

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



Výluhy z vermikompostů produkovaných za odlišných
podmínek

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Julius Kahanec

Vedoucí práce: Ing. Aleš Hanč, Ph.D.

© 2016 ČZU

v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Vliv vybraných faktorů na vlastnosti výluhů z vermikompostu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne v 8. 4. 2016

Julius Kahanec

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli se zpracováním mé diplomové práce. Vedoucímu práce panu Ing. Aleši Hančovi, Ph.D., který mi vždy ochotně pomohl a poradil. Poděkování patří také rodičům, kteří mi umožnili studovat na ČZU a vždy mě podporovali.

Výluhy z vermikompostů produkované za odlišných podmínek

Souhrn

Hlavním smyslem této práce bylo zjistit, zda má aerace a doba vyluhování vliv na vlastnosti výluhů produkovaných za odlišných podmínek.

Výluhy pro náš pokus byly získány z pěti různých druhů vermikompostů (z koňského hnoje, digestátu, matoliny, jablečných výlisků a z kuchyňského odpadu). Vždy byl navážen 1 kg vermikompostu a pomocí speciálního extrakčního zařízení probíhalo vyluhování v 9 litrech vody. Pokus vždy probíhal 48 hodin a v předem stanovených intervalech byly odebírány kontrolní vzorky. Vždy po 1h, 6h, 12h, 24h a 48h. Výluhy byly připravovány ve dvou variantách. První varianta byla bez aerace za stálé teploty 30 °C a za stálého míchání 750 ot. Min. Druhá varianta byla s aerací za stálé teploty 30 °C a za stálého míchání 750 ot. Min.

V této práci jsou hodnoceny výluhy z hlediska obsahů amonného (N-NH_4^+), nitrátového (N-NO_3^-), celkového dusíku, rozpuštěného organického uhlíku (DOC). Analytické přístroje umístěné na zařízení naměřily zbylé veličiny hodnocené v této práci – pH, měrná vodivost a obsah rozpuštěného kyslíku.

Výluhy produkované s aerací dosahovaly obecně vyšších hodnot sledovaných vlastností než výluhy produkované bez aerace. Tento rozdíl ale byl jen 6 %. Nejvyšší nárůst hodnot byl ve výskytu amonného dusíku a to ve variantě s aerací. Další sledované vlastnosti byly vyšší jen o jednotky procent..

Vliv doby vyluhování na vlastnosti výluhů byl zřetelný. Nejvyšší nárůst hodnot byl v prvních 24 hodinách, kdy hodnoty stoupaly nejvýrazněji. Zbýlých 24 hodin už takový význam nemělo. Čas měl jistě velký vliv na vlastnosti výluhů, ale posledních 24 hodin vyluhování vlastnosti již významně neměnilo, takže není nezbytně nutné vyluhovat 48 hodin.

Klíčová slova: Vermikompost, vodný výluh, aerace, vlastnosti výluhu, doba vyluhování

Leaches from vermicompost produced under different conditions

Summary

The main purpose of this study was to determine if aeration and extraction time influence on the properties of extracts produced under different conditions.

The leachates for our experiment were obtained from five different kinds of vermicompost (from horse manure, digestate, marc, apple pomace and from kitchen waste). Has always been prepared 1kg of vermicompost and using special extraction equipment for leaching in 9 liters of water. Attempt always proceeded 48 hours and at predetermined intervals, were taken control samples. Every 1h, 6h, 12h, 24h and 48h. The leachates were prepared in two variants. The first variant was without aeration at a constant temperature 30 °C and stirring 750 rpm. The second variant was with aeration at a constant temperature 30 °C and stirring 750 rpm.

In this work we are evaluated in terms of leachate contents of ammonium nitrogen (N-NH_4^+), nitrate nitrogen (NO_3^- -N), total nitrogen, dissolved organic carbon (DOC). Analytical equipment placed on the apparatus measured the remaining variables evaluated in this work - pH, conductivity and dissolved oxygen.

