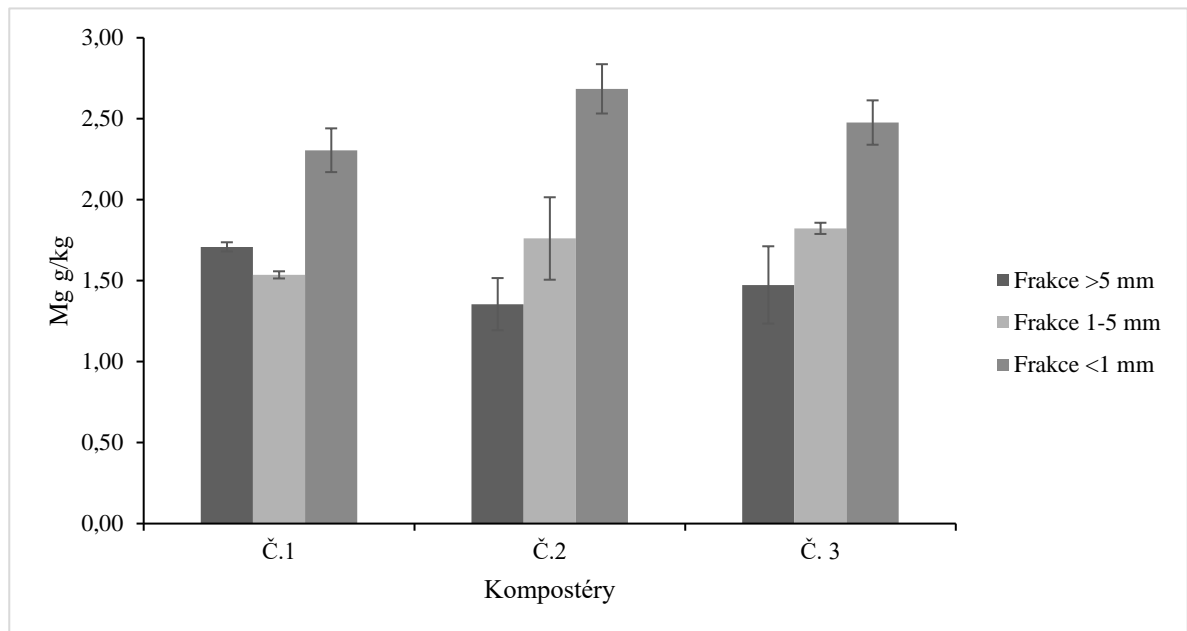


Obrázek 17: Průměrný obsah sodíku v blatticompostu (g/kg)

Hořčík

Obsah hořčíku v blatticompostu kolísal od 1,5 g/kg do 2,8 g/kg. Průměrná hodnota sodíku za všechny krabice a frakce byla 1,9 g/kg, což odpovídá cca 0,19 %. Mezi kompostéry nebyl zjištěn průkazný rozdíl (p -value = 0,65).

Hodnoty hořčíku v jednotlivých frakcích se lišily signifikantně (p -value = 0). Průkazný rozdíl v hodnotách hořčíku byl zjištěn mezi frakcemi >5 mm a <1 mm a frakcemi 1–5 mm a <1 mm. Nejmenší množství hořčíku bylo obecně zjištěno ve frakci >5 mm, a největší množství bylo zjištěno ve frakci <1 mm (obr. 18).



Obrázek 18: Průměrný obsah hořčíku v blatticompostu (g/kg)

5.3.7 Vlhkost

Vlhkost v blatticompostu se pohybovala v rozmezí od 20,60 % do 34,70 %. Průměrná hodnota vlhkosti ve všech kompostech a frakcích byla 27,10 %. Nejnižší průměrná hodnota vlhkosti náležela frakci č. 1 a frakce s nejvyšší vlhkostí byla frakce č. 3 (tab. 7).

Tabulka 7: Průměrná vlhkost (%) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměrná hodnota)

Kompostér	% vlhkosti ve frakcích		
	>5 mm	1–5 mm	<1 mm
1.	25,69	27,40	34,70
2.	24,16	32,72	31,28
3.	20,60	23,65	23,71
Průměr	23,45	27,92	29,90

5.3.8 pH

Celková průměrná hodnota pH v blatticompostu byla $8,61 \pm 0,34$ (průměr \pm směrodatná odchylka). Nejvyšší hodnota pH byla zjištěna v blatticompostu č. 1, kde činila 8,88 a nejnižší v blatticompostu č.2, kde mělo pH hodnotu 8,22 (tab. 8).

Tabulka 8: Hodnota pH v jednotlivých blatticompostech

Kompostér	Hodnota pH
1.	8,88
2.	8,22
3.	8,74
Průměr \pm SD	8,61 \pm 0,34

5.4 Porovnání kompostů

Tabulka 9: Hodnoty sledovaných vlastností kompostů (průměrná hodnota \pm SD)

Sledovaná vlastnost	Vzorky						
	Vlastní kompost	<i>Eublaberus distanti</i>	<i>Blaberus discoidalis</i>	<i>Eublaberus posticus</i>	Vermikompost	Kompost 1	Kompost 2
Dusík (%)	3,53 \pm 0,26	2,42 \pm 0,12	3,07 \pm 0,05	1,29 \pm 0,04	4,40 \pm 0,18	1,69 \pm 0,04	1,12 \pm 0,02
Uhlík (%)	18,03\pm0,69	14,48 \pm 1,81	15,87 \pm 1,57	12,77 \pm 1,13	13,23 \pm 1,15	10,92 \pm 0,91	7,18 \pm 0,57
Humus (%)	31,09\pm1,20	24,96 \pm 2,71	27,37 \pm 2,71	22,01 \pm 1,94	22,80 \pm 1,99	18,82 \pm 1,56	12,38 \pm 0,98
Fosforečnaný (%)	0,87\pm0,07	0,34 \pm 0,01	0,31 \pm 0,01	0,20 \pm 0,01	0,63 \pm 0,06	0,77 \pm 0,11	0,44 \pm 0,01
Draslík (%)	3,01\pm0,01	1,64 \pm 0,04	1,57 \pm 0,01	0,95 \pm 0,02	2,13 \pm 0,02	0,50 \pm 0,02	1,11 \pm 0,02
Vápník (%)	0,67 \pm 0,05	0,87 \pm 0,03	0,98 \pm 0,03	0,52 \pm 0,02	0,54 \pm 0,03	0,74 \pm 0,06	0,62 \pm 0,01
Sodík (%)	0,47\pm0,05	0,20 \pm 0,001	0,22 \pm 0,002	0,10 \pm 0,004	0,18 \pm 0,001	0,01 \pm 0,001	0,09 \pm 0,005
Hořčík (%)	0,25 \pm 0,02	0,26 \pm 0,01	0,23 \pm 0,001	0,14 \pm 0,01	0,31 \pm 0,02	0,20 \pm 0,02	0,18 \pm 0,01
Vlhkost (%)	27,10 \pm 4,8	50,65 \pm 0	39,8 \pm 0	42,84 \pm 0	80,92 \pm 0	35,92 \pm 0	65,73 \pm 0
pH	8,61 \pm 0,34	7,61 \pm 0,02	6,86 \pm 0,09	6,09 \pm 0,05	4,82 \pm 0,06	6,53 \pm 0,06	8,43 \pm 0,12

