

Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních
zdrojů
Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Vermikompostování koňského hnoje

Bakalářská práce

Katarína Bínovská

Ekologické zemědělství ABE

doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.

© 2019 ČZU v Praze

Čestné prehlásenie

Prehlasujem, že som svoju bakalársku prácu „Vermikompostovanie konského hnoja“ vypracovala samostatne pod vedením vedúceho bakalárskej práce a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce. Ako autorka uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že som v súvislosti s jej vytvorením neporušila autorské práva tretích osôb.

V Prahe dňa

Pod'akovanie

Rada by som touto cestou pod'akovala pánovi docentovi Hančovi a pani inžinerke Hřebečkovéj za pomoc a cenné rady pri písaní tejto bakalárskej práce.

Vermikompostování koňského hnoje

Souhrn

Koňský hnůj obsahuje velké množství organické hmoty, dusíku a dalších živin důležitých pro rostliny, a proto se dá považovat za jedno z nejdůležitějších organických hnojiv. Přesto může být zdrojem environmentálního znečištění, které bývá nejčastěji způsobeno nevhodným skladováním nebo neuváženou aplikací hnoje. Produkci hnoje vznikají emise metanu a oxidů dusíku, které se podílejí na zvyšování globální klimatické změny (Leytem et al. 2011). Aplikace nevyzrálého hnoje do půdy a jeho následná degradace vede k tvorbě zvýšeného množství oxidu uhličitého, který může ovlivnit procesy v půdě (Jongbloed & Lenis 1998).

V teoretické části byla popsána problematika nakládání s koňským hnojem, možnosti jeho skladování a výroby. Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit vhodnost spracování hnoje metodou vermikompostování.

Vermikompostování je alternativou termofilního kompostování, při kterém se do procesu zapojují určité druhy epigeických žížal, které přetvářejí organický odpad na materiál, zvaný vermikompost (Kothari & Tyagi 2012). V bakalářské práci byl popsán proces vermikompostování a faktory, které tento proces ovlivňují.

V praktické části byl popsán vermikompostovací pokus. Vzorky byly po ukončení pokusu podrobeny agrochemickým a biologickým analýzám. Vlhkost se s věkem vrstev vermikompostu postupně snižovala. Nejvyšší hodnota byla naměřena v nejmladší vrstvě (71,58 %). Obsah prvků se během pokusu zvyšoval. Nejvyšší obsah celkového draslíku byl naměřen v II. vrstvě (1,76 %) a nejvyšší obsah celkového fosforu byl naměřen v IV. vrstvě (0,49 %). Celkový obsah dusíku dosahoval nejvyšší hodnotu v III. vrstvě. Obsah spalitelných látek rostl s věkem vrstev a byl nejvyšší v I. vrstvě. Poměr C: N dosáhl nejvyšší hodnotu 14,58 v IV. vrstvě. Hodnota pH se během vermikompostování mírně zvyšovala. Udržovala se v alkalických hodnotách v rozmezí od 7,7 do 8,77.

Všechny hodnoty vermikompostu splňovaly parametry určené normou ČSN 46 5736 o vermikompostech. Výsledný produkt vermikompostování koňského hnoje lze používat jako typové organické hnojivo.

Klíčová slova: Koňský hnůj; vermikompostování; agrochemické a biologické parametry

Horse manure vermicomposting

Summary

Horse manure contains a large amount of organic matter, nitrogen, and other plant-important nutrients, and can, therefore, be considered one of the most important organic fertilizers. However, it can be a source of environmental pollution, which is most often caused by improper storage or thoughtless application of manure. Manure production gives rise to methane and nitrogen oxide emissions that contribute to global climate change (Leytem et al. 2011). The application of immature manure to the soil and its subsequent degradation leads to an increased amount of carbon dioxide that can affect soil processes (Jongbloed & Lenis 1998).

The theoretical part describes the issue of horse manure handling, possibilities of its storage and production. The aim of this thesis was to evaluate the suitability of manure processing by the vermicomposting method.

Vermicomposting is an alternative to thermophilic composting which involves some species of epigeic earthworms that transform organic waste into a material called vermicompost (Kothari & Tyagi 2012). The thesis describes the process of vermicomposting and factors that influence this process.

The vermicomposting experiment was described in the practical part. The samples were subjected to agrochemical and biological analyzes after the end of the experiment. Humidity gradually decreased with the age of vermicompost layers. The highest value was measured in the youngest layer (71.58 %). The content of the elements increased during the experiment. The highest total potassium content was measured in II. layer (1.76 %) and the highest total phosphorus content was measured in IV. layer (0.49 %). The total nitrogen content reached the highest value in III. layer. The content of combustible substances grew with the age of the layers and was the highest in the I. layer. The C: N ratio reached the highest value of 14.58 in IV. layer. The pH increased slightly during vermicomposting. It was maintained in alkaline values ranging from 7.7 to 8.77.

All vermicompost values met the parameters specified by the ČSN 46 5736 standard for vermicomposts. The resulting manure vermicomposting product can be used as a type of organic fertilizer.

Keywords: horse manure, vermicomposting, agrochemical and biological parameters

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cieľ práce.....	2
3	Literárna rešerš.....	3
3.1	Kompostovanie a vermikompostovanie	3
3.1.1	História kompostovania	3
3.1.2	Základná charakteristika kompostovania a vermikompostovania	3
3.1.3	Dážďovky	5
3.1.4	Metódy vermikompostovania	6
3.1.4.1	Domáce vermikompostéry	6
3.1.4.2	Veľkoprodukčné vermikompostéry	7
3.1.4.3	Pokročilé systémy	8
	Dvojmodulový vermireaktor	8
	Vermireaktor so súvislým procesom	9
3.1.5	Faktory ovplyvňujúce priebeh vermikompostovania.....	9
3.1.5.1	Abiotické faktory	9
3.1.5.2	Biotické faktory.....	10
3.1.6	Substrát	11
3.1.6.1	Typy podstielky.....	11
3.1.6.2	Prikrmovanie	11
3.1.7	Priebeh kompostovacích procesov.....	12
3.1.8	Vermikompost.....	13
3.1.8.1	Enzýmy	14
3.1.8.2	Hormóny	14
3.1.8.3	Výluh z vermikompostu	15
3.1.9	Využitie vermikompostu.....	16
3.1.10	Technické požiadavky na vermikompost	16
3.2	Konský hnoj.....	17
3.2.1	Zloženie hnoja.....	18
3.2.2	Skladovanie hnoja	19
3.2.2.1	Dočasné uloženie hnoja na voľnej skládke	20
3.2.2.2	Skladovanie hnoja vo vybudovaných hnojiskách	21
3.2.3	Výroba hnoja.....	23
3.2.4	Ošetrovanie a spracovanie hnoja	24
3.2.5	Kompostovanie hnoja	24
3.2.6	Využitie konského hnoja.....	25

4	Materiál a metodika	26
4.1	Metodika	27
4.2	Agrochemické analýzy a biologické rozborý	28
4.2.1	Stanovenie pH a mernej vodivosti	28
4.2.2	Stanovenie spáliteľných látok	28
4.2.3	Stanovenie celkového obsahu dusíku a uhlíku	28
4.2.4	Stanovenie pomeru C:N	28
4.2.5	Stanovenie celkového obsahu prvkov (P,K)	28
4.3	Metódy vyhodnotenia výsledkov.....	29
5	Výsledky	30
5.1	Základné agrochemické vlastnosti vermikompostu.....	30
5.1.1	Vlhkosť a hodnota pH.....	30
5.1.2	Pomer C:N, celkový obsah dusíku a spáliteľné látky	30
5.1.3	Obsah celkového fosforu a draslíku.....	31
5.2	Biologické charakteristiky vermikompostu	32
6	Diskusia	33
7	Záver	35
8	Zoznam použitej literatúry.....	36

1 Úvod

Konský hnoj je považovaný za dôležitý zdroj hnojiva pre rastliny, ktorý nielenže dodáva živiny do pôdy, ale aj zlepšuje pôdnu úrodnosť. Ak je aplikovaný v adekvátnych dávkach, môže byť vhodnou alternatívou minerálnych hnojív, nakoľko zabezpečuje prísun makro aj mikroelementov (Eck & Stewart 1995). Napriek tomu býva často zdrojom environmentálneho znečistenia, ktoré je zapríčinené jeho nevhodným skladovaním, alebo neuváženou aplikáciou. Môže spôsobovať znečistenie atmosféry, vody, ale aj pôdy. Hodnota, ktorú poskytuje tento organický materiál nebýva vždy dostatočne využitá v dôsledku vyplavovania živín (Pospišil 2017).

Živočíšny organický odpad, môže spôsobovať zdravotné aj environmentálne riziká, a preto je nutné, aby došlo k jeho stabilizovaniu. Stabilizácia zahŕňa dekompozíciu jednotlivých substancií do takej miery, kedy je riziko eliminované (Plíva et al. 2016).

Vermikompostovanie ponúka riešenie, ktorým môžeme využiť tony poľnohospodárskeho odpadu efektívnejšie, ekonomickejšie a prijateľnejšie pre životné prostredie.

Ide o biotechnologický proces, pri ktorom je organický odpad spracovaný pomocou dážďoviek. Ogranicená hmota prechádza ich tráviacim traktom a je vylúčená v podobe vermikompostu (Gómez-Brandón et al. 2011).

Pri skládkovaní biologicky rozložiteľný odpad hnije za nedostatku kyslíku a vznikajú skleníkové plyny (Leytem et al. 2011). Vermikompostovací proces prebieha pri aeróbných podmienkach za účasti mikroorganizmov (Kothari & Tyagi 2012). Zo skládkovania sú výstupom toxické výluhy, ktoré predstavujú environmentálne riziko (Jongbloed & Lenis 1998). Z vermikompostovania sú výstupom živiny v mikroorganizmoch a humus potrebný pre rast vegetácie, prírodné antibiotiká a enzýmy (Munroe 2007). Najväčšou nevýhodou skládkovania je, že bioodpad nemá ďalšie využitie, nie je späť začlenený do kolobehu živín.

Humus, ktorý vzniká pri vermikompostovaní na seba viaže živiny, ktoré sa do pôdy uvoľňujú pomaly a nehrozí tak ich vyplavovanie do podzemných vôd. Dochádza teda k menšiemu obohacovaniu pôd o dusík a fosfor, teda k menšej eutrofizácii (Ghabbour 1973).

2 Cieľ práce

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo popísať problematiku nakladania s konským hnojom a zhodnotiť vhodnosť spracovania hnoja pomocou metódy vermikompostovania.

3 Literárna rešerš

3.1 Kompostovanie a vermikompostovanie

3.1.1 História kompostovania

Už oddávna si ľudia všímali, že rastlinám sa darí viac na miestach, kde predtým zvieratá zanechali svoj organický odpad. Je teda možné, že hnoj bol prvou surovinou, ktorú ľudia kompostovali (Vincent 2012). Starovekí poľnohospodári ukladali živočíšny odpad na kopy, odkiaľ pochádza aj význam slova kompost: com = dokopy a post = priniesť (Singh 2014).

Darwin (1881) vo svojej knihe „Formation of vegetable mould through the Action of worms with observation on their habits“ nazýva dážďovky „pluhmi zeme“, vďaka ich schopnosti spracovávať pôdu a vylučovať ju v podobe humusu. Pokladá ich za jednu z najdôležitejších zložiek ekosystému. Uvádza, že pochybuje o tom, že je na zemi živočích, ktorý by hral väčšiu rolu v dejinách zeme, ako tieto článkované organizmy. Ľudia si kedysi mysleli, že dážďovky konzumujú korene rastlín a preto je ich nutné odstraňovať. Darwin vo svojej publikácii ako prvý upriamil pozornosť verejnosti na veľký význam dážďoviek v rozklade organickej hmoty a zároveň vyvrátil názory, ktoré pripisovali dážďovkám výlučne negatívne vlastnosti (Edwards et al. 2011).

Vermikompostovanie pochádza z latinského slova vermis = červ. Pri tomto type kompostovania je využívaná interakcia medzi intenzívnou činnosťou dážďoviek a mikroorganizmov (Plíva et al. 2016). V Českej a Slovenskej republike má kompostovanie veľmi dlhú tradíciu. V roku 1912 bola v Česku zavedená prvá kompostáreň s riadenou technológiou (Kuraš 2014). Spracovanie odpadov pomocou dážďoviek sa začalo objavovať až v roku 1985 (Kalina 2004).

3.1.2 Základná charakteristika kompostovania a vermikompostovania

Odstraňovanie organického odpadu je spojené s mnohými zdravotnými a environmentálnymi rizikami, ktoré sa však dajú znížiť stabilizovaním odpadov. Kompostovanie a vermikompostovanie sú dva dobre známe procesy, ktoré umožňujú biologickými princípmi stabilizovať širokú škálu organického odpadu (Dominguez & Edwards 2010).

Kompost je najstarší a najprirodzenejší spôsob, akým môžeme zlepšovať úrodnosť, štruktúru a zdravie pôdy. Prostredníctvom spracovania organického odpadu vraciame do pôdy živiny, zabráňujeme nepríjemným pachom, zamedzujeme rozšíreniu chorôb a semien burín (Kalina 2004).