The leachates produced with aeration generally reached higher values than the leachates produced without aeration. This difference was only 6%. The highest increase during extraction was the ammonium nitrogen in a variant with aeration. Other endpoints were higher by only a few percent .

The extraction time effect on the properties of extracts was clear. The highest rates of increase was in the first 24 hours, when values were rising most. The remaining 24 hours have had such importance. Time certainly had a great influence on the properties of the extracts, but the last 24 hours of leaching characteristics has not changed significantly, so it is not necessary to infuse for 48 hours.

Keywords: vermicompost, aqueous extract, aeration, leach properties, extraction time

Obsah

1.	Úvod.....	9
2.	Cíl a hypotéza práce.....	10
3.	Literární rešerše	11
3.1	Kompost.....	11
3.2	Vermikompost a vermikompostování.....	11
3.3	Žížaly.....	12
3.3.1	Druhy žížal	12
3.3.2	Vhodné podmínky pro život žížal.....	13
3.3.3	Teplota	13
3.3.4	Vlhkost.....	14
3.3.5	Aerace	14
3.3.6	Amoniak a soli	14
3.3.7	Žížaly a pH.....	14
3.4	Druhy žížal podrobně.....	15
3.4.2	Eisenia fetida.....	15
3.4.3	Eisenia Andrei.....	15
3.5	Mikrobiologie vermikompostu.....	15
3.5.2	Vliv žížal na mikrobiologii vermikompostu	16
3.5.3	Růst bakterií a hub	17
3.5.4	Vliv žížal na aktivitu mikrobiálních společenstev	18
3.5.5	Vliv žížal na koliformní bakterie v průběhu vermikompostování.....	20
3.6	Vybrané druhy biologicky rozložitelných odpadů	21
3.6.1	Digestát.....	21
3.6.2	Hnůj	21
3.6.3	Jablečné výlisky	22
3.6.4	Kuchyňský bioodpad	22

3.6.5	Matolina	22
3.7	Výluhy	23
3.7.2	Výroba výluhu	23
3.7.2.1	Doplňkové živiny	24
3.7.2.2	Doba vyluhování	24
3.7.2.3	Teplota vody	24
3.7.2.4	Extrakce s aerací a bez aerace	25
3.7.2.5	Využití výluhů	26
3.8	Vybrané vlastnosti	27
3.8.2	Dusík	27
3.8.3	Amoniak	27
3.8.4	Celkový dusík	28
3.8.5	Uhlík	28
3.8.6	Měrná vodivost	29
3.8.7	Hodnota pH	29
3.8.8	Rozpuštěný kyslík	29
4.	Materiál a metodika	30
4.1	Produkce vermikompostu	30
4.2	Produkce výluhu	31
4.3	Stanovení N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₃ ⁻ a DOC	32
4.4	Vyluhovatelnost prvků	32
5.	Výsledky	34
5.1	Obsah a vyluhovatelnost N-NO ₃ ⁻ , N-NH ₄ ⁺ , N _{celkový} , DOC	34
5.1.1	N-NO ₃ ⁻	34
5.1.2	N-NH ₄ ⁺	36
5.1.3	N _{celk} ve výluzích	38
5.1.4	Rozpuštěný organický uhlík DOC	40

5.1.5	pH.....	42
5.1.6	Rozpuštěný O ₂	44
5.1.7	Měrná elektrická vodivost	46
5.2	Vyluhovatelnost N-NO ₃ ⁻ , N-NH ₄ ⁺ , N _{celkový} , DOC.....	48
5.2.1	Vyluhovatelnost N-NO ₃ ⁻	48
5.2.2	Vyluhovatelnost N-NH ₄ ⁺	49
5.2.3	N _{celkový}	51
5.2.4	Vyluhovatelnost DOC.....	51
6.	Diskuze	54
6.1	N-NO ₃ ⁻	54
6.2	N-NH ₄ ⁺	55
6.3	N- celkový.....	55
6.4	DOC	56
6.5	pH.....	56
6.6	Rozpuštěný O ₂	57
6.7	Měrná vodivost.....	57
7.	Závěr	59
8.	Použitá literatura	61
9.	Přílohy.....	69