Obecně lze říct, že vlastní blatticompost dosahuje nejvyšších procentuálních hodnot u uhlíku, humusu, fosforečnanů, draslíku a sodíku. Z hlediska obsahu dusíku je na druhém místě po zralém vermikompostu.

Vlastní kompost obsahuje třetí nejmenší množství hořčíku a obsahuje druhé nejmenší množství vápníku. Je také nejsušší (27,1 %) a má nejvyšší hodnotu pH (tab.9).

6 Diskuze

Blatticomposting je jako metoda zpracovávání bioodpadů velmi nová a na toto téma neexistují téměř žádné publikace. Je tedy nutné konstatovat, že výsledky bakalářské práce jsou ve svém tématu pravděpodobně první a nelze je přesně porovnávat s předchozími studii.

6.1 Přeměna bioodpadu na blatticompost

Během experimentu došlo k výrazné redukci hmotnosti vstupního bioodpadu – průměrná redukce hmotnosti odpadu metodou blatticompostingu byla cca 95 %. Toto množství redukované hmoty je vyšší než např. u vermikompostování, kde se toto procento pohybuje v rámci 30 až 60 % (Bharadwaj 2010; Albasha 2015; Panta a Yami 2008; Singh a Kumar 2004) a u konvenčního kompostování, kde dochází k cca 40 až 50 % redukci (Karnchanawong a Suriyanon 2011; Lleó et al. 2013).

Pro porovnání vstupu a výstupu v blatticompostérech se předpokládalo, že většina bioodpadu byla šváby zpracována do podoby blatticompostu. Toto bylo podpořeno vzhledem a strukturou organického materiálu v kompostéru. Je ale nutno zmínit, že určité malé množství bioodpadu nebylo šváby zpracováno (frakce >5 mm).

6.2 Chemické složení blatticompostu

Limitní požadavky na chemické složení domácího kompostu, tím pádem i blatticompostu nejsou v současné době upravovány žádnou normou, hodnoty uvedené v normě ČSN 46 5735 jsou tedy brány pouze jako orientační.

Porovnávání chemického složení finálního blatticompostu s tím ze vstupního odpadu je také nutné brát s určitým nadhledem, jelikož přesné chemické složení bioodpadu vstupujícího do blatticompostéru nebylo v rámci bakalářské práce analyzováno.

6.2.1 Dusík, uhlík a jejich poměr

Dle Normy ČSN 46 5735 je minimální procentuální obsah dusíku na sušinu v kompostech 0,6 %. Dle Plívy et al. (2006) by se hodnoty dusíku měli pohybovat mezi 1,2

až 1,9 % N na sušinu. Podobné hodnoty uvádí Kalina (2004), a to v rozmezí 0,5 až 1,5 %. Množství dusíku ve vermikompostérech se pohybuje okolo hodnot 1,2 % až 4 % (Filip 2019).

Všechny tyto hodnoty vlastní blatticompost splňuje (3,27 %).

Dle Normy ČSN 46 5735 by kompost měl obsahovat minimálně 25 % spalitelných látek. Plíva et al. (2006) udává hodnotu vyšší, a to 35 až 41 %.

Průměr blatticompostu těchto hodnot dosahuje (62,01 %). Jedinou výjimkou je frakce >5 mm prvního kompostéru (24,48 %).

Jelikož vzorky pro spalitelné látky byly vyhodnocovány pouze jedním opakováním, nelze určit, zdali je tato hodnota reprezentativní pro celý kompostér, nebo zdali tento vzorek byl chybně zpracován. Chybné zpracování podporuje to, že obsah spalitelných látek ve frakci >5 mm ostatních kompostérů byl téměř dvojnásobný a že při analýze uhlíku při spalování za mokra byl obsah uhlíku v této frakci podobný ostatním.

Platí tvrzení Plívy (2006), že obsah uhlíku představuje asi polovinu organické hmoty.

Vysoké hodnoty uhlíku v blatticompostu lze vysvětlit kvalitním vstupním bioodpadem z domácností, především odpadu z ovoce a zeleniny, ve kterých se obsah uhlíku se pohybuje okolo 44 % a 45 % (Database for the physico-chemical composition... 2021).

Norma ČSN 46 5735 stanovuje maximální hodnotu C: N v kompostech na 30: 1. Dle Kaliny (2004) je optimální poměr 20–30: 1, kdy probíhá tlení.

I přes to, že blatticompost obsahuje vysoké množství uhlíku, průměrný poměr C: N za všechny kompostéry a frakce byl 13,2: 1, což signalizuje zvýšený obsahu dusíku k celkovému obsahu uhlíku. Toto vysoké množství dusíku je nejspíše zapříčiněno procesem trávení, kde se na dekompozici organické hmoty podílí bakterie jako např. švábí endosymbiont *Blattabacterium* (Oonicx et al. 2015; Hackstein et al. 1994). Rovněž u opadanky, která prošla trávicím traktem stonožek, byl zvýšen obsah dusíku ku uhlíku (Marcuzzi 1970).