Je to spôsob využitia biologicky rozložiteľných odpadov, ktorým sa za kontrolovaných podmienok aeróbnych procesov a činnosti mikroorganizmov premieňa bioodpad na kompost (Plíva et. al 2016). Tento biooxidačný proces zahŕňa mineralizáciu a čiastočnú humifikáciu organického materiálu. Kompostovanie prechádza termofilnou fázou, ktorá nastáva pri 45-65°C. Vysoké teploty, ktoré vznikajú vnútri kompostu zabezpečujú sanitáciu odpadu a elimináciu patogénnych mikroorganizmov (Zucconi & Bertoldi 1987).

V Českej republike je kompostovanie právne upravené vyhláškou č. 341/ 2008, ktorá sa zaoberá podrobnosťami nakladania s biologicky rozložiteľnými odpadmi. Udáva zoznam odpadov, požiadavky na ich kvalitu, spôsob a kritéria ich hodnotenia. Vo vyhláške sú uvedené limitné hodnoty rizikových látok a prvkov, znaky akosti rekultivačného kompostu a taktiež metódy vzorkovania. Priemyselnými kompostami sa zaoberá norma ČSN 46 5735, ktorá upravuje požiadavky na komposty, ktoré sa používajú ako organické hnojivá.

V posledných rokoch sa čoraz viac rozmáha vermikompostovanie, hlavne vďaka svojej nenáročnosti a ekonomickej dostupnosti. Vermikompostovanie je alternatívou termofilného kompostovania, pri ktorom sa do procesu zapájajú určité druhy epigeických dážďoviek, ktoré pretvárajú organický odpad na materiál, ktorý sa dá považovať za vermikompost (Arancon et al. 2005).

Dážďovky rozkladajú organický odpad, stimulujú mikrobiálnu aktivitu a zvyšujú úroveň mineralizácie. Odpad sa ich pomocou pretvára na humusovú substanciu s lepšou štruktúrou v porovnaní s kompostom (Kale 1998). Dážďovky v tomto procese predstavujú istých mechanických premiešavačov, keď svojim pohybom a trávením modifikujú chemickú a fyzikálnu štruktúru organického materiálu (Dominguez & Edwards 2004).

Základným právnym predpisom na Slovensku vo vzťahu k odpadom a teda aj k biologicky rozložiteľným odpadom je zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch. Pre výrobu a používanie kompostov platí STN 465735 „Priemyselné komposty“, ktorá stanovuje hlavné akostné znaky kompostu a obmedzuje stopové toxické prvky v bioodpadoch použitých pre výrobu kompostu.

Vermikompost má v porovnaní s klasickým kompostom výrazne lepšie vlastnosti. Je bohatý na živiny, ale taktiež obsahuje vysoko kvalitný humus, rastové hormóny, enzýmy a látky, ktoré sú schopné chrániť rastliny pred škodcami a chorobami (Hanč a Plíva 2013). Pôda obohatená o vermikompost lepšie zadržiava a prepúšťa vodu, v určitých prípadoch dokonca menej podlieha pedokompakcii (Vincent 2012).

V porovnaní s bežným kompostom sa objem kompostovacieho materiálu zmenší 5-6 krát, pričom doba jeho spracovania dážďovkami je štvornásobne nižšia (Borkovcová a Žáková 2015).

Právnu úpravu vermikompostovania v Českej republike zabezpečuje technická norma ČSN 46 5736. Platí pre obecné princípy výroby, skúšanie, značenie a dodávanie vermikompostov vyrábaných pomocou dážďoviek, a používaných ako organické hnojivo. Z normy je vylúčené vermikompostovanie kalov z čističiek odpadových vôd, vedľajších živočíšnych produktov, zvyškov prípravkov na ochranu rastlín a iných chemikálií. Na Slovensku v súčasnej dobe nie je vermikompostovanie právne upravené.

3.1.3 Dážďovky

Reynolds a Wetzel (2010) uvádzajú, že existuje viac ako 8300 druhov dážďoviek. Predstavujú variabilné skupiny, ktoré sa líšia svojimi ekologickými nikami. Z morfo-ekologického hľadiska sú rozdelené na 3 skupiny: epigeické, endogeické a anecické (Bouché 1977).

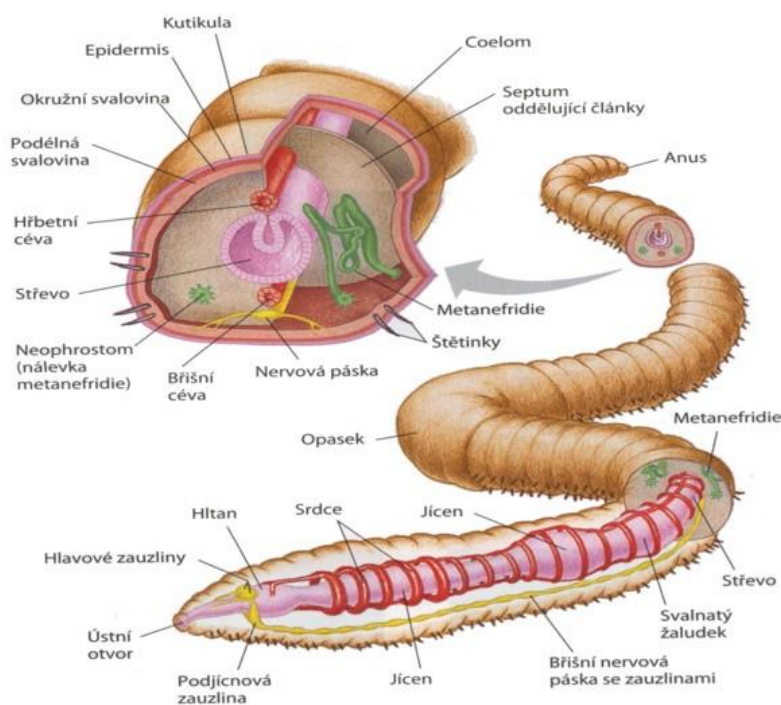
Nie všetky druhy sú však vhodné na vermikompostovanie. Musia spĺňať určité kritéria: schopnosť prirodzene kolonizovať a tráviť organický odpad, tolerovať široké spektrum environmentálnych faktorov, mať vysokú reprodukčnú schopnosť a tvoriť veľké množstvo kokónov s krátkou dobou liahnutia (Dominguez & Edwards 2004).

Epigeické druhy dážďoviek najlepšie spĺňajú tieto kritériá. Často využívanými zástupcami sú: dážďovka hnojná (*Eisenia fetida*), dážďovka kalifornská (*Eisenia andrei*), dážďovka africká (*Eudrilus eugeniae*) a modrý červ (*Perionyx excavatus*) (Ismail 1997).

Dážďovky patria medzi bezstavovce, konkrétne do triedy Máloštetinavcov (*Oligochaeta*). Sú to článkované bilaterálne súmerné organizmy. Nemajú končatiny, ale disponujú štetinami na každom článku (Sharma et al. 2009). Ich tráviaca sústava je zložená z hltanu, pažeráka, žalúdka a čreva (obr. č. 1) (Edwards & Fletcher 1988).

Pre pohlavne dospelé jedince je charakteristická prítomnosť opaska, v ktorom sa tvoria vajíčka. Dážďovky sú hermafroditi, majú samčie aj samičie pohlavné orgány.

Rozmnožujú sa priložením častí tela a vymenením pohlavných buniek s iným jedincom. Zo sekrétu opasku vytvárajú kokón a nakladú doň vajíčka (Needham 1969). Oplodnené vajíčka sa v kokóne vyvíjajú približne tri týždne. Hmotnosť dospelého jedinca dosahuje v priemere 0,5 g, ale môže sa líšiť v závislosti od druhu spracovávaného odpadu a podmienok prostredia (Plíva et al. 2016).



obr.č.1: anatomia dážďovky

Zdroj:

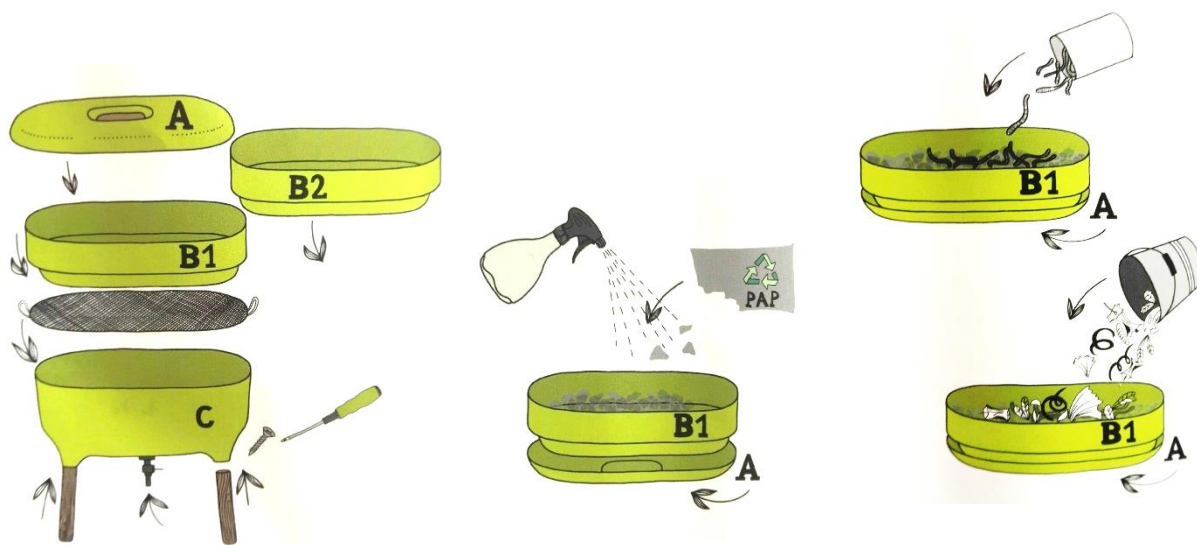
<http://82.114.195.35:90/Vyuka/Ka%C4%8D%C3%ADrkov%C3%A1%20Jarmila/Materi%C3%A1ly%20k%20v%C3%BDuce/2.ro%C4%8Dn%C3%ADk/07%20Krou%C5%BEkovci/>

3.1.4 Metódy vermikompostovania

3.1.4.1 Domáce vermikompostéry

Nádoby na domáci vermikompost sa dajú jednoducho vyrobiť, no dnes už sú bežne dostupné k zakúpeniu (obr. č.2). Používaným materiálom je zväčša drevo, kov, alebo plast. Nádoba poskytuje dážďovkám tmavé prostredie a prísun vzduchu je zabezpečený perforáciou jednotlivých častí. Vnútorne kompostéry sú ideálnym riešením pre byty alebo domácnosti s obmedzeným priestorom (Vincent 2012).

Hĺbka by mala dosahovať maximálne 30-45 cm, veľkosť závisí na množstve kompostovaného odpadu. Najčastejšie sú využívané vermikompostéry s dvomi až štyrmi poschodiami, ktoré sa dajú oddeliť. Dážďovky postupne preliezajú k vyšším poschodiam, kde je najviac potravy. V najnižšom poschodí zanechajú hotový vermikompost. Spodok nádoby má zátku a slúži ako rezervoár výluhu (Sherman & Appelhof 2011).



Obr. č. 2: domáci vermikompostér

Zdroj: upravené podľa manuálu k vermikompostéru Ubalive od českej spoločnosti Plastia s.r.o.

3.1.4.2 Veľkoprodukčné vermikompostéry

Vermikompostovanie na voľnej ploche v pásových hromadách

Tento systém je technicky jednoduchý a nenáročný na investície. Suroviny sú usporiadané do riadkov, alebo na hromady na voľnom priestranstve. Veľkým pozitívom je, že hromady nie je potrebné prekopávať, ani obracať. Nutné je ale sledovať vlhkosť a podľa potreby systém zavlažiť (Hanč a Plíva 2013). Spracované suroviny sú pridávané na povrch hromady v tenkých vrstvách (10 cm jedenkrát za týždeň, 20-30 cm raz za dva týždne, alebo 30-50 cm za tri týždne). Negatívom je veľké množstvo prevádzaných pracovných operácií, hlavne kontinuálny prísun surovín. Proces môže byť mierne spomalený podmienkami vonkajšieho prostredia (Plíva et al. 2016).

Vermikompostovanie v ohraničených záhonoch

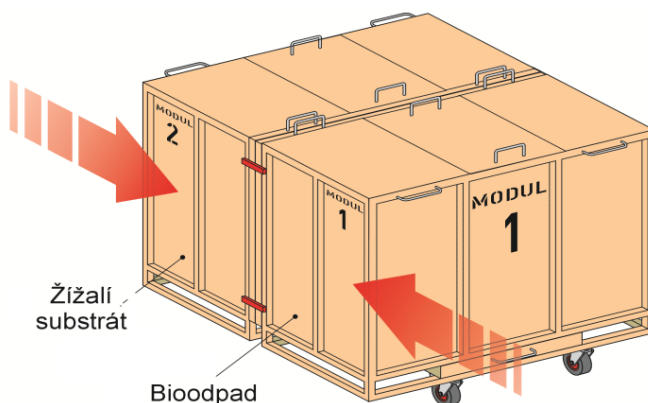
Je to ďalší systém vermikompostovania na voľnom priestranstve, avšak v tomto prípade dochádza k určitému ochráneniu hromád pred poveternostnými vplyvmi. Záhon by nemal byť umiestnený priamo na pôde. Uprednostňuje sa spevnený alebo tvrdý podklad (Arancon & Edwards 2006). Vrchná časť záhonu sa prekrýva geotextíliou z dôvodu ochrany dážďoviek pred prirodzenými nepriateľmi. Pred zimou by sa mal záhon zatepliť, ideálne zvýšením množstva krmiva. Nevýhodou je potreba zavlažovať systém pri vysokých teplotách (Plíva et al. 2016).