Vysoká hodnota dusíku může být také ovlivněna vstupním bioodpadem, který se skládal především z ovoce a zeleniny a obsahoval průměrně okolo 1 % dusíku převedeného na sušinu (Archibald 1949; Anhwange et al. 2009; Sharma et al. 2012).

Takto zvýšené množství dusíku při bazických hodnotách pH může vést k tvorbě amoniaku, což následně může vést ke ztrátám celkového dusíku až 60 % (Plíva et al. 2006).

6.2.2 Humus

Obsah humusu je orientačně hodnocen dle Jandáka (2003), který takto rozděluje půdy. Průměrná hodnota 27,83 % humusu v blatticompostu jej kategorizuje jako materiál s velmi vysokým obsahem humusu (tab.10).

Tabulka 10: Hodnocení výsledků dle % stanoveného humusu (Jandák 2003)

Hodnocení obsahu humusu	Humus (%)
velmi vysoký	>5
vysoký	3–5
střední	2–2,9
nízký	1–1,9
velmi nízký	<1

6.2.3 Fosforečnany

Obsah fosforečnanů v kompostech není žádnou státní normou regulován, ale průměrná hodnota 0,56 % je řadí na stejnou úroveň hodnot jako zahradní komposty a vermikomposty (0,19 – 1,02 %) (Nagavallemma et al. 2004; Bansal a Kapoor 2000).

Lze říct, že blatticompost je kvalitním zdrojem fosforu pro rostliny, pokud by byl použit jako hnojivo.

6.2.4 Draslík, vápník, hořčík a sodík

Z hlediska obsahu těchto 4 prvků je blatticompost velmi hodnotným zdrojem s výjimkou vápníku. Vysoký obsah draslíku lze vysvětlit vysokým množstvím banánových slupek ve vstupním biodpadu, které také obsahují množství vápníku a sodíku (příloha 5) (Anhwange et al. 2009).

Blatticompost je v množství těchto prvků srovnatelný s kompostem a vermikompostem, jak můžeme vidět v tabulce 7. Například dle Filipa (2019) vermikompost obsahuje 0,3 až 0,7 % draslíku, 0,03 až 0,6 % vápníku a 0,08 až 0,5 % hořčíku.

Kompost v průměru obsahuje 1,13 % draslíku, 3,28 % vápníku, 0,63 % hořčíku a 0,28 % sodíku (California Department of Resources Recycling and Recovery 2020).

6.2.5 Vlhkost

Dle ČSN 46 5735 by měl kompost dosahovat vlhkosti 40 až 65 %. Průměrná hodnota 27,10 % je tedy podlimitní.

Eublaberus distanti, jak bylo v zmíněno v teoretické části práce, je druh švába na vlhkost nenáročný. Pokud tento fakt spojíme s tím, že velké procento vstupního bioodpadu bylo tvořeno z banánových slupek (příloha 5), které mají nízkou vlhkost (Anhwange et al. 2009), můžeme vysvětlit nízkou vlhkost. Pokud by docházelo k používání blatticompostu jako hnojiva, bylo by vhodné jeho větší zamokření.

6.2.6 pH

Dle Plívy et al. (2006) lze v kompostu považovat za ideální hodnotu pH v rozmezí 6,5–8. Toto odpovídá pH dané Normou ČSN 46 5735, která uvádí hodnoty v rozmezí od 6 do 8,5. Průměrná hodnota pH vlastního blatticompostu byla 8,61, čímž se stává nadlimitní. Dle Jandáka (2003) je blatticompost považován za alkalický (tab. 11).

pH v rozmezí dané normou se nacházelo ve frakci 1–5 mm (8,22).

Z důvodu pouze jednoho opakování při měření pH nelze generalizovat hodnotu pH blatticompostu jako příliš vysokou. Toto je dále podporováno faktem, že pH u prostřední frakce bylo vyhovující a tím, že pH blatticompostu, který byl použit pro porovnání v tabulce 9 v kapitole 5.4, bylo v pořádku.

Tabulka 11: Hodnocení výsledků dle pH (Jandák 2003)

pH	Hodnocení zeminy
<4,5	silně kyselá
4,6 – 5,5	kyselá
5,6 – 6,5	slabě kyselá
6,6 – 7,2	neutrální
>7,3	alkalická

6.2.7 Rozdíly jednotlivých frakcí

Lze říct, že největší množství sledovaných hodnot obsahovala frakce třetí, tedy nejjemnější frakce <1 mm, což bylo prokázáno statistickou analýzou hodnot dusíku, uhlíku, humusu, fosforečnanů, vápníku a hořčíku.

Statistickou analýzu chemického složení kompostů ale lze brát pouze jako orientační, jelikož počet opakování je velmi nízký (n=3). V budoucnosti by bylo vhodné provést detailnější studii pro porovnávání složení jednotlivých kompostů a jejich frakcí na větší škále.

6.3 Blaticomposting obecně

Na základě vlastních výsledků získaných z chemických analýz a srovnáním výsledných kompostů, lze konstatovat, že blaticomposting je velmi zajímavou alternativní technologií pro zpracovávání bioodpadu a jeho chemické složení je na srovnatelné úrovni s jinými, více známými technologiemi, jako je klasické kompostování a vermikompostování.

Výhodou blaticompostingu je také jeho nenáročnost po stránce údržby. Švábi mají velice širokou ekologickou valenci (Bell et al. 2007), tedy jsou tolerantní k vysychajícímu substrátu, přežijí výrazné změny v substrátech, konzumují doopravdy vše, co je to kompostéru vloženo a zvládnou přežít delší dobu bez jídla. Zajištění nádoby pro blaticompostér není nikterak náročné, jelikož jediné, co švábi pro úspěšný odchov a tvorbu kompostu potřebují, je dostatečná teplota, přísun vzduchu a možnost úkrytu v prostředí, kde je konstantní teplota v rozmezí 20 až 30 °C, což je způsobeno tím, že vhodné druhy švábů pochází z tropů.