3.1.4.3 Pokročilé systémy

Spracovanie bioodpadov prebieha v uzavretom priestore na menšej ploche. Tento proces je oveľa rýchlejší v porovnaní s predchádzajúcimi, nakoľko sa dá lepšie riadiť a automatizovať. Zariadenia sú označované ako vermireaktory.

Dvojmodulový vermireaktor

Tento druh kompostéru je zložený z dvoch identických nádob, ktoré sú mobilné kvôli kolieskam na spodnej strane nádob (obr. č. 3). Oba moduly môžu byť v dvoch pracovných polohách – v rozpojenej, alebo spojenej. V rozpojenej polohe je každý modul používaný samostatne – jeden je napĺňaný bioodpadom ako klasický kontajner na bioodpad, kde následne prebieha proces predkompostovania bez prítomnosti dážďoviek. Pri predkompostovaní odpadu sa materiál zahrieva až na 60°C, čo by dážďovky neprežili. Po skončení tejto tepelnej fázy sa moduly spoja a dážďovky, ktoré boli prítomné v druhom module prelezú cez perforované steny do prvého modulu (Plíva et al. 2012).



Obr.č.3: Vermireaktor
Zdroj: (Hanč a Plíva 2013)

Vermireaktor so súvislým procesom

Medzi ďalšie technológie vermikompostovania patria vermireaktory väčších rozmerov, v ktorých spracovávaný odpad „preteká“ odhora nadol. Pomocou modifikovaných rozmetadiel alebo mobilného portálu sú zhora pridávané suroviny.

Zo spodnej časti sa pomocou mechanického zariadenia vyberá vermikompost, ktorý prepadol sitom (Hanč a Plíva 2013).

3.1.5 Faktory ovplyvňujúce priebeh vermikompostovania

3.1.5.1 Abiotické faktory

Vlhkosť je jeden z najdôležitejších faktorov pre správne fungovanie dážďoviek a mikroorganizmov. Dážďovky dýchajú povrchom tela, preto je nutné, aby mal vermikompostovací systém adekvátnu vlhkosť (Neuhauser et al. 1988).

Reinecke a Venter (1985) tvrdia, že aj 5% rozdiel zreteľne ovplyvní tvorbu opasku (*clitellum*) u druhu *Eisenia faetida*. Optimum sa pohybuje v rozpätí 70-90%. Voda je taktiež dôležitá ako médium pre rozličné chemické reakcie a transport živín počas vermikompostovacieho procesu (Garg & Yadav 2011).

Bertoldi a kolektív (1983) uvádzajú, že hodnota pH má veľký vplyv na prebiehajúce procesy a môže byť limitujúcim faktorom pre rast a prežitie dážďoviek. Mala by sa pohybovať od 5,5 do 8,5. Podľa Jairajpurího (1993) je pre proces ideálne neutrálne pH. Hodnota sa však v priebehu vermikompostovania mení. V začiatkovej fáze je nižšia, s narastajúcim množstvom oxidu uhličitého a stabilizáciou mastných kyselín narastá (Kaushik & Garg 2004). Postupne sa približuje neutrálnemu pH, čo môže byť zapríčinené mineralizáciou dusíku a fosforu (Ndegwa et al. 2000).

Teplota by mala byť 12-28°C, nemala by prekročiť 35°C a klesnúť pod 10°C (Ismail 1997). Pri nízkych teplotách sa dážďovky nemôžu rozmnožovať a znižuje sa aj ich metabolická aktivita. Pri vysokých teplotách prestávajú konzumovať potravu. Teplota vyššia ako 35°C môže spôsobiť úhyn dážďoviek (Riggle & Holmes 1994).

Keďže sú dážďovky aeróbne organizmy, kyslík je nevyhnutnou zložkou vermikompostovacieho systému. Spotreba kyslíku je ukazovateľom mikrobiálnej aktivity a teploty substrátu. Pri vyššej vlhkosti klesá prevzdušnosť a je ovplyvnené dodávanie kyslíku

pre organizmy (Ismail 1997). Pri nedostatočnom prevzdušení systém zapácha a stáva sa anaeróbnym. Začnú sa tvoriť skleníkové plyny, ako amoniak a metán. Dážďovky sú veľmi citlivé na prítomnosť amoniaku, jeho zvýšené hodnoty môže zapríčiniť ich úhyn (Dominguez & Edwards 2004).

Ďalším abiotickým faktorom, ktorý výrazne ovplyvňuje proces vermikompostovania je svetlo. Dážďovky sú fotofóbne organizmy (Edwards & Lofty 1972), preto by mali byť umiestnené v tmavom prostredí. Na detekciu svetla využívajú svetlocitlivé bunky v prednej časti tela, keďže sú svetlocitlivé, pred svetlom sa skrývajú. Dlhodobé vystavenie svetlu môže spôsobiť ich čiastočnú až úplnú paralýzu (Garg & Yadav 2011).

Pomer C:N ovplyvňuje rast a reprodukciu dážďoviek. V norme ČSN 46 5736 sa udáva maximálna hodnota 30. Ak je pomer príliš vysoký, alebo nízky, degradačný proces sa spomalí (Senapathi & Dash 1984). Mikroorganizmy potrebujú uhlík na rast a dusík na proteosyntézu. Ak je organický materiál chudobný na dusík a pomer C:N je vysoký, aktivita mikroorganizmov v substráte klesá (Edwards & Lofty 1972).

3.1.5.2 Biotické faktory

Hustota dážďoviek

Ndegwa a kolektív (2000) uvádzajú optimálnu hustotu – 1,6 kg dážďoviek/m². Ak je hustota populácie príliš vysoká, spomalí sa rast a klesá tvorba biomasy (Dominguez & Edwards 1997). Je dôležité udržiavať hustotu v optime, aby bol zabezpečený maximálny rast populácie a reprodukcie v čo najkratšom čase (Garg & Yadav 2011).

Mikroorganizmy

Skladba mikroorganizmov závisí od komponentov, ktoré prechádzajú procesom vermikompostovania. Počas tohto procesu je materiál stabilizovaný kvôli mutualistickému vzťahu medzi dážďovkami a mikroorganizmami (Edwards & Fletcher 1988). Bolo dokázané, že mikrobiálna populácia prítomná vo výlučkoch dážďoviek je oveľa vyššia ako v okolitom substráte (Lachnicht & Hendrix 2001).

Dážďovky podnecujú mikrobiálnu aktivitu a následne aj degradáciu organického materiálu (Ansari & Ismail 2012). Mikroorganizmy, nielen že mineralizujú komplexné zlúčeniny na formy, ktoré sú prijateľné pre rastliny, ale aj syntetizujú biologicky aktívne substancie (Garg & Yadav 2011). Niektoré mikroorganizmy sú strávené dážďovkami, no iné

sa zas neustále množia (Fisher et al. 1995). Druh aj množstvo mikroorganizmov sa počas procesu mení. Vo vermikomposte sa nachádzajú tieto základné skupiny mikroorganizmov: baktérie, aktinomycéty a plesne.

Baktérie sú najaktívnejšie na začiatku procesu, kedy rýchlo rozkladajú organickú hmotu a stabilizujú ľahko rozložiteľné živiny. Aktinomycéty svojou stavbou a schopnosťami tvoria prechod medzi baktériami a plesňami. Sú schopné rozkladať zložitejšie živiny, ako napríklad celulózu a lignín (Epstein 2000).

3.1.6 Substrát

3.1.6.1 Typy podstielky

Podstielka vo vermikompostovacom systéme zadržiava vlhkosť, ponúka dážďovkám úkryt a taktiež je to miesto, do ktorého je pridávaný odpad. Zvolený materiál by mal obsahovať vysoký podiel uhlíku. Najvhodnejší je navlhčený a pokrčený materiál, ktorý umožňuje dážďovkám dýchať a pohybovať sa. Je možné použiť široké spektrum podstielok: kartón, kokosové vlákno, noviny, papier, piliny, seno, rašelinu, suché listy a ďalšie (Munroe 2007). Nemali by sa používať výkaly ľudí a domácich zvierat z dôvodu rizika prenosu chorôb. Nevhodný je lesklý papier z časopisov a letákov, pretože môže obsahovať toxíny, ktoré by narušili systém. Kartóny, ktoré sú povoskované alebo obsahujú plast by taktiež nemali byť použité (Kothari & Tyagi 2012).

3.1.6.2 Prikrmovanie

Dážďovky a ostatné organizmy vo vermikomposte preferujú určitý pomer uhlíku a dusíku. Niektoré typy odpadov majú tento pomer vyšší a niektoré naopak nižší (tab. č.1), preto je vhodné odpady miešať, aby vznikol ideálny pomer C:N – 30:1. Hnedá organická hmota, ako je napríklad papier, má vyšší podiel uhlíku. Zelená hmota, ako je kuchynský odpad, má viac dusíku, čo je spojené s množstvom bielkovín v odpade. Ak odpad pozostáva hlavne zo zvyškov zeleniny a ovocia, a zároveň neobsahuje odpad živočíšneho pôvodu, alebo zeleniny bohatej na bielkoviny, výsledný vermikompost bude mať nízky obsah dusíku (Manaf et al. 2009). Mäso, ryby a mliečne výrobky nie sú vhodné na vermikompostovanie. Dážďovky ich nevedia spracovať a okrem toho začnú hniť skôr, ako sa k nim dostanú, čím prilákajú muchy a potkany. Citrusy, cibuľa a potraviny s vysokým obsahom škrobu, by sa mali pridávať len v malom množstve (Pears 2011).

Tab. č.1: Hodnoty pomeru C:N pi rôznych materiáloch

Materiál	C:N	Materiál	C:N
Kôra	120:1	Trus hydiny	10:1
Piliny	500:1	Močovka	2:1
Záhradný odpad	40:1	Hnojovica dobytky	10:1
Listy	50:1	Hnoj dobytky	25:1
Pokosená tráva	20:1	Slama (žito, ovos)	60:1
Seno	35:1	Slama (pšenica, jačmeň)	100:1

Zdroj: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/hnojiva/komposty.htm

3.1.7 Priebeh kompostovacích procesov

Vo všeobecnosti by sa dal kompostovací proces rozdeliť na dve hlavné fázy, a to biooxidačnú a zrejúcu (Bertoldi et al. 1983). Biooxidačná fáza prebieha v troch krokoch. Začína iniciálnou mezofilnou fázou, ktorá trvá 1-3 dni. Mezofilné baktérie a huby rozkladajú jednoduché komponenty, ako cukry a aminokyseliny. Nastáva prudké zvyšovanie teploty, pričom sa proces mení na termofilný a za účasti termofilných organizmov sú rozkladané tuky, celulóza a hemicelulóza. Počas tohto procesu je rozklad organickej hmoty maximálny, exotermické reakcie zabezpečujú deštrukciu patogénov. Ďalej proces zvolna spomaľuje, klesá teplota a pribúdajú mezofilné mikroorganizmy, ktoré rozkladajú zvyšné produkty (Keener et al. 2000). Organický materiál je počas biooxidačnej fázy rozkladaný na oxid uhličitý a amoniak pri spotrebe kyslíku. Až počas fázy zrenia nastáva stabilizácia a humifikácia materiálu (Gajalakshmi & Abbasi 2008). Doba zrenia kompostu je pre každú technológiu kompostovania rozdielna. K posudzovaniu stability kompostu sa využívajú nasledovné metódy :

- Orientačná skúška – posudzujú sa senzorické znaky ako farba, štruktúra a vôňa.
- Stanovenie biologickej stability kompostu – produkcia oxidu uhličitého, spotreba kyslíku.
- Mikrobiologické hodnotenie – množstvo indikátorových mikroorganizmov.
- Chemické a fyzikálne hodnotenie – stanovenie akostných znakov (Plíva et al. 2006).

Narozdiel od kompostovania, procesy vermikompostovania nepodliehajú žiadnym prudkým teplotným zmenám. Ide o mezofilný proces, mikroorganizmy a dážďovky sú aktívne pri teplote 10-32°C. Vermikompostovací proces prebieha rýchlejšie ako pri kompostovaní, pretože materiál prechádza tráviacim traktom dážďoviek, kde sa rozkladá (Adhikary 2012). Tento proces by sa taktiež dal rozdeliť na dve hlavné fázy: aktívnu a zrejúcu. Počas aktívnej fázy dážďovky vstrebávajú organickú hmotu a modifikujú jej fyzikálnu štruktúru (Lores et al. 2006). Po strávení organickej hmoty sa dážďovky presúvajú na miesta s vyšším množstvom potravy. Svojím pohybom prevzdušňujú substrát a rozdeľujú ho na menšie časti, čím podnecujú mikrobiálnu aktivitu. Nastáva fáza zrenia, do ktorej sa zapájajú mikroorganizmy, ktoré zabezpečujú biochemický rozklad hmoty vylúčenej dážďovkami (Aira et al. 2007; Gómez-Brandón et al. 2011). Dĺžka zrenia nie je daná, závisí na efektívnosti aktívnej fázy. Druh a hustota dážďoviek môže ovplyvniť dobu procesu (Domínguez et al. 2010).

3.1.8 Vermikompost

Produktom vermikompostovania je vermikompost, ktorý sa vyznačuje vysokým obsahom humusu, ktorý napomáha pôdnym časticiam formovať sa do komplexov. Pôda obohatená o humus je prevzdušnená a schopná zadržiavať väčšie množstvo vody (Ghabbour 1973). Humínové kyseliny prítomné v humuse poskytujú väzbové miesta pre rastlinné živiny, ako vápnik, železo, draslík a fosfor. Tieto prvky sa uvoľňujú podľa potreby vo forme prijateľnej pre rastliny (Canellas et al. 2002).

Podľa mnohých výskumov napomáha vermikompost v prevencii voči fytopatogénom, hubám a baktériám. Vysoká mikrobiálna aktivita vo vermikomposte slúži ako ochranná vrstva pre rastliny. Mikroorganizmy vyčerpajú zdroje živín patogénu a blokujú prístup ku koreňom obsadením všetkých dostupných väzieb (Coventry & Noble 2005).

Výlučky dážďoviek obsahujú veľké množstvo prijateľných živín pre rastliny (tab.č.2). Štúdie dokázali, že fosfor je po prechode tráviacim traktom dážďoviek premenený na prijateľnejšie formy. Fosfor je považovaný za limitujúci prvok, takže každý proces, ktorý podporí jeho zvýšenie je veľmi prínosný pre poľnohospodárstvo (Adhikary 2012). Z analýz chemických a biologických parametrov vermikompostu bolo dokázané, že obsahuje vyššie hodnoty makro a mikroelementov ako záhradný kompost. Vlhkosť vo vermikomposte sa pohybuje od 32 do 66 % a hodnota pH je približne 7 (Sharma et al. 2009).

Tab. č.2: Obsah živín vo vermikomposte a záhradnom komposte

Živina	Vermikompost (%)	Záhradný kompost (%)
Organický uhlík	9,8-13,4	12,2
Dusík	0,51-1,61	0,8
Fosfor	0,19-1,02	0,35
Draslík	0,15-0,73	0,48
Vápnik	1,18-7,61	2,27
Horčík	0,093-0,568	0,57
Sodík	0,058-0,158	<0,01
Zinok	0,0042-0,110	0,0012
Meď	0,0026-0,0048	0,0017
Železo	0,2050-1,3313	1,1690
Mangán	0,0105-0,2038	0,0414

Zdroj: (Adhikary 2012)

3.1.8.1 Enzýmy

Organické odpady sú z hľadiska chemickej štruktúry veľmi komplexné, a preto je pre ich kompletnú stabilizáciu potrebná enzymatická aktivita. Dážďovky vo svojom žalúdku a črevách produkujú enzýmy, ako celulóza, *b* glukozidáza, aminohydroláza, proteáza a ureáza (Schinner et al. 1996).

Predpokladá sa, že vermikompost má insekticídne účinky. Munroe (2007) uvádza, že vermikompost odpudzuje určité druhy hmyzu, za čo môže enzým chitináza, ktorý rozkláda chitín v hmyzom exoskelete. Enzýmy sú katalyzátormi dôležitých metabolických funkcií, podieľajú sa na dekompozícii a detoxikácii kontaminantov (Nannipieri & Bollag 1991).

3.1.8.2 Hormóny

Edwards a Lofty (1978) prevádzali pokusy na obilninách, ktoré boli umiestnené v sterilnej pôde a následne naočkované dážďovkami. Bol zaznamenaný výrazne vyšší rast koreňov v zóne aktivity dážďoviek (Tomati et al. 1995).

Sekréty dážďoviek obsahujú rastové hormóny – auxíny, cytokiníny a giberelíny. Tieto hormóny regulujú rast rastlín, zlepšujú klíčivosť a vývoj semien (Suhane 2007). Výskumy Bachmana a Metzera (2008) taktiež potvrdili schopnosť vermikompostu regulovať rast plodín. Testovali vplyv vermikompostovaného hnoja prasiat na rajčinách a mangolde. Zaznamenali zvýšenú hmotnosť výhonkov, koreňov a taktiež pozitívny vplyv na listovú plochu (Sharma et al. 2009).

3.1.8.3 Výluh z vermikompostu

Tekutina, ktorá je získaná z vermikompostu je považovaná za významné organické hnojivo (Nath & Singh 2016). Táto zmes sekrétu a hlienu obsahuje veľké množstvo enzýmov a živín pre rastliny (tab.č. 3). Ak je zhromažďovaná správne, malo by ísť o čistú a priehľadnú tekutinu svetložltej farby (Ismail 1997). Aplikuje sa najčastejšie vo forme foliárneho postreku po zriedení s vodou. Rastlinám je zaistená mimokoreňová výživa a súčasne sa zvýši ich odolnosť proti hubovým chorobám a škodcom (Ansari & Ismail 2012).

Tab. č. 3: Fyzikálno-chemická charakteristika tekutiny vermikompostu

Parameter	Koncentrácia (ppm)
Rozpustený kyslík	1,14
Chloridy	110,00
Alkalinita	70,00
Sulfáty	177,00
Anorganické fosfáty	50,9
Amónny dusík	< zaznamenanateľný limit
Draslík	69,00
Sodík	122,00
BOD	4,60
COD	97,00

Zdroj: (Purohit & Gehlot 2006)

3.1.9 Využitie vermikompostu

Vermikompost má široké využitie. Dá sa využiť ako záhradnícky substrát, alebo mulč (Adhikary 2012). Aplikovaný môže byť ako hnojivo na poľnohospodárske a okrasné plodiny, ale aj zeleninu a ovocie.

Aplikácia:

- Poľné plodiny – 2-3 t/ ha⁻¹ vermikompostu premiešaného so semenami počas siatia, alebo počas hnojenia, keď sú rastliny 12-15 cm vysoké.
- Ovocné stromy – 5-10 kg vermikompostu, v závislosti od veku stromu.
- Zelenina – 1 t/ ha⁻¹ vermikompostu je aplikovaná na záhon pri výsadbe.
- Kvetiny – 750-1000kg/ ha⁻¹ (Nagavallemma et al. 2004).

3.1.10 Technické požiadavky na vermikompost

Aby mohol byť vermikompost uvádzaný do obehu a používaný, musí spĺňať určité technické požiadavky. V technickej norme ČSN 46 5736 o vermikompostoch sú uvedené kvalitatívne znaky vermikompostu, obsah živín (tab. č.4) a najvyššie prípustné množstvo rizikových prvkov.

Tab.č. 4: kvalitatívne znaky a obsah živín vo vermikomposte

Znak akosti	Hodnota
Vlhkosť v %	50 až 70
Spáliteľné látky vo vysušenej vzorke v %	min. 35,0
Celkový dusík ako N prepočítaný na vysušenú vzorku v %	min. 1,0
Pomer C:N	max. 30
Hodnota pH	Od 6,0 do 9,0
Nerozložiteľné prímеси v %	max. 2,0
Celkový P ₂ O ₅ v sušine v %	min. 0,6
Celkový K ₂ O v sušine v %	min. 1,0

Zdroj: Norma ČSN 46 5736

3.2 Konský hnoj

Podľa definície je hnoj zmes moču, výkalov a podstielky. Môže obsahovať zvyšky krmiva, vody, pôdy, a iných nečistôt, v závislosti na manažmente chovu a technike ustajnenia (He et al. 2012). Typický kôň vážiaci 450 kg vyprodukuje denne približne 17 kg hnoja a 9 kg moču. Ustajnené kone produkujú navyše okolo 10 kg znečistenej podstielky (Wartell et al. 2012). Už od vzniku poľnohospodárstva v neolite bol hnoj súčasťou rastlinnej produkcie. Pred príchodom synteticky vyrábaných hnojív to bol najväčší zdroj živín pre rastliny (Bogaard et al. 2013). Avšak v súčasnosti sú otázkou environmentálne riziká, ktoré súvisia s produkciou a likvidáciou hnoja (Tilman et al. 2002).

Produkciou hnoja vznikajú emisie metánu a oxidov dusíka, ktoré sa podieľajú na zvyšovaní globálnej klimatickej zmeny (Leytem et al. 2011). Aplikácia nevyzretého hnoja do pôdy a jeho následná degradácia vedie k tvorbe zvýšeného množstva oxidu uhličitého, ktorý môže ovplyvniť procesy v pôde. Amoniak, ktorý sa uvoľňuje z hnoja môže ovplyvniť vzduch, pôdu a kvalitu vody (Jongbloed & Lenis 1998).

Amoniak je zdrojom dusíka pre rastliny a mikroorganizmy, ale je taktiež klasifikovaný ako nebezpečná substancia podľa EPA – Agentúry pre ochranu životného prostredia (USEPA 2006). Výskumy ukázali, že hospodárske zvieratá produkujú 64-86% celkového množstva emisií amoniaku (USEPA 2008).

Hnoj je heterogénna zmes, ktorá pozostáva z čerstvo vylúčeného materiálu, ale aj staršieho, ktorý sa rozkladá a mení svoj charakter. Zložky dusíka v hnoji sú prítomné v organickej forme. Aminokyseliny a aminosacharidy v hnoji musia prejsť procesom mineralizácie na anorganické formy dusíku, aby ich mohli rastliny a mikroorganizmy prijať (He & Olk 2011). Dusík sa mineralizuje a jeho anorganické formy sa imobilizujú do mikrobiálnej biomasy. Následne nastáva proces nitrifikácie a denitrifikácie (Honeycutt et al. 2011). Proces mineralizácie je ovplyvnený prevzdušnosťou, teplotou, prítomnosťou vody, pomerom C:N a kompozíciou hnoja (Watts & Torbert 2014).

Keďže hnoj obsahuje vysoké množstvo organickej hmoty, dusíku a iných živín dôležitých pre rastliny, dá sa považovať za jedno z najdôležitejších organických hnojív. Zloženie hnoja je uvedené v tabuľke č. 5 a 6.

Eck a Stewart (1995) uvádzajú, že hnoj obohacuje pôdu o humusotvorné látky, zlepšuje stabilitu pôdných agregátov, vlhové, vzdušné a tepelné vlastnosti pôdy. Vyznačuje sa vysokým obsahom mikroorganizmov, ktoré rozkladajú organické látky v pôde a sprístupňujú živiny pre rastliny.

Napriek tomu je táto heterogénna zmes organického odpadu považovaná za nestabilnú. Podstielka premiešaná s výkalmi ešte nie je kvalitným maštal'ným hnojom. Stáva sa ním až po prekonaní špecifických rozkladných procesov. Proces zrenia maštal'ného hnoja predstavuje chemicko-biologický proces, ktorý zahŕňa predovšetkým kvasenie, tlenie a hnitie, kedy sa jednotlivé zložky maštal'ného hnoja rozkladajú a premieňajú na látky iného kvalitatívneho zloženia (Pospišil 2017).

3.2.1 Zloženie hnoja

Podľa stupňa rozkladu môže byť hnoj rozdelený na čerstvý, polorozložený a rozložený. V čerstvom a slabo rozloženom hnoji si podstielka zachováva svoju pôvodnú formu a pevnosť. Podstielka v polorozloženom hnoji nadobúda tmavohnedú farbu, stráca pevnosť a ľahko sa trhá. V tomto štádiu hnoj stráca 15-20 % zo svojej pôvodnej hmotnosti. Rozložený hnoj už stratil 50% pôvodnej hmotnosti a podstielku je ťažké identifikovať. Ďalším štádiom je zemitá rovnorodá hmota – mrva, ktorá predstavuje 25 % pôvodnej hmotnosti hnoja (Fecenko 1990).

Stupeň rozkladu hnoja charakterizuje pomer uhlíku a dusíku. Typický konský hnoj má pomer C:N približne 10-18:1. Avšak podstielka ako slama a piliny tento pomer zvyšujú. V konských stajniach sa najčastejšie využívajú piliny, pri ktorých je C:N - 700:1. Hnoj spolu s podstielkou dosahuje pomer približne 50:1. Pre správne fungovanie mikroorganizmov by mal byť pomer uhlíku a dusíku 30:1 (Higgins et al. 2008). Pri nedostatku uhlíku majú mikroorganizmy nedostatok energie, čo znamená, že proces bude trvať dlhšie a môže dojsť k strate dusíku volatilizáciou (Van Faassen & Van Dijk 1987). Naopak vysoký podiel ľahko rozložiteľných látok v hnoji podporuje mikrobiálnu činnosť v pôde a vedie k imobilizácii dusíku (Honeycutt et al. 2011). Mnohé štúdie spomínajú okamžitú imobilizáciu dusíku po pridaní nevyzretého hnoja do pôdy (Sorenson & Jensen 1995; Morvan et al. 1997; Sorenson & Amato 2002). Taktiež nastáva uvoľnenie veľkého množstva živín, ako napríklad nitrátov, ktoré sú následne vyplavované, a môžu spôsobiť kontamináciu podzemných vôd (Vervoort et al. 1998).