Tato podmínka vylučuje provozovat blatticomposting venku v zimním období v té podobě, jak byla popsána a použita v bakalářské práci. Tento problém by šlo překonat například tvorbou izolovaných nádob, které jsou v zimním období vytápěny, což by ale na druhou stranu zvyšovalo náklady na údržbu blatticompostéru.

I přes bezzápachovost a nízké riziko úniku švábů z blatticompostéru je jasné, že pro mnoho lidí by byl problém chovat šváby uvnitř svých bytů, jelikož si mnoho lidí šváby spojuje se špatnou hygienou a zápachem a nechtěli by se šváby manipulovat. Na druhou stranu žijeme v době, kdy se rozšiřuje obliba interiérových kompostů i vermikompostů (Blesk.cz 2016; Samosebou.cz 2017) a tyto předsudky se postupně hroubí.

Blatticomposting je sice metoda nenáročná, jak je uváděno výše, ale určitý vstup do tohoto procesu majitelem je nutný, jelikož šváb potřebuje alespoň nějaké množství potravy a udržování vlhkosti na přijatelné mezi. Na rozdíl od vermikompostování je tento vstup minimální, ovšem oproti klasickému kompostování, kde je proces kompostování samořídící po iniciálním vstupu bioodpadu, není zanedbatelný.

Dalším, i když nepravděpodobným problémem blatticompostingu, může být přemnožení švábů, zvláště při vyšších vstupních počtech jedinců. Tyto šváby ale lze prodat chovatelům či je darovat a mohou sloužit i jako potrava pro chované druhy plazů.

Posledním negativem blatticompostingu může být i počáteční nákup švábů. Přestože použitý druh švába je v Česku některými vivaristy chován a dobře se množí, nemusí být vždy dostupný ve větších počtech. Tento komentář k použité metodě byl přehledně shrnut do tabulky SWOT analýzy (tab. 12).

Tabulka 12: SWOT analýza blatticompostingu

<p>Silné stránky</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nízké náklady na údržbu. • Švábi jsou nenároční na velké množství podmínek. • Nová možnost zpracování bioodpadu z domácností. • Blatticompost je hodnotným zdrojem primární organické hmoty v půdě. • Blatticompost je hodnotným zdrojem živin. 	<p>Slabé stránky</p> <ul style="list-style-type: none"> • Počáteční nákup švábů. • Při nesprávném provedení může blatticompostér zapáchat a může docházet k přemnožení smutnic či octomilek. • Blatticompostér nemůže být umístěn venku.⁹ • Nutný pravidelný přísun bioodpadu do blatticompostéru. • Na zpracování velkého množství bioodpadu je třeba velkého množství švábů.
<p>Příležitosti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detailnější průzkum blatticompostingu. • Rozšíření blatticompostingu jako metody zpracovávání bioodpadu v ČR. • Prodej švábů z blatticompostérů chovatelům. 	<p>Hrozby</p> <ul style="list-style-type: none"> • Odmítnutí nekonvenčního způsobu kompostování díky nedostatečné informovanosti a průzkumům. • Averse veřejnosti ke švábům. • Přemnožení švábů v blatticompostéru.

6.4 Návrhy do budoucna

Jelikož se jedná s největší pravděpodobností o první práci na toto téma, existují v ní určité nedostatky, které by budoucím, hlubším výzkumem mohly být doplněny. Například data pro statistickou analýzu často nespĺňovala normalitu, což bylo zapříčiněno malým množstvím opakování ($n=3$). U některých faktorů statistická analýza ani provedena být nemohla z důvodu malého počtu opakování¹⁰. Lze říct, že veškerá analýza probíhala spíše pro orientační zjištění chemického složení blatticompostů.

V budoucnosti by také bylo vhodné porovnání vstupního bioodpadu s finálním blatticompostem, což nebylo v průběhu této bakalářské práce realizovatelné z důvodu nedostatku času a nepřístupnosti laboratoří během pandemie COVID-19.

V poslední řadě, jak bylo zmíněno v předchozí podkapitole, metoda blatticompostingu by mohla být dále zdokonalována například tím způsobem, že by bylo

⁹ Švábi pro svoji aktivitu potřebují teploty v rozmezí 20 až 30 °C.

¹⁰ pH, vlhkost a množství spalitelných látek.

umožněno kompostování venku i v zimě, či vytvoření odděleného dna v kompostéru, odkud by přes síto propadávala nejmenší a nejkvalitnější frakce do nádoby pod ní¹¹, bez nutnosti manipulace se šváby.

¹¹ Muselo by být zajištěno, aby sítem nepropadávaly larvy švábů a aby se substrát doopravdy přes síto uvolňoval.

7 Závěr

Blatticomposting je metodou perspektivní. Nejedná se pouze o příznivé chemické složení, ale i o nenáročnost řízení samotného procesu. Cílem práce nebylo dokázat, že blatticompost je tím nejlepším možným produktem, ale to, že je alespoň srovnatelný s ostatními technologiemi, čehož bylo dosaženo.

Při porovnávání blatticompostu s kompostem a vermikompostem, blatticompost měl buď srovnatelné nebo dokonce vyšší hodnoty dusíku, uhlíku, humusu, fosforečnanů, draslíku, vápníku, hořčíku a sodíku a poměru C: N. Měl ale nižší vlhkost a vyšší hodnotu pH.

Statistickou analýzou bylo prokázáno, že nejkvalitnější z hlediska obsahu zkoumaných parametrů je frakce nejmenší, a to <1 mm.

V poslední řadě bylo zjištěno, že 30 švábů *Eublaberus distantis* je schopno za 202 dní vyprodukovat průměrně 92,8 g organické hmoty z 1961 g vstupního bioodpadu.

Blatticomposting má své klady i zápory, ale rozhodně lze říct, že si tato metoda zaslouží v budoucnosti hlubší průzkum. Tato bakalářská práce by měla sloužit jako podklad pro budoucí studium a analýzu této problematiky.

8 Literatura

- Albasha MO, Gupta P, Ramteke PW. 2015. Management of Kitchen Waste by Vermicomposting Using Earthworm, *Eudrilus Eugeniae*. London (UK): International Conference on Advances in Agricultural, Biological & Environmental Sciences. [online] [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/301283960_Management_of_kitchen_waste_material_through_vermicomposting
- Anhwange B, Ugye J, Nyiatagher TD. 2009. Chemical Composition of Musa sepientum (Banana) Peels. Electronic Journal of Environment, Agriculture and Food chemistry. [online]. [cit. 2021-05-03]; 8(6):437–4442. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/233760453_Chemical_Composition_of_Musa_sepientum_Banana_Peels
- Appelhof M, Olszewski J. 2017. Worms eat my garbage: How to Set Up and Maintain a Worm Composting System: Compost Food Waste, Produce Fertilizer for Houseplants and Garden, and Educate Your Kids and Family. 35. vyd. Storey Publishing. 192 s.
- Archibald JG. 1949. Nutrient Composition of Banana Skins. Journal of Dairy Science. [online]. [cit. 2021-05-03]; 32(11): 969–971. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030249921463>
- Badalíková B, Bartlová J. 2012. Vliv zpracování na degradaci půdy. In: Poľnohospodársky týždenník: 10–11
- Badalíková B., Červinka J. 2010. Vliv různých způsobů zpracování půdy na její fyzikální vlastnosti. In CD proceedings: The 9th Alps-Adria Scientific Workshop, Špičák, Czech Republic, Crop production. 59(2):69–72
- Bansal S, Kapoor K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. Bioresource Technology. 73(2): 95–98.

- Beccaloni, GW. 2014. *Eublaberus distanti* (Kirby, 1903). Species: Cockroach Species File Online: Version 5.0/5.0. [online] [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <http://cockroach.speciesfile.org/Common/basic/Taxa.aspx?TaxonNameID=1174235>
- Bell WJ, Robinson MK, Tourtellot, Breed MD. 1978. An Ethometric Analysis of Agonistic Behavior and Social Hierarchies in the Cockroach, *Eublaberus posticus*. *Zeitschrift fur Tierpsychologie* 48:203-218.
- Bell WJ, Roth LM, Nalepa CA. 2007. *Cockroaches: Ecology, Behavior, and Natural History*. Ilustrované vydání. JHU Press. 248 s.
- Bharadwaj A. 2010. Management of Kitchen Waste Material through Vermicomposting. *Asian Journal of Experimental Biological Sciences*. [online]. [cit. 2021-05-03]; 1(1):175-177. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/301283960_Management_of_kitchen_waste_material_through_vermicomposting
- Bhat A.S, Singh S, Singh J, Kumar S, Vig PA. 2018. Bioremediation and detoxification of industrial wastes by earthworms: vermicompost as powerful crop nutrient in sustainable agriculture. *Bioresource Technology*. 252:172-179.
- Blesk.cz. Kompost bez zápachu? Vezměte si na pomoc žížaly! 2016. Czech News center a.s. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://hobby.blesk.cz/clanek/hobby-jak-na-to/425873/kompost-bez-zapachu-vezmete-si-na-pomoc-zizaly.html>.
- Breitenbeck GA, Schellinger D. 2013. Calculating the Reduction in material Mass And Volume during Composting. *Compost science & utilization*. 12(4):365-371.
- Bumerl M. 2006. *Biologie pro střední odborné školy 1. 5. přeprac. a dopl. vyd. Veselí nad Lužnicí*. 221 s.
- California Department of Resources Recycling and Recovery. 2020. Average Levels of Compost Nutrients: Organic Materials Management. In: CalRecycle.ca.gov. [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.calrecycle.ca.gov/organics/farming/analyses>
- Cochran DG. 1999. *Cockroaches – Their Biology, Distribution and Control*. 1. vyd. Švýcarsko: World Health Organization. 83 s.

- ČSN 46 5735. 2020. Technická norma „Kompostování“. Vydavatelství norem. Praha. 24 s.
- ČSN ISO 11261 (836415). 1995. Technická norma „Kvalita půdy – Stanovení celkového dusíku – Modifikovaná Kjeldahlova metoda“. Vydavatelství norem. Praha. 8 s.
- Čurda S, Chorazy T, Slavík J, Šeflová J. 2010. Odborné kapitoly k nakládání s biologicky rozložitelnými komunálními odpady a příklad Moravskoslezského kraje. 1. vyd. Praha: IREAS, Institut pro strukturální politiku. 116 s.
- Database for the physico-chemical composition of (treated) lignocellulosic biomass, micro- and macroalgae, various feedstocks for biogas production and biochar. Phyllis2. [online] [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: https://phyllis.nl/?fbclid=IwAR3s4Fh-ZKn2vaTp2-8PjiWyvRp7Uo2jKGd_slf6h-xZUOzfyVPkdMdVQgE
- Devau N, Le Cadre E, Hinsinger P, Jaillard B, Gérard F. 2009. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus: Experimental and mechanistic modelling approaches. *Applied Geochemistry*. 24(11):2163-2174.
- Domíniguez J, Edwards CA. 2011. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. *Vermiculture technology*. 27-40.
- Doran J, Parkin T. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*. 35:1-21
- Edwards CA, Burrows I. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. *Composting of Agricultural and Other Wastes* [seminář]. London: Oxford. 229-242.
- Edwards CA, Burrows I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. *Earthworms in Waste and Environmental Management*. SPB Academic Publ. Co. 211-219.
- EKO-KOM. 2019. Skladba směšného komunálního odpadu z domácností ČR. Praha 4: EKO-KOM [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.ekokom.cz/news/715/212/Skladba-smesneho-komunalniho-odpadu-z-domacnosti-cR>
- Elbl J. 2014. Mikroorganismy jako indikátory stavu půdního prostředí. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=3407&typ=html