Z hľadiska obsahu vody sa hnoj delí na horúci, kam patrí konský a ovčí hnoj, a na studený, ku ktorému patrí hnoj hovädzieho dobytku a ošípaných. Horúci hnoj má nižší obsah vody a rýchlejšie sa rozkladá. Preto sa v praxi konský hnoj pridáva do parenísk a teplých záhonov (Richter a Kubát 2003).

Tab. č. 5: Zloženie hnoja

Průměrné složení dobře ošetřovaného chlévského hnoje (v %):						
Druh chlévského hnoje nebo chlévské mrvy	Obsah organických látek	Obsah celkového dusíku	Obsah rozpustného dusíku	Obsah kyseliny fosforečné (P₂O₅)	Obsah draslíku (K₂O)	Obsah vápna (CaO)
Koňský	26	0,62	0,23	0,30	0,62	0,30
Ovčí	30	0,80	0,34	0,34	0,80	0,32
Prasečí	25	0,40	0,10	0,20	0,55	0,60
Čerstvá hovädzí mrva	20	0,40	0,01	0,25	0,55	0,44
Drůbeží (husy a kachny)	20	0,80	0,32	1,00	0,80	1,30

Zdroj: (Stehlík 1977)

Tab. č. 6: Zloženie vyzretého maštalného hnoja

Kvalita	Obsah organických látok a živín v %						
	Sušina	Organické látky	N	P	K	Ca	Mg
Výborná	26	20	0,58	0,14	0,60	0,43	0,06
Dobrá	24	18	0,56	0,13	0,58	0,37	0,05
Priemerná	22	17	0,48	0,10	0,51	0,37	0,05
Zlá	18	14	0,29	0,06	0,33	0,25	0,04

Zdroj: (Škarda 1982)

3.2.2 Skladovanie hnoja

Hospodárske hnojivá sú produkované v kontinuálnom procese, ale potreba hnojenia nastáva len v určitom časovom období. Preto je nevyhnutné zabezpečiť vhodné skladovacie priestory. Vyhláška č. 450/2005 Sb. (havarijná vyhláška) stanovuje nutnosť vypracovania havarijného plánu pri nakladaní so závadnými látkami, teda aj pri ukladaní hnoja na poľnohospodárskej pôde.

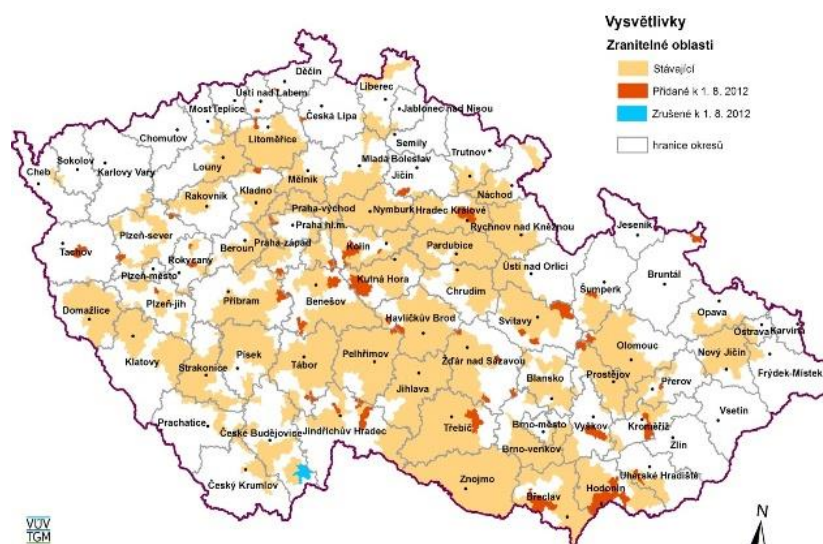
3.2.2.1 Dočasné uloženie hnoja na voľnej skládke

Dozrievanie hnoja na nespevnenom poľnom hnojisku je veľmi nerovnomerné. Pri dlhodobejšom skladovaní na poľných hnojiskách môže hnoj stratiť až 70 % organickej hmoty, 60 % dusíku, 20 % fosforu a 30 % draslíku. Hnoj je možné týmto spôsobom skladovať, iba ak nehrozí znečistenie povrchových alebo podzemných vôd. Vzdialenosť od vodného zdroja by mala byť minimálne 100 m a sklon svahu by nemal prekročiť 3°. Ak sa dlhodobo využíva len jedno miesto na skladovanie hnoja, vzniká bodová záťaž a kontaminácia pôdy. Taktiež sa týmto spôsobom ničí orníčná a podorníčná vrstva. Vo vyhlásených zraniteľných oblastiach (obr. č. 5) je možné voľne skladovať hnoj pri určitých obmedzeniach:

- Doba skladovania nesmie presiahnuť 9 mesiacov od prvej vyvážky hnoja.
- Množstvo vyvezeného hnoja a čas prvej navážky musia byť evidované.
- Na tom istom mieste je možné skladovať hnoj až po 4 rokoch, po prevedení kultivácie pôdy tohto pozemku.
- Skládka hnoja musí byť priebežne ošetrovaná a oboraná hlbokou brázdou (obr. č. 4) (Brestenský 2009).



Obr. č. 4: Zábrany odtoku hnojovky na voľnej skládke – zorané pruhy
Zdroj: (Svoboda a Wollnerová 2015)



Obr. č. 5: Vymedzenie zraniteľných oblastí podľa nariadenia vlády č. 262/2012 Sb.

Zdroj: <http://www.enviweb.cz/92632>

3.2.2.2 Skladovanie hnoja vo vybudovaných hnojiskách

Zariadenie na skladovanie hnoja musí odpovedať hygienickým, zooveterinárnym, stavebným a ekologickým kritériam. Hnojiská a manipulačné plochy pri hnojovisku musia byť nepriepustné a vybavené zásobníkmi na hnojovku. Najvýhodnejšie je umiestnenie farmového hnojiska pri maštali s priamym vyhrňovaním hnoja z pohybových priestorov maštale do hnojiska. Tieto zariadenia by sa nemali budovať v bezprostrednej blízkosti ochranných pásem vodárenských zdrojov, vodných tokov, odkrytých zdrojov podzemných vôd a na území s veľmi priepustným podložíom (Svoboda a Wollnerová 2015).

Počas skladovania vyteká z hnoja hnojovka, ktorá musí byť kanalizačným systémom odvedená do skladovacej nádrže s kapacitou na 3-4 mesačnú produkciu hnoja (Pospíšil 2017).

Celkovo sa počas dobrého skladovania hnoja po dobu 10 mesiacov stratí približne 40 % organických látok a to 25 % dusíku, 10 % fosforu a 15 % draslíku (Brestenský 2009).

Podľa vyhlášky č. 377/2013 Sb. o skladovaní a spôsobe používania hnojív by skladovacia kapacita zariadenia mala zodpovedať skutočnej produkcii hnoja v podniku. Mala by vystačiť minimálne na 6 mesiacov pri vyvážke hnoja dvakrát ročne a na 12 mesiacov pri vyvážke hnoja jedenkrát ročne. Táto doba sa nevzťahuje na hnoj uložený na poľnohospodárskej pôde pred jeho využitím (na pozemku, kde sa má hnojiť), pastevný spôsob chovu zvierat a ustajnenie na hlbokjej podstielke.

Ak nie sú dostupné údaje o produkcii hospodárskych hnojív, využívajú sa priemerné hodnoty produkcie hnoja uvedené v tabuľke č.7.

Tab. č. 7: Ustajnenie s produkciou hnoja, bez produkcie močovky

Druh a kategória zvierat'a	Hlboká podstielka		Pravidelné vyvážanie mrvy	
	stelivo	Hnoj	stelivo	hnoj
	kg/deň	t/rok	kg/deň	t/rok
Jalovice, býky	8,5	11,8	6,0	11,0
Dojené kravy	8,5	12,4	6,0	11,6
Výkrm prasiat	8,0	9,6	3,5	8,2
Ovce, kozy	7,0	7,8	5,5	7,4
Kone	6,0	7,2	3,0	6,3

Zdroj: Upravené podľa prílohy č. 1 k vyhláške č. 377/2013 Sb. o skladovaní a spôsobe používania hnojív

Požadované minimálne skladovacie kapacity pre priemernú produkciu hospodárskych hnojív sa udávajú v prepočte na dobytie jednotky (1 DJ = 500 kg živej hmotnosti). Pre poníky a malé plemená koní sa pre účely výpočtu používa koeficient prepočtu na dobytie jednotky v polovičnej hodnote. Pri výpočte sa ráta s objemovou hmotnosťou hnoja 0,85 t/m³. Približné potreby plochy skladu na uskladnenie hnoja sú uvedené v tabuľke č.8.

Tab. č. 8: Plocha skladu na uskladnenie hnoja

Druh a kategória zvierat'a	Plocha skladu na šesťmesačnú produkciu hnoja (m ²)	
	Hlboká podstielka	Pravidelné vyvážanie mrvy
Jalovice, býky	3,5	3,2
Dojené kravy	3,6	3,4
Výkrm prasiat	2,8	2,4
Ovce, kozy	2,3	2,2
Kone	2,1	1,9

Zdroj: Upravené podľa prílohy č. 1 k vyhláške č. 377/2013 Sb. o skladovaní a spôsobe používania hnojív

Množstvo a kvalita podstielky sú významné faktory, ktoré rozhodujú o kvalite maštalného hnoja. Dôležitou vlastnosťou podstielky je jej schopnosť viazať tekutiny a plyny, ktoré sú rozhodujúce pre činnosť mikroorganizmov.

Bežne sa používa slama ozimnej pšenice a raže. Takúto slamu je vhodné upraviť na rezanku, čím sa zlepši jej schopnosť viazať tekuté a plynné zložky. Hnoj je homogénnejší a jeho aplikácia na pôdu je jednoduchšia. Priemerná spotreba podstielky je 2,5 - 5 kg slamy na 1 DJ za deň. Pri hlbkej podstielke je to dvakrát viac (Pospíšil 2017).

3.2.3 Výroba hnoja

Podľa Pospíšila (2017) má spôsob výroby (tab. č. 9) a ošetrovanie maštalného hnoja najpodstatnejší vplyv na kvalitu vyrobeného hnoja.

Výroba hnoja za studena spočíva v urovnaní mrvy a jej okamžitom utlačení. Hnoj sa ukladá do pevných blokov, v ktorých je udržiavaná optimálna teplota 15-35°C a dostatočná vlhkosť. Bloky sa navrstvujú do výšky 2-3 metrov a pre obmedzenie strát živín sa na povrch pridáva hrubá vrstva zeminy. Prístup vzduchu do takto utlačeného hnoja je obmedzený a organické látky sa rozkladajú pomalšie. Za studena môže byť maštalný hnoj vyrábaný v stajni na hlbkej podstielke, na vybudovanom hnojisku alebo na poľnej skládke (Hlušek 2002).

Výroba maštalného hnoja za tepla vyžaduje zvýšenú starostlivosť a kontrolu uskladnenej hmoty. Hnoj sa taktiež ukladá do blokov, ale ponecháva sa bez utlačania. V čerstvo uloženej hmote je dostatok vzduchu a v priebehu 3-6 dní sa zahreje na 55-60°C. Aeróbne baktérie v takto prevzdušnenej hmote rozkladajú organické látky až na vodu a oxid uhličitý a preto sa musí hnoj utlačiť, hneď ako dosiahne teplota túto hodnotu. Nevýhodou výroby hnoja za tepla je značná strata organickej hmoty v začiatkových fázach rozkladu (Kováčik a Takáč 2010).

Tab. č.9: Vplyv technológie uskladnenia hnoja na straty dusíku a organických látok

Technologie uskladnění	Ztráty (%)	
	N	Organické látky
Za horka (aerobně)	31,4	32,6
Kombinovaný způsob (regulované aerobní podmínky)	21,6	24,6
Za studena (anaerobně)	7,7	9,2

Zdroj: (Škarda 1982)

3.2.4 Ošetrovanie a spracovanie hnoja

Pri výrobe hnoja je cieľom získať čo najviac organickej hmoty s vysokým obsahom dusíka. Najväčšia intenzita rozkladu organických látok prebieha za prístupu vzduchu. Z hľadiska obmedzenia strát živín, hlavne dusíka, je preto dôležité obmedziť prístup vzduchu a celkový styk hnoja s prostredím. Vytlačenie vzduchu sa dá v praxi dosiahnuť vrstvením hnoja do výšky, a to najmenej 1,5 m. Pri dobrej starostlivosti o hnoj by straty skladovaného hnoja počas zrenia nemali prekročiť 30 %. Nahrňovanie a vrstvenie hnoja do blokov alebo figúr „krechtovitého“ tvaru znižuje vplyv poveternostných podmienok a straty živín. Počas skladovania hnoja je taktiež dôležité kontrolovať zábrany odtoku hnojovky a v prípade potreby ich obnovovať (Svoboda a Wollnerová 2015).

Aplikácia hnoja by sa mala prevádzať vo vhodnom ročnom období, ideálne na jar alebo na jeseň, v lete len k plodinám intenzívne odčerpávajúcim dusík. Zasadou je presné stanovenie vhodného množstva a zaistenie rovnomernej aplikácie po pozemku. Dávky hnoja je nutné pred siatím ihneď zapraviť do pôdy. Interval medzi hnojením a siatím by mal byť čo najmenší, vzhľadom k obmedzeniu strát živín (Fecenko 1990).

Parent & Ilnicki (2002) uvádzajú, že zníženie strát dusíka vo forme amoniaku je možné dosiahnuť pridaním látok s veľkým vnútorným povrchom, ktoré sú schopné amoniak sorbovať. Najčastejšie sa používajú kamenné múčky, ktoré okrem pútania dusíka dopĺňajú výživu mikroelementami.

3.2.5 Kompostovanie hnoja

Kováčik a Takáč (2010) tvrdia, že kompostovanie maštalného hnoja je najvhodnejší spôsob uskladnenia a zušľachtenia hnoja.

Proces spočíva v premiešaní hnoja so zeminou ešte pred založením základky kompostu. Miešanie hnoja so zeminou sa môže vykonávať v rôznych pomeroch, no ako najvhodnejší sa udáva pomer 8-10:1. Takto pripravená zmes sa ukladá na spevnené hnojisko do blokov vysokých maximálne 1,7 m. Základka kompostu sa neutláča. Po dosiahnutí teploty 50-60°C sa kompost prevrství a prekope. V procese výroby je možné pridávať rašelinu, lignit, zeolity a iné materiály organického a anorganického pôvodu, ako napríklad mletý vápenec (Augustin & Rahman 2016).

Kompostovaný hnoj má nielen vysoký hnojivý účinok, ale aj dobré melioračné účinky. Straty živín a organických látok sú minimálne. Takto upravený hnoj je možné použiť počas celého roka bez potreby zaorania (Kováčik a Takáč 2010).

3.2.6 Využitie konského hnoja

Produkcia konského hnoja je v Česku a na Slovensku relatívne nízka v porovnaní s produkciou hnoja iných hospodárskych zvierat. Preto je táto surovina využívaná v obmedzenom množstve aj napriek svojej vysokej hodnote. V rastlinnej výrobe veľkoplošne pestovaných plodín sa takmer nevyužíva. Konský hnoj je najčastejšie používaný ako hnojivo a súčasť záhradných substrátov v menších poľnohospodárskych podnikoch, ekologickom poľnohospodárstve a v záhradkárstvach. Taktiež je veľmi vhodný pre teplé pareniská, pestovanie konzumných húb a špeciálnych rastlín, napríklad citrusov. Naopak nie je vhodný na prihnojovanie trávnikov a neodporúča sa ani na nastielanie hriadok zeleniny, jahôd či záhonov okrasných rastlín (Bedrna 2010).

4 Materiál a metodika

Vermikompostovací pokus s konským hnojom bol založený v prevádzkových podmienkach kompostárne Kyjov (N 49°1.61737', E 17°7.32838'). Presná poloha Kyjova (Juhomoravský kraj, Česká republika) je znázornená na mape (obr. č. 6).



Obr. č. 6: Zobrazenie mesta Kyjov na mape ČR

Zdroj: [https://sk.wikipedia.org/wiki/Kyjov_\(okres_Hodon%C3%ADn\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Kyjov_(okres_Hodon%C3%ADn))

Základné agrochemické vlastnosti použitého materiálu, konského hnoja, sú uvedené v tabuľke č. 10.

Tab. č. 10: Agrochemické vlastnosti konského hnoja

Vlhkosť (%)	pH	Spáliteľné látky (%)	Pomer C:N
53,31 ± 4,96	7,94 ± 0,14	91,10 ± 0,14	29,75 ± 1,55

Hodnoty vyjadrujú priemery doplnené smerodajnou odchýlkou (n=3).

4.1 Metodika

Hromada s dážďovkami bola umiestnená na betónovom podlaží s rozlohou 4 x1,5 m v zastrešenej, ale otvorenej budove. Pokus bol teda ovplyvnený vonkajšou teplotou, ale nie zrážkami. Vermikompost bol umelo zavlažovaný, aby bola udržiavaná optimálna vlhkosť.

Podstielka pozostávala z vyzretého konského hnoja, do ktorého boli pridané dážďovky z rodu *Eisenia andrei*. Táto vrstva, bola umiestnená ako prvá. Postupne sa každý týždeň pridávala 5 cm vrstva hnoja.

Pokus trval jeden rok. Po ukončení pokusu sa odoberali vždy 3 vzorky z každej vrstvy, a to aj z pôvodnej suroviny – konského hnoja. Vzorky boli odobrané v rôznych hĺbkach naprieč celým profilom vermikompostovacej hromady. Výška odobraných vrstiev dosahovala 65 cm. Rozloženie jednotlivých vrstiev je uvedené v tabuľke č. 11.

Tab. č.11: Rozloženie pokusu

Vrstva	Šírka vrstvy	Vek vrstvy
V.	0-13 cm	2 týždne
IV.	13-26 cm	3 mesiace
III.	26-39 cm	6 mesiacov
II.	39-52 cm	9 mesiacov
I.	52-65 cm	12 mesiacov

Dážďovky boli zrátané a vážené. Vzorka vermikompostu bez dážďoviek sa ďalej upravila podľa potrieb laboratórnej analýzy. Zistené hmotnosti a súčty slúžili k stanoveniu biomasy dážďoviek.

Prvá časť z odobratej vzorky bola uchovávaná v chladničke pri teplote 4°C a použitá pre stanovenie pH a mernej vodivosti (EC). Druhá časť bola zvážená a vysušená v sušiarňi pri teplote 35°C do konštantnej hmotnosti pre výpočet sušiny materiálu. Vysušený materiál bol namletý na drobno a následne bol použitý na analýzy celkového a dostupného obsahu prvkov.

V tejto bakalárskej práci boli hodnotené vybrané parametre vermikompostovaného konského hnoja (vlhkosť, spáliteľné látky, celkový obsah dusíku, pomer C:N, hodnota pH, celkový obsah P, celkový obsah K). Následne boli tieto parametre porovnávané s normou ČSN 46 5736.

4.2 Agrochemické analýzy a biologické rozbor

4.2.1 Stanovenie pH a mernej vodivosti

Do plastových trepacích baniek bolo navážených 5 g suchej rozomletej vzorky, ku ktorej bolo pridaných 50 ml demineralizovanej vody. Suspenzia sa 10 minút trepala a následne bolo zmerané pH. Ďalej sa vzorka sfiltrovala a vo filtráte bola zmeraná merná vodivosť konduktometrom Testo 240 podľa mezinárodnej normy EN 13037.

4.2.2 Stanovenie spáliteľných látok

Percento spáliteľných látok bolo stanovené pomocou suchého spalného adiabatického kalorimetra LAGET 10 A (LAGET, Germany) na základe normy ČSN ISO 1928.

4.2.3 Stanovenie celkového obsahu dusíku a uhlíku

Pre stanovenie celkového obsahu dusíku a uhlíku bol použitý CHNS analyzátor Vario MACRO CUBE (Elementar Analysensysteme, GmbH, Germany). V tomto prístroji bolo spálených 25 mg vzorky v katalytickej peci a následne pomocou tepelne vodivostného detektoru zmeraný celkový dusík.

4.2.4 Stanovenie pomeru C:N

Pomer C:N bol stanovený z výsledkov merania celkového obsahu dusíku a celkového obsahu uhlíku.

4.2.5 Stanovenie celkového obsahu prvkov (P,K)

Celkový obsah fosforu a draslíku bol stanovený na princípe hydrolýzy v uzavretom systéme s kontrolovaným mikrovlnným ohrevom. Bol použitý prístroj Ethos 1 (MLS GmbH, Germany). Do teflónových nádob bolo naváženého 0,5 g suchej rozomletej vzorky a do každej vzorky bolo pipetovaných 8 ml HNO_3 (65%) a 2 ml H_2O_2 (30%). Vzorky boli podrobené mikrovlnnému rozkladu. Obsah kadičiek bol pomocou malého množstva demineralizovanej vody prevedený do teflónových kadičiek, kde sa nechal odpariť. Celý obsah sa preliat do skúmaviek a doplnil demineralizovanou vodou na objem 20 ml.

Hotové vzorky sa merali pomocou optického emisného spektrometra s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES, VARIAN VistaPro, Varian, Australia).

4.3 Metódy vyhodnotenia výsledkov

Štatistické analýzy boli spracované pomocou softvéru STATISTICA 12 (StatSoft, Tulsa, USA). Vzhľadom k nehomogenite dát bola použitá neparametrická štatistická analýza porovnávania viacerých nezávislých skupín Kruskal-Wallisovým testom. Pre výpočet priemerov a smerodajných odchýliek bol použitý program MS Excel 2016 (Microsoft, USA).

5 Výsledky

5.1 Základné agrochemické vlastnosti vermikompostu

Medzi základné parametre, ktoré hodnotí technická norma ČSN 465736 o vermikompostoch patrí: vlhkosť, pH, spáliteľné látky, pomer C:N, celkový obsah dusíku, fosforu a draslíku.

5.1.1 Vlhkosť a hodnota pH

Najvyššia vlhkosť bola zaznamenaná vo vrstve č. I (71,58 %). Táto vrstva bola umiestnená najnižšie a pretekala do nej voda z vrchných vrstiev. Najnižšia vlhkosť bola vo vrstve č. V (66,31 %). Priemerná vlhkosť v celom profile vermikompostu činila 68,87 %.

Počas procesu vermikompostovania sa hodnota pH mierne zvyšovala. Dosahovala alkalické hodnoty v rozmedzí od 7,7 do 8,77. Štatisticky významné rozdiely boli zaznamenané v I. a V. vrstve. Najnižšia hodnota pH bola nameraná v V. vrstve (7,7) a najvyššia hodnota v najstaršej vrstve (8,77). Hodnoty vlhkosti a pH sú uvedené v tab. č. 12.

Tab. č. 12: Základné parametre vermikompostu.

Vrstva	Vlhkosť	pH
V.	66,31 ± 0,38 ^b	7,75 ± 0,04 ^b
IV.	68,92 ± 0,39 ^{ab}	7,83 ± 0,03 ^{ab}
III.	67,46 ± 0,71 ^{ab}	7,98 ± 0,03 ^{ab}
II.	70,09 ± 0,72 ^{ab}	8,18 ± 0,06 ^{ab}
I.	71,58 ± 0,28 ^a	8,74 ± 0,04 ^a

Hodnoty vyjadrujú priemery doplnené smerodajnou odchýlkou. Písmená poukazujú na významné rozdiely vo vrstvách určené Kruskal-Wallisovým testom ($P \leq 0,05$).

5.1.2 Pomer C:N, celkový obsah dusíku a spáliteľné látky

Najvyšší pomer uhlíku a dusíku dosahoval hodnotu 14,58 a bol zaznamenaný v IV. vrstve. Štatisticky významné rozdiely boli zaznamenané medzi III. a V. vrstvou. Vo vrstve č. III bola priemerná hodnota 11,99 a priemerná hodnota V. vrstvy bola 14,28. Medzi vrstvou č. I, II a IV neboli zaznamenané významné štatistické rozdiely.

Najvyšší obsah celkového dusíku bol nameraný v III. vrstve (1,87 %). Vo vrstve č. V, najmladšej vrstve, bol nameraný najnižší obsah celkového dusíku (1,37 %). Vrstvy nevykazovali štatisticky významné rozdiely.

Obsah spáliteľných látok rástol s vekom vrstiev. Najvyšší obsah bol stanovený v najstaršej vrstve a dosahoval hodnotu 57,12 %. Najnižší obsah činil 45,54 % a bol stanovený v najmladšej vrstve starej 14 dní. Pomer C:N, celkového obsah N a spáliteľné látky sú uvedené v tabuľke č. 13.

Tab. č. 13: Základné parametre vermikompostu.

Vrstva	Pomer C:N	Celkový obsah N (%)	Spáliteľné látky (%)
V.	14,28 ± 0,31 ^b	1,40 ± 0,05 ^a	46,63 ± 1,41 ^b
IV.	12,44 ± 0,51 ^{ab}	1,71 ± 0,12 ^a	49,67 ± 0,29 ^{ab}
III.	11,99 ± 0,20 ^a	1,82 ± 0,07 ^a	51,52 ± 2,41 ^{ab}
II.	12,72 ± 0,19 ^{ab}	1,78 ± 0,04 ^a	52,57 ± 1,02 ^{ab}
I.	13,39 ± 0,19 ^{ab}	1,78 ± 0,03 ^a	56,40 ± 0,71 ^a

Hodnoty vyjadrujú priemery doplnené smerodajnou odchýlkou. Písmená poukazujú na významné rozdiely vo vrstvách určené Kruskal-Wallisovým testom ($P \leq 0,05$).

5.1.3 Obsah celkového fosforu a draslíku

Najvyšší obsah celkového fosforu bol nameraný v IV. vrstve (0,49 %). Táto vrstva sa štatisticky významne líšila od V. vrstvy, kde bolo stanovených 0,34 % fosforu. Priemerný obsah celkového fosforu vo vrstvách vermikompostu bol 0,41 %.

Najvyšší obsah celkového draslíku bol nameraný v II. vrstve (1,76 %). Vrstva č. V sa od vrstvy č. II štatisticky významne odlišovala. Bol v nej nameraný najnižší obsah celkového draslíku (1,10 %). Priemerný obsah celkového draslíku vo vrstvách vermikompostu bol 1,54 %. Celkový obsah dusíku a fosforu je uvedený v tabuľke č. 14.