- Epstein E. 1997. *The Science of Composting*. 1. vyd. CRC Press. 504 s.
- Filip J. 2019. Chemické rozbory vermikompostu. In: *Vermikompostování: Chov, poradenství a prodej kalifornských žížal*. [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.vermikompostovani.cz/sluzby/>
- Gutiérrez-Miceli F, Carlos Roberto Gómez G, Olia-Llaven Angela M., Molina-Montes Adolfo J, Dendooven L. 2016. Vermicomposting Leachate as Liquid Fertilizer for the Cultivation of Sugarcae (*Saccharum Sp*). *Journal of Plant Nutrition*. 40(1): 40-49.
- Hackstein JH, Stumm CK. 1994. Methane production in terrestrial arthropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 91(12):5441–5445.
- Hanč A, Plíva P. 2013. *Vermikompostování bioodpadů: (certifikovaná metodika)*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 35 s.
- Hlavatá M. 2006. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. 174 s.
- Honzová M, Poklembová P. 2014. Pozvěte žížaly domů – na bioodpad s důvtipem. *ZO ČSOP Veronica*. 16 s.
- Hornweg D, Bhada-Tata P, Kennedy C. 2013. Environment: Waste production must peak this century. *Nature: International weekly journal of science* [online]. [cit. 2021-05-02]. 502(615–617). Dostupný z: <https://www.nature.com/news/environment-waste-production-must-peak-this-century-1.14032>.
- Hrdlička J, Baierl P, Holata L, Čekalová M, Brandštýl J, Veřaka P. Fotometrické stanovení fosforečnanů v půdě jako nedestruktivní metoda archeologického výzkumu. 2014. *Chemické listy*. 108(5):475-478.
- Chiarella K. 2017. *Blatticomposting*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.wormman.blog/Blatticomposting/blatticomposting.pdf>. 24 s.
- Chudárek T. 2013. *Odpadové hospodářství v praxi*. 1. vyd. Brno: Masarykova univerzita. 157 s.
- Jandák J. 2003. *Cvičení z půdoznalství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 92 s.

- Kalina M. 2004. Kompostování a péče o půdu. 2. upr. vyd. Praha: Grada (Česká zahrada). 116 s.
- Karmegam N a Thilagavathy D. 2008. Effect of vermicompost and chemical fertilizer on growth and yield of hyacinth bean, *Lablab purpureus* (L.) Sweet. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*. 2(2):77-81.
- Karnchanawong S, Suriyanon N. 2011. Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. *Resources: Conservation and Recycling*:
- Kolář L, Klimeš F, Gergel J, Kužel S, Kobes M, Ledvina R, Šindelářová M. 2005: Methods to evaluate substrate degradability in anaerobic digestion and biogas production. *Plant Soil Environ*. 51 (4), 173-178.
- Kotyk M. 2014. Experimentální ověření funkce křídel v reprodukčním chování švába *Eublaberus distantis* (Blattodea: Blaberidae) [diplomová práce] Praha: Univerzita Karlova. 66 s.
- Krofta J a kol. 1997. Návodů pro laboratorní cvičení z analytické chemie II. 1. vyd. VŠCHT Praha. 165 s.
- Kubát J, Cerhanová D, Mikanová O, Šimon T. 2008. Metodika hodnocení množství a kvality půdní organické hmoty v orných půdách: Metodika pro praxi. 6 vyd. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby. 34 s.
- Lim SL, Wu TY, Lim PN, Shak KPY. 2014. The use of vermicomposting in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 95(6):1143-1156.
- Lleó T, Albacete E, Barrena R, Font X, Adriana A, Sánchez A. 2013. Home and vermicomposting as sustainable options for biowaste management. *Journal of Cleaner Production*. [online]. [cit. 2021-05-03]; 45:70–76. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004180>
- Luštinec J, Žárský V. 2003. Úvod do fyziologie vyšších rostlin. Praha: Karolinum (Učební texty Univerzity Karlovy v Praze). 261 s.

- Malhotra H, Vandana SS, Pandey R. 2018. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Singapore: Springer.
- Marcuzzi G. 1970. Experimental observations on the role of *Glomeris* spp. (Myriapoda Diplopoda) in the process of humification of litter. *Pedobiologia*. 10(6):401–406.
- Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2. vyd. Londýn (UK): Academic Press. 889 s.
- Nagavallema KP, Wani SP, Stephane L, Padmaja VV, Challagulla V, Rao M, Sahrawat K. 2006. Vermicomposting: recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agroecosystems: Report no. 8. Patancheru (IND): International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. [online]. [cit. 2021-05-03]; 20 s. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/26513646_Vermicomposting_recycling_wastes_into_valuable_organic_fertilizer
- Nancarrow L, Taylor J. 1998. The Worm Book: The Complete Guide to Gardening and Composting with Worms. The Worm Book: The Complete Guide to Gardening and Composting with Worms. Ten Speed Press. 162 s.
- Norton R. 2013. Focus on calcium: Its role in crop production. GRDC. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://grdc.com.au/resources-and-publications/grdc-update-papers/tab-content/grdc-update-papers/2013/02/focus-on-calcium-its-role-in-crop-production>
- Ooninx DGAB, van Broekhoven S, van Huis A, van Loon JJA. 2015. Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. PLoS ONE. [online]. [cit. 2021-05-03]. 10(12):e0144601. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/288001680_Feed_Conversion_Survival_and_Development_and_Composition_of_Four_Insect_Species_on_Diets_Composed_of_Food_By-Products
- Panta S, Yami KD. 2008. Selective utilization of organic solid wastes by earthworm (*Eisenia foetida*). Nepal Journal of Science and Technology. [online]. [cit. 2021-05-03]; 9:99–104. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/228499576_Selective_Utilization_of_Organic_Solid_Wastes_by_Earthworm_Eisenia_foetida

- Penn CJ, Camberator JJ. 2019. A Critical Review on Soil Chemical Processes that Control How Soil pH Affects Phosphorus Availability to Plants. *Agriculture*. 9(6):120.
- Plíva P, Banout J, Habart J, Jelínek A, Kollárová M, Roy A, Tomanová A. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 47 s.
- Radvanská A. 2009. Technika a technologie pro ochranu životného prostředí: II. část Pôda, odpady. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská. 101 s.
- Rehn JA, Herard M. 1927. Orthoptera of the West Indies. 1 *Bulletin of the Museum of Natural History*: 54:1-320.
- Reicosky DC. 2003. Conservation agriculture: Global environmental benefits of soil carbon management. In: *Conservation agriculture, a worldwide challenge: Keynote contributions*. 3-12.
- Reid G, Wong P. Soil biology basics: Soil bacteria. New South Wales Government: Department of Primary Industries. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0017/41642/Soil_bacteria.pdf
- Reinecke AJ, Viljoen SA, Saayman RJ. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biology and Biochemistry*. 24(12):1295-1307.
- Richard TL, Hamelers HVM, Veeken A, Silva T. 2002. Moisture Relationships in Composting Processes. *Compost Science & Utilization*. 10(4):286-302.
- Richter R. 2004. Užitečné prvky v půdě. In: *Živinný režim půd*. Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_uzit_ece_prvky.htm.
- Richter R. 2007. Dusík v půdě. In: *Živinný režim půd* Brno: Ústav agrochemie a výživy rostlin. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/puda_n.htm

Roth LM. 1970. Evolution and taxonomic significance of reproduction in the Blattaria. *Annual Review of Entomology* 15:75-96.

Roth LM. 1968. Reproduction of Some Poorly Known Species of Blattaria. *Annals of The Entomological Society of America* 61:571-579

Samosebou.cz. 2017. Vermikompostér – využití bioodpadu v bytě. In: Samosebou.cz [online]. [cit. 2021-05-03]. Dostupné z:

<https://www.samosebou.cz/2017/09/25/vermikomposter-vyuziti-bioodpadu-v-byte/>

Saris NEL, Mervaala E, Karppanen H, Khawaja JA, Lewenstam A. 2000. Magnesium: an update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clinica chimica acta*. 294(1-2):1-26.

Sharma K, Karki S, Thakur N, Attri S. 2012. Chemical composition, functional properties and processing of carrot – A review. *Journal of food science and technology*. 49:22–32.

Sherman R. 2002. Vermicomposting systems overview. *Biocycle*. 43(12):53-53.

Shozeb J, Panwar A. 2013. Effect of biofertilized, vermicompost and chemical fertilizer on different biochemical parameters of Glycine max and Vigna mungo. *Recent Research in Science and Technology*. 5(1):40-44.

Schal, C., J. Y. Gautier, and W. J. Bell. 1984. Behavioral ecology of cockroaches. In: *Biological Reviews*: 59:209–254

Singh YP, Kumar UP. 2004. Vermicomposting, a profitable alternative for developing country. *Agrobios Newsletter* 3 (III): 13-16.

Směrnice Rady 1999/31/ES. 1999. On the land fill of waste of 26 April 1999.

Somjai Karnchanawong, Nakorn Suriyanon, Household organic waste composting using bins with different types of passive aeration. *Resources: Conservation and Recycling*. 55(5):548–553.

Svobodová O. 2011. Posouzení obsahu a kvality humusu u rozdílných technologií zpracování půdy [dizertační práce]. České Budějovice: Jihočeská Univerzita v Českých Budějovicích. 167 s.

Swaminathan R. 2003. Magnesium metabolism and its disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*. 24(2):47-66.

Škarpa P. 2010. Stanovení dusíku v půdě. In: *Laboratorní výuka z výživy rostlin: Multimediální učební texty*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=1&I=3&J=11&K=0

Škarpa P. 2013. Organická hnojiva ostatní: Komposty. [online] [cit. 2021-05-02] Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1623&typ=html

Šrefl J. 2012. Kompost je energie vrácená do půdy. *Biom.cz*. [online] [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vcacena-do-pudy>

Švingr V. 2021. Šváb *Eublaberus distantis* - 10 ks v plastu. *Acheta: Krmný hmyz po každého*. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.acheta.cz/svab-eublaberus-distantis-10-ks-v-plastu-id1321.html>

Tesařová M, Filip Z, Szotková M, Morscheck G. 2010. *Biologické zpracování odpadů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně. 129 s.

University of Michigan-Dearborn. 2018. *Blatticomposting*. Environmental interpretative center: University of Michigan-Dearborn. [online]. [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://umdearborn.edu/casl/centers-institutes/environmental-interpretive-center/research-resources/sustainability-initiatives/composting/blatticomposting>

Valla M, Kozák J, Drbal J. 1980. *Cvičení z půdoznalectví – II*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská. 280 s.

Williamson LC, Ribrioux SP, Fitter AH. 2001. Phosphate availability regulates root system architecture in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*. 126:875–882

Zajonc I. 1992. *Chov žížal a výroba vermikompostu*. 1. vyd. Povoda: ANIMAPRESS. 59 s.

Zákon č. 541/2020 Sb. o odpadech. 2020. In: *Sbírka zákonů České republiky 2020, část 222*.

Zemánek P, Burg P, Kollárová M, Marešová K, Plíva P. 2010. *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 113 s.