Tab. č. 14: Základné parametre vermikompostu.

Vrstva	Celkový obsah K (%)	Celkový obsah P (%)
V.	1,10 ± 0,04 ^b	0,36 ± 0,006 ^b
IV.	1,46 ± 0,03 ^{ab}	0,47 ± 0,02 ^a
III.	1,69 ± 0,01 ^{ab}	0,42 ± 0,05 ^{ab}
II.	1,75 ± 0,03 ^a	0,38 ± 0,10 ^{ab}
I.	1,72 ± 0,02 ^{ab}	0,40 ± 0,02 ^{ab}

Hodnoty vyjadrujú priemery doplnené smerodajnou odchýlkou. Písmená poukazujú na významné rozdiely vo vrstvách určené Kruskal-Wallisovým testom ($P \leq 0,05$).

5.2 Biologické charakteristiky vermikompostu

Najviac dážďoviek sa nachádzalo v najmladšej V. vrstve. Počet dážďoviek v tejto vrstve bol 4758 a tvoril 73,3% podiel z celkového počtu. V najstaršej vrstve vermikompostu bolo 10 dážďoviek, ktoré tvorili 0,15% podiel z celkového počtu.

Ďalšou biologickou charakteristikou hodnoteného vermikompostu bola biomasa dážďoviek. Najvyššia biomasa bola stanovená v najmladšej vrstve vermikompostu (470,41 g/kg). Najnižšia biomasa dážďoviek bola v najstaršej vrstve (0,22 g/kg). Biomasa dážďoviek v V. vrstve tvorila 73,87% podiel z celkovej váhy 636,77 g/kg. Počet dážďoviek a biomasa sú uvedené v tabuľke č. 15.

Tab. č. 15: Základné biologické charakteristiky vermikompostu.

Vrstva	Počet dážďoviek	Biomasa dážďoviek (g/kg)
V.	$1586 \pm 140,71^b$	$156,80 \pm 20,66^b$
IV.	$508 \pm 406,40^{ab}$	$52,20 \pm 34,76^{ab}$
III.	$38 \pm 6,80^{ab}$	$2,14 \pm 0,81^{ab}$
II.	$28 \pm 7,42^{ab}$	$1,04 \pm 0,08^{ab}$
I.	$3 \pm 2,39^a$	$0,07 \pm 0,06^a$

Hodnoty vyjadrujú priemery doplnené smerodajnou odchýlkou. Písmená poukazujú na významné rozdiely vo vrstvách určené Kruskal-Wallisovým testom ($P \leq 0,05$).

6 Diskusia

Vlhkosť sa s vekom vrstiev postupne znižovala. Najvyššia hodnota 71,58 % bola nameraná v najnižšej vrstve. Táto zvýšená hodnota mohla byť spôsobená zadržiavaním vody, ktorá stekala z vyšších vrstiev. Najnižšia vlhkosť 66,63 % bola v najstaršej a zároveň najvyššej vrstve. Norma ČSN 465736 udáva optimálnu hodnotu 50-70 %. Priemerná vlhkosť vo všetkých vrstvách vermikompostu bola 68,87 %, čo zodpovedá hodnotám normy. Niektorí autori uvádzajú optimálnu vlhkosť až 90 %. Podľa Edwardsa (1988) pri vlhkosti 80-90 % dážďovky v živočíšnom organickom odpade rapídne rastú.

Hodnota pH sa behom vermikompostovania mierne zvyšovala. Udržovala sa v alkalických hodnotách v rozmedzí od 7,7 do 8,77. To potvrdzuje tvrdenie Kaushika a Garga (2004), ktorí uvádzajú, že v začiatkovej fáze procesu je hodnota pH nižšia a s vývojom oxidu uhličitého, a stabilizáciou mastných kyselín sa zvyšuje. Taktiež Domínguez et al. (2014) uvádzajú, že na konci vermikompostovania je pH najvyššie. V norme ČSN 465736 je uvedená hodnota pH od 6,0 do 9,0. Toto rozmedzie bolo počas procesu dodržané.

Norma ČSN 465736 udáva maximálny pomer C:N – 30. Podľa Zajonca (1992) by sa mal pomer vermikompostu pohybovať v rozmedzí 15 – 25 : 1. Tento pomer nedosiahla ani jedna z vrstiev. Najvyšší pomer C:N bol zaznamenaný v IV. vrstve a dosahoval hodnotu 14,58. Pomer uhlíku a dusíku počas procesu vermikompostovania kolísal. Na začiatku procesu mal pomer uhlíku a dusíku podobného hodnoty ako na konci procesu, čo mohlo spôsobiť spomalenie degradačného procesu.

Obsah dusíku v kompostovanom materiáli je jedným z kľúčových parametrov. Názory na jeho obsah sa líšia, v závislosti od toho či ide o parametre substrátu, ktorý je predkompostovaný, alebo ide o „čerstvý“ substrát. Fen et al. (2008) uvádzajú obsah 0,5 % N ako dolnú limitnú hodnotu. Priemerný obsah celkového dusíku vo vrstvách vermikompostu bol 1,7 %. Všetky vrstvy svojimi hodnotami prevyšovali minimálny obsah stanovený normou ČSN 465736 (1,0 %).

Obsah spáliteľných látok rástol s vekom vrstiev. Najvyšší obsah (57,12 %) bol nameraný v najstaršej vrstve a najnižší (45,54 %) v najmladšej vrstve. Vo všetkých vrstvách bol zaznamenaný vyšší obsah ako udáva norma ČSN 465736 (min. 35 %). Vyšší obsah uhlíku a spáliteľných látok v starších vrstvách vermikompostu mohol byť spôsobený vylúhovaním organických látok, nakoľko v spodnej vrstve betónovej vane nedochádzalo k odparovaniu a úniku oxidu uhličitého.

V mladších vrstvách vermikompostu bolo veľké množstvo dážďoviek a aeróbných mikroorganizmov, ktoré mohli svojim dýchaním spôsobiť únik oxidu uhličitého, a s tým spojený nízky obsah spáliteľných látok a uhlíku.

Celkový obsah živín vo vermikomposte je závislý na počiatočnom obsahu živín použitého materiálu, stupni rozkladu organickej hmoty a na dĺžke spracovávania vermikompostu dážďovkami. V pokusoch Garga et. al (2006) sa pri vermikompostovaní poľnohospodárskeho odpadu po 100 dňovej inokulácii dážďovkami preukázateľne zvýšil obsah dusíku, fosforu a draslíku.

Obsah celkového fosforu a draslíku sa počas pokusu zvyšoval. V norme ČSN 465736 sú uvádzané obsahy celkového fosforu a draslíku v oxide fosforečnom a oxide draselnom. Najvyšší celkový obsah fosforu bol 0,50 % a po prepočítaní pomocou relatívnej molekulovej hmotnosti predstavoval 1,14 % . Najvyšší celkový obsah draslíku bol 1,76 % a po prepočítaní pomocou relatívnej molekulovej hmotnosti na oxid draselný predstavoval 2,12 %. Všetky priemerné hodnoty vrstiev vermikompostu prevyšujú parametre stanovené normou (min. 0,6 % P_2O_5 a min. 1 % K_2O). Vo vyhláške č. 474/2000 Sb. o požiadavkách na hnojivá je stanovený minimálny obsah celkového P_2O_5 v sušine 1 %. Tento obsah splnila len III. a IV. vrstva vermikompostu.

7 Záver

V bakalárskej práci bolo priblížené vermikompostovanie ako metóda spracovania biologicky rozložiteľného odpadu pomocou dážďoviek. Bol popísaný proces vermikompostovania, faktory ovplyvňujúce vermikompostovanie, a taktiež využitie hotového vermikompostu.

Bola objasnená problematika nakladania s konským hnojom. Skladovaním hnoja na voľných skládkach a vybudovaných hnojiskách dochádza k veľkým stratám živín. Ak sa na skladovanie dlhodobo využíva jedno miesto, vzniká bodová záťaž, kontaminácia pôdy a ničí sa orničná a podorničná vrstva.

Kvôli poklesu organickej hmoty a s tým spojenými negatívami, napríklad eróziou pôdy, je nevyhnutné v maximálnej miere využívať všetky možné druhy bioodpadov a vyrábať z nich čo najkvalitnejšie hnojivo.

Vermikompostovanie konského hnoja sa preukázalo ako efektívna metóda spracovania hnoja. Touto metódou vzniká produkt bohatý na živiny, s vysokým obsahom humusu, rastových hormónov a enzýmov. Hnoj je týmto spôsobom stabilizovaný a živiny, ktoré obsahoval môžu byť opäť začlenené do kolobehu.

V praktickej časti tejto bakalárskej práce boli analyzované jednotlivé vrstvy vermikompostovaného konského hnoja. Výsledné hodnoty vermikompostu spĺňali všetky parametre určené normou ČSN 46 5736 o vermikompostoch.

Výsledný produkt vermikompostovania konského hnoja je možné zaradiť podľa Prílohy č. 3 k vyhláške č. 474/2000 Sb. medzi typové organické hnojivá, čím odpadá zložitejší schvaľovací proces, ktorý je nutný pre netypové hnojivá. Požiadavky stanovené touto vyhláškou boli taktiež splnené, až na obsah celkového P_2O_5 , ktorý splnili len niektoré vrstvy vermikompostu.

8 Zoznam použitej literatúry

- Adhikary S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural sciences* **3**: 905-917.
- Aira M, Monroy F, Domínguez J. 2007. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology* **54**: 662-671.
- Ansari A, Ismail SA. 2012. Earthworms and vermiculture biotechnology. Available from: <https://www.intechopen.com/books/management-of-organic-waste/earthworms-and-vermiculture-biotechnology> (accessed March 2019).
- Appelhof M, Sherman R. 2011. Small-scale school and domestic vermicomposting systems. Pages 67-78 in: Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL, editors. *Vermiculture technology: Earthworms, organic waste and environmental management*. CRC Press, Boca Raton.
- Arancon NQ, Edwards CA, Peter B, Chad L. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* **49**: 297-306.
- Augustin C, Rahman S. 2016. Composting animal manures: A guide to the process and management of animal manure compost. Available from: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/composting-animal-manures-a-guide-to-the-process-and-management-of-animal-manure-compost> (accessed March 2019).
- Bachman GR, Metzger JD. 2007. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource technology* **99**:3155–3161.
- Bedrna, Z. 2010. *Starostlivosť o pôdu v záhrade*. Veda, Bratislava.
- Bogaard et al. 2013. Crop manuring and intensive land management by Europe's first farmers. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **110**: 12589–12594.
- Borkovcová M, Žáková M. 2015. *Biologie pro odpadové hospodářství*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Bouché MB. 1977. *Stratégies lombriciennes*. Pages 122–132 in Lohm U, Persson T, editors. *Soil organisms as components of ecosystems*. *The biological bulletin* **25**:122–132.

- Brestenský V. 2009. Produkcia a skladovanie hnoja. Výskumný ústav živočíšnej výroby v Nitre, Nitra. Available from: <<http://www.cvzv.sk/ziv/Brestensky4.pdf>>. (accessed March 2019).
- Canellas LP, Olivares FL, Okorokova AL, Facanha AR. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Journal of plant physiology* **130**:1951-1957.
- ČSN 46 5735. 1991. Průmyslové komposty. Česká agentura pro standardizaci, Praha.
- ČSN 46 5736. 2018. Vermikomposty. Česká agentura pro standardizaci, Praha.
- Darwin CR. 1881. Formation of vegetable mould through the action of worms with observation on their habits. John Murray, London.
- De Bertoldi M, Vallini G, Pera A. 1983. The biology of composting: A review. *Waste management & research* **1**:157–176.
- Domínguez J, Aira M, Gómez-Brandón M. 2010. Vermicomposting: Earthworms enhance the work of microbes. Pages 94-115 in: Insam H, editor. *Microbes at work*. Springer-Verlag, Berlin.
- Domínguez J, Edwards CA. 1997. Effect of stocking rates and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei* (Oligochaeta) in pig manure. *Soil biology and biochemistry* **29**:743–746.
- Domínguez J, Edwards CA. 2004. Vermicomposting organic wastes: a review. *Soil zoology for sustainable development in the 21st century*, Cairo.
- Domínguez J, Edwards CA. 2010. Relationships between composting and vermicomposting: Relative values of the products. Pages 11-25 in Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL, editors. *Vermiculture technology: Earthworms, organic waste and environmental management*. CRC Press, Boca Raton.
- Domínguez J, Martínez-Cordeiro H, Álvarez-Casas M, Lores M. 2014. Vermicomposting grape marc yields high quality organic biofertiliser and bioactive polyphenols. *Waste Management & Research*. **32**:1235-1240.
- Eck HV, Stewart BA. 1995. Manure. Pages 169-198 in Rechcigl JE, editor. *Soil amendments and environmental quality*. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL, 2011. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. CRC Press, Boca Raton.

- Edwards CA, Fletcher KE. 1988. Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. *Agriculture, ecosystems & environment* **24**: 235-247.
- Edwards CA, Lofty JR. 1972. *Biology of earthworms*. Chapman & Hall, London.
- Edwards CA, Lofty JR. 1978. The influence of arthropods and earthworms upon the root growth of cereals after five seasons of direct drilling. *Journal of applied ecology* **15**:789-795.
- Epstein E. 2000. *The Science of composting*. CRC Press, Boca Raton.
- Fecenko J. 1990. *Organické hnojivá*. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra.
- Fisher K, Hahn D, Amann RI, Daniel O, Zeyer J. 1995. *In situ* analysis of the bacterial community in the gut of the earthworm *Lumbricus terrestris* L. by whole-cell hybridization. *Canadian journal of microbiology* **41**:666-673.
- Gajalakshmi S, Abbasi SA. 2008. Solid waste management by composting: State of the art. *Critical reviews in environmental science and technology* **38**:311-400.
- Garg V, Kaushik P, Dilbaghi N. 2006. Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and environmental safety* **65**: 412–419.
- Ghabbour SI. 1973. Earthworm in agriculture: A modern evaluation. *Indian review of ecological and biological society* **111**: 259-271.
- Gómez-Brandón M, Lazcano C, Lores M, Domínguez J. 2011. Epigeic earthworms exert a bottleneck effect on microbial communities through gut associated processes. *PLoS One* **6**: 1-9.
- Hanč A, Plíva P. 2013. *Vermikompostování bioodpadů: Certifikovaná metodika*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- He Z, Honeycutt CW, Olanya OM, Larkin RP, Halloran JH, Frantz JM. 2012. Comparison of soil phosphorus status and organic matter composition in potato fields with different crop rotation systems. Pages: 61–79 in: He Z, Larkin RP, Honeycutt CW, editors. *Sustainable potato production: Global case studies*. Springer, Amsterdam.
- He Z, Olk DC. 2011. Manure amino compounds and their bioavailability. Pages 179–199 in: He Z, editor. *Environmental chemistry of animal manure*. Nova Science Publishers, New York.
- Higgins S, Workman S, Gallagher NV, Stamper DJ, Coleman R. 2008. *Composting horse muck*. University of Kentucky, Kentucky.

- Hlušek J. 2002. Statková hnojiva. Available from: http://old.mendelu.cz/~agro/af/multitexty/html/hnojiva/hnojiva_statkova.htm (accessed March 2019).
- Honeycutt CW, Hunt JF, Griffin TS, He Z, Larkin RP. 2011. Determinants and processes of manure nitrogen availability. Pages 201–224 in: He Z, editor. Environmental chemistry of animal manure. Nova Science Publishers, New York.
- Ismail A. 1997. Vermicology: the biology of earthworms. Orient Longman, Chennai.
- Jairajpuri MS. 1993. Earthworms and vermiculture: an introduction. Pages 1-5 in: Zoological survey of India editor. Earthworm resources and vermiculture. Zoological survey of India, Kolkata.
- Jongbloed AW, Lenis NP. 1998. Environmental concerns about animal manure. Journal of animal science **76**: 2641–2648.
- Kale RD. 1998. Earthworms: nature's gift for utilization of organic wastes. Pages 355-373 in Edwards CA. Earthworm ecology. St. Lucile press, New York.
- Kalina M. 2004. Kompostování a péče o půdu. 2. vydání. Grada Publishing as, Praha.
- Kaushik P, Garg VK. 2004. Dynamics of biological and chemical parameters during vermicomposting of solid textile mill sludge mixed with cow dung and agricultural residues. Bioresource technology **94**:203–209.
- Keener HM, Dick WA, Hoitink HAJ. 2000. Composting and beneficial utilization of composted by-product materials. Ohio agricultural research and development center, Wooster.
- Kothari R, Thyagi V. 2012. Role of various vermicomposting parameters in green sustainable approach. Pages 85-95 in: Rajendran V, Jayapradha R, Radha VN, editors. Organic fertilizers: Types, production and environmental impact. Nova Science Publishers Inc, New York.
- Kothari R, Thyagi V. 2012. Role of various vermicomposting parameters in green sustainable approach. Available from: https://www.researchgate.net/publication/286400097_Role_of_various_vermicomposting_parameters_in_green_sustainable_approach/stats (accessed February 2019).
- Kováčik P, Slamka P, Varga L, Kmeťová M, Šalamún P. 2018. Vermikompostovanie, verмикompost a použitie verмикompostu samostatne a spolu s minerálnymi N hnojivami. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra.

- Kováčik P, Takáč P. 2010. Spôsoby uskladnenia (spracovania) maštalného hnoja. Agroinštitút, Nitra. Available from: http://old.agroporadenstvo.sk/zv/ostatne/hnoj_uskladnenie.htm (accessed March 2019).
- Kuraš M. 2014. Odpady a jejich zpracování. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim.
- Lachnicht SL, Hendrix PF. 2001. Interaction of earthworm *Diplocardia mississippiensis* (Megascolecidae) with microbial and nutrient dynamics in subtropical Spodosol. *Soil biology and biochemistry* **33**: 1411-1417.
- Leytem AB, Dungan RS, Bjorneberg DL, Koehn AC. 2011. Emissions of ammonia, methane, carbon dioxide, and nitrous oxide from dairy cattle housing and manure. *Journal of environmental quality* **40**: 1383–1394.
- Manaf LA, Jusoh MLC, Yusoff MK, Hanidza T, Ismail T, Harun R, Juahir H. 2009. Influences of bedding material in vermicomposting process. *International journal of biology* **1**: 81-91.
- Ministerstvo zemědělství. 2000. Vyhláška č. 474/2000 Sb. ze dne 13. prosince o stanovení požadavků na hnojiva. Částka 137/2000.
- Ministerstvo zemědělství. 2013. Vyhláška č. 377/2013 ze dne 25. listopadu 2013 o skladování a způsobu používání hnojiv. Částka 149/2013.
- Ministerstvo životního prostředí. 2005. Vyhláška č. 450 ze dne 4. listopadu 2005 o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků. Částka 158/2005.
- Ministerstvo životního prostředí. Vyhláška č. 341/2008 o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady. Částka 110/2008.
- Morvan T, Leterme P, Arsene GG, Mary B. 1997. Nitrogen transformations after the spreading of pig slurry on bare soil and ryegrass using ¹⁵N-labelled ammonium. *European journal of agronomy* **7**: 181-188.
- Munroe G. 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. Organic Agriculture Centre of Canada, Canada. Available from: http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/31642564/vermiculture_farmers_manual_gm.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1489578705&

Signatu re=Bd3s844ejhRYkMhe%2BiM69UcO4OY%3D&response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3Dvermiculture_farmersmanual_gm.pdf > (accessed February 2019).

- Nagavallemma, KP, Wani, SP, Lacroix S, Padmaja VV, Vineela C, Rao MB, Sahrawat KL. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. *Journal of SAT agricultural research*. **2**: 17.
- Nannipieri P, Bollag JM. 1991. Use of enzymes to detoxify pesticide-contaminated soils and waters. *Journal of environment quality*. Available from: <https://www.agronomy.org/publications/jeq/abstracts/20/3/JEQ0200030510> (accessed March 2019).
- Národná rada Slovenskej republiky. Zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Čiastka 93/2001.
- Nath G, Singh K. 2016. Vermiwash: A potent liquid biofertilizer. *Research journal of science and technology*. Available from: <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:rjst&volume=8&issue=1&article=003> (accessed February 2019).
- Ndegwa PM, Thompson SA, Das KC. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology* **71**:5–12.
- Needham AE. 1969. *Growth and development in chemical zoology*. Academic press, London.
- Neuhauser EF, Loehr RC, Malecki MR. 1988. The potential of earthworms for managing sewage sludge. Pages 9–20 in: Edwards CA, Neuhauser EF, editors. *Earthworms in waste and environmental management*. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Noble R, Coventry E. 2005. Suppression of soil- borne plant diseases with composts: A review. *Biocontrol Science and Technology* **15**: 3-20.
- Parent LE, Ilnicki Piotr. 2002. *Organic soils and peat materials for sustainable agriculture*. CRC press, Boca Raton.
- Pears P. 2017. *Kompost: snadno a ekologicky*. Euromedia, Praha.
- Plíva P, Altmann V, Hanč A, Hejátková K, Roy A, Souček J, Valentová L, 2016. *Kompostování a kompostárny*. Profi Press, Praha.

- Plíva P, Banout J, Habart J, Jelínek A, Kollárová M, Roy A, Tomanová D. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha.
- Plíva P, Čejka Z, Hanč A. 2012. Dvoumodelový vermireaktor. Úřad průmyslového vlastnictví, Česká republika. 304528.
- Popišil R. 2017. Maštalný hnoj: prirodzený zdroj živín a organickej hmoty. Agroinštitút Nitra, Nitra. Available from: <http://www.agroporadenstvo.sk/rastlinna-vyroba-rastlinna-vyroba?article=1069> (accessed March 2019).
- Purohit SS, Gehlot D. 2006. Trends in organic farming in India. Agrobios, India.
- Reinecke AJ, Venter JM. 1985. The influence of moisture on the growth and reproduction of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Revue d'écologie et de biologie du sol* **22**:473–481.
- Reynolds JW, Wetzel MJ. 2004. Nomenclatura Oligochaetologica: A catalogue of names, descriptions and type specimens of the Oligochaeta. *Megadrilogica* **9**: 71-98.
- Riggle D, Holmes H. 1994. New horizons for commercial vermiculture. *Biocycle* **35**:58–62.
- Richter R, Kubát J. 2003. Organická hnojiva, jejich výroba a použití. 2. vyd. Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha.
- Sangwan P, Kaushik CP, Garg VK. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource technology* **99**:2442–2448.
- Sharma S, Kumar A, Singh AP, Vasudevan P. 2009. Earthworms and vermitechnology: A review. *Dynamic soil, dynamic plant*. **3**: 1-12.
- Shinner F, Öhlinger R, Kandeler E, Margesin R. 1996. *Methods in soil biology*. Springer-Verlag, Berlin.
- Singh MK. 2014. *Handbook on vermicomposting: Requirements, methods, advantages and applications*. Anchor Academic Publishing, Hamburg.
- Sørensen P, Amato M. 2002. Remineralisation and residual effect of N after application of pig slurry to soil. *European journal of agronomy* **16**: 81-95.
- Sørensen P, Jensen ES. 1995. Mineralisation - immobilization and plant uptake of nitrogen as influenced by the spatial distribution of cattle slurry in soils of different texture. *Plant Soil* **173**: 283-291.

- Stehlík V. 1977. Náučný slovník zemědělský. Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha.
- STN 465735. 1991. Priemyselné komposty. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Bratislava.
- Suhane RK. 2007. Vermicompost. Rajendra Agriculture University, Pusa.
- Svoboda P, Wollnerová J. 2015. Metodika řádného způsobu uložení hnoje na zemědělské půdě. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha. Available from: [https://www.vurv.cz/sites/File/Metodika%20ulozeni%20hnoje%20na%20z_p_%20\(160201\).pdf](https://www.vurv.cz/sites/File/Metodika%20ulozeni%20hnoje%20na%20z_p_%20(160201).pdf) (accessed March 2019).
- Škarda M. 1982. Hospodaření s oragnickými hnojivy. SZN, Praha.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R, Polasky S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* **418**: 671–677.
- Tomati V, Grappelli A, Galli E. 1995. The hormone like effect of earthworm casts on plant growth. *Biology and fertility of soils* **5**: 288-294.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2006. Consolidated list of chemicals subject to the emergency planning and community right-to-know act (EPCRA) and section 112(r) of the clean air act. Available from: <https://www.epa.gov/epcra/epcracerclacaass112r-consolidated-list-lists-march-2015-version> (accessed March 2019).
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2008. National emissions inventory. Available from: <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories> (accessed March 2019).
- Van Faassen HG, Van Dijk H. 1987. Manure as a source of nitrogen and phosphorus in soils. Pages 27-45 in: van der Meer HG, Unwin RJ, van Dijk TA, editors. Animal manure on grassland and fodder crops. Martinus Nijhoff, Dordrecht.
- Vervoort RW, Radcliffe DE, Cabrera ML, Latimore Jr M. 1998. Nutrient losses in surface and subsurface flow from pasture applied poultry litter and composted poultry litter. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **50**: 287-290.
- Vincet W. 2012. The complete guide to working with worms: Using the gardener's best friend for organic gardening and composting. Atlantic Publishing Group Inc, Ocala.
- Wartell BA, Krumins V, Alt J, Kang K, Schwab BJ, Fennell DE. 2012. Methane production from horse manure and stall waste with softwood bedding. *Bioresource Technology* **112**: 42-50.

- Watts DB, Torbert HA. 2014. Nitrogen mineralization in soils amended with manure as affected by environmental conditions. Pages 83–89 in: He Z, Zhang H, editors. Applied nutrient chemistry for sustainable agriculture and environment. Springer, Amsterdam.
- Yadav A, Garg VK. 2011. Industrial wastes and sludges management by vermicomposting. Reviews in environmental science and biotechnology **10**:243-276.
- Zajonc I. 1992. Chov dažďoviek a výroba vermikompostu. Animapress, Povoda.
- Zucconi F, De Bertoldi M. 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. Pages 276-295 in: De Bertoldi M, Ferranti MP, L'Hermite MP, Zucconi F, editors. Compost: Production, Quality and Use. Elsevier, London.