9 Přílohy



Příloha 1a a 1b: Prosívání jednotlivých frakcí



Příloha 2: Přístroj pro destilaci vzorků při měření obsahu dusíku



Příloha 4: Měření pH blatticompostu



Příloha 3: Spektrofotometr DR2800

Příloha 5: Přehled vstupního odpadu, který byl vkládán do blatticompostéru

Datum	Množství odpadu (g)	Závlaha	Složení odpadu	Teplota vzduchu (° C)
12.7.2020	90	+	Slupky od banánů	24
15.7.2020	50	+	Zbytky kořenové zeleniny*	20
17.7.2020	10	-	Slupky od košťálové zeleniny**	25
19.7.2020	35	+	Zbytky kořenové zeleniny	25
21.7.2020	60	+	Zbytky jižního ovoce, zbytky košťálové zeleniny	25
27.7.2020	22	+	Směs suché listové a kořenové zeleniny	28
31.7.2020	6	+	Slupky od ovoce***	28
1.8.2020	10	+	Slupky od banánů	29
3.8.2020	40	+	Slupky od kořenové zeleniny	23
9.8.2020	30	+	Lusky luštěnin, ovoce	28
10.8.2020	30	+	Slupky od banánů	26
12.8.2020	20	+	Slupky od ovoce	28
14.8.2020	14	+	Lusky luštěnin, ovoce	27
16.8.2020	2	-	Slupky od banánů	25
18.8.2020	28	+	Lusky luštěnin	25
20.8.2020	30	+	Slupky od banánů	26
22.8.2020	15	+	Slupky od košťálové zeleniny	29
24.8.2020	35	-	Slupky od ovoce	25
26.8.2020	20	+	Vyluhovaný čaj	28
28.8.2020	50	+	Slupky od banánů	26
31.8.2020	10	+	Zbytky kořenové zel., sušená listová zel.	23
1.9.2020	100	+	Slupky od ovoce	24
3.9.2020	30	+	Zbytky ovoce	23
5.9.2020	30	+	Zbytky košťálové zeleniny	28
8.9.2020	50	-	Slupky od banánů	24
10.9.2020	30	+	Zbytky ovoce	23
12.9.2020	52	+	Slupky od banánů	27
14.9.2020	83	+	Kořenová zelenina	28
16.9.2020	-	+	-	29
18.9.2020	38	+	Zbytky ovoce, košťálové zeleniny	21
20.9.2020	10	+	Slupky od kořenové zeleniny	22
23.9.2020	13	-	Slupky od banánů	24
25.9.2020	30	+	Staré pečivo	21
27.9.2020	40	+	Slupky od banánů	21
30.9.2020	43	+	Staré pečivo, zbytky ovoce	21
3.10.2020	64	-	Zbytky košťálové zeleniny	22
6.10.2020	10	+	pečivo, slupky od banánů	22
9.10.2020	32	+	Kořenová zelenina	22
12.10.2020	36	-	Slupky od kořenové zeleniny	21
15.10.2020	34	+	Zbytky košťálové zeleniny	21
18.10.2020	-	+	-	22

20.10.2020	9	+	Slupky od banánů	23
23.10.2020	23	+	Zbytky ovoce a zeleniny	21
26.10.2020	10	+	Slupky od banánů	22
29.10.2020	12	+	Zbytky kořenové zeleniny	22
31.10.2020	21	-	Slupky od banánů	23
4.11.2020	20	-	Slupky od banánů	21
7.11.2020	10	+	Slupky od banánů	21
11.11.2020	30	+	Zbytky ovoce	21
15.11.2020	40	-	Zbytky ovoce	22
18.11.2020	30	-	Vyluhovaný čaj, zbytky listové zeleniny	22
25.11.2020	20	-	Zbytky ovoce, sušená listová zelenina	22
29.11.2020	35	+	Slupky od ovoce	22
2.12.2020	-	+	-	25
6.12.2020	5	+	Listová zelenina	26
9.12.2020	20	+	Slupky od banánů	25
11.12.2020	5	+	Zbytky ovoce	22
15.12.2020	10	-	Zbytky zeleniny	21
19.12.2020	5	+	Slupky od ovoce	20
22.12.2020	40	+	Slupky od banánů	23
25.12.2020	-	+	-	25
27.12.2020	5	-	Slupky od ovoce	24
30.12.2020	2	+	Kořenová zelenina	24
3.1.2021	20	+	Slupky od banánů	23
7.1.2021	10	-	Slupky od ovoce	22
10.1.2021	20	+	Zbytky zeleniny	23
13.1.2021	15	+	Zbytky ovoce	22
17.1.2021	14	-	Zbytky ovoce	21
21.1.2021	20	-	Slupky od ovoce	21
24.1.2021	10	+	Zbytky ovoce	23
27.1.2021	42	+	Slupky od banánů	22
30.1.2021	26	+	Kořenová zelenina	21
Celkem	1861			

* převažoval obsah mrkve a brambor

** převažovalo čínské zelí, květák a brokolice

*** především ohryzky jablek a hrušek

Příloha 6: Průměrné množství N (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	20,55±3,47	29,76±1,97	32,59±3,04
1–5 mm	33,02±0,66	35,62±2,60	36,77±3,80
<1 mm	33,16±0,54	34,54±0,71	38,12±4,03

Příloha 7: Průměrné množství C (%) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	% C na sušinu		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	19,67±0,96	14,48±1,79	11,98±3,32
1–5 mm	15,72±0,68	13,15±1,29	16,18±1,29
<1 mm	18,36±0,16	17,73±0,80	18,01±0,98

Příloha 8: Průměrné množství humusu (%) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	% humusu na sušinu		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	33,92±1,66	24,97±3,09	20,66±5,72
1–5 mm	27,10±1,16	22,67±2,22	27,90±0,94
<1 mm	31,65±0,28	30,57±1,38	31,04±1,69

Příloha 9: Průměrné množství PO₄ (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	PO ₄ g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	2,40±0,28	2,80±0,56	4,07±1,42
1–5 mm	3,73±1,33	4,83±0,23	5,80±0,17
<1 mm	7,93±0,32	9,03±0,85	9,10±0,61

Příloha 10: Průměrné množství K (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	K g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	25,83±0,02	24,12±1,65	27,66±1,88
1–5 mm	27,25±0,23	27,34±1,47	30,30±0,20
<1 mm	29,80±0,93	29,58±1,12	31,06±0,70

Příloha 11: Průměrné množství Ca (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	Ca g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	4,05±0,01	2,86±0,48	4,03±2,34
1–5 mm	4,42±0,57	3,60±0,62	5,27±0,71
<1 mm	7,18±0,39	7,14±0,30	6,64±0,60

Příloha 12: Průměrné množství Na (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	Na g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	4,02±0,00*	3,61±0,25	4,61±0,34
1–5 mm	4,13±0,06	3,97±0,27	5,10±0,04
<1 mm	4,38±0,12	4,43±0,24	5,34±0,39

Příloha 13: Průměrné množství Mg (g/kg) v jednotlivých kompostérech dle frakcí (průměr ± směrodatná odchylka)

Frakce	Mg g/kg sušiny		
	1. kompostér	2. kompostér	3. kompostér
>5 mm	1,71±0,03	1,35±0,16	1,47±0,24
1–5 mm	1,54±0,02	1,76±0,25	1,82±0,03
<1 mm	2,31±0,14	2,68±0,15	2,48±0,14

Příloha 14: Výpočet faktoru Mohrovy soli

Měření	V Mohrovy soli	Výsledný faktor
1.	24,7	0,4049
2.	20,6	0,4854
3.	20,3	0,4926