1. Úvod

Vzhledem k narůstající spotřebě lidstva a s tím spojenou zvyšující se produkcí odpadů stoupá potřeba tuto problematiku řešit. Ideální je předcházet produkci odpadů jejich recyklací a jejich vracením znovu do oběhu.

Organické odpady, které tvoří i více než 50 % celkové produkce všech odpadů jsou často skládkovány. Zde je s nimi spojeno několik problémů, z nichž hlavním problémem je anaerobní rozklad, při kterém vzniká skládkový plyn. Organické látky jsou velmi bohaté na živiny a jdou poměrně snadno kompostovat a tak jich lze využívat k obohacování půd.

Vermikompostování je alternativou k tradičnímu kompostování. Jedná se o využívání žížal k úpravě organického materiálu na kompost. Žížaly zrychlují průběh kompostování a zlepšují vlastnosti výsledného produktu. Jedná se především o decentralizované odstraňování odpadu. Tím pádem jsou šetřeny náklady na přepravu i na skládkování a v neposlední řadě je tento způsob šetrný k životnímu prostředí.

Řízené vyluhování je cesta k získávání na živiny a mikroorganismy bohatého roztoku. Jejich využíváním se může snížit spotřeba chemických hnojiv a postřiků. Již existují studie, které dokládají pozitivní vliv na růst rostlin. Škála využitelnosti výluhu je široká. Výluhy lze využívat jako hnojivo pro pokojové rostliny, na zahradě nebo pro zemědělské plodiny.

Výroba výluhů je velice variabilní. Můžeme měnit podmínky extrakce nebo využívat různé druhy vermikompostů atd. V této diplomové práci jsou hodnoceny výluhy z pěti různých vermikompostů a vliv času a aerace na jejich vlastnosti.

2. Cíl a hypotéza práce

Cílem práce bylo zjistit vliv aerace a doby vyluhování na změnu jednotlivých agrochemických vlastností vodných výluhů z vermikompostů.

Hlavní hypotézy této práce jsou:

1. Aerace zvyšuje vyluhovatelnost sledovaných veličin.
2. Doba vyluhování má přímý vliv na vyluhovatelnost sledovaných veličin.

3. Literární rešerše

3.1 Kompost

Jedná se o dvě nejvýhodnější cesty jak mikrobiálně stabilizovat biologický odpad. Degradace bioodpadu v rámci kompostování probíhá pomocí mikroorganismů za kontrolovaných podmínek ve třech fázích. První je termofilní fáze, kdy je rozklad nejdíntenzivnější a teplota kompostu se pohybuje mezi 45°C - 65°C a dochází tak k hygienizaci patogenů. Druhá, mezofilní tzv. fáze zrání, je typická snížením teploty a rozklad organické hmoty již probíhá pomaleji. Aktivní fáze záleží také na složení kompostu (Zda-li se jedná o lépe či hůře kompostovatelné složky) a také na dodržování technologických postupů jako je aerace a kontrola vlhkosti (Dominguez a Edwards, 2011).

3.2 Vermikompost a vermikompostování

Vermikompost je biomateriál rozložený a zároveň hygienizovaný pomocí žížal a mikroorganismů. Zatímco mikroorganismy rozkládají organický materiál, tak žížaly celou hmotu svým pohybem kypří, aerují a rozmělnují v trávicím traktu na menší části, čímž výrazně zvyšují mikrobiální aktivitu. Žížaly fungují jako mechanické „Mixéry“ rozmělnující organickou hmotu a modifikují její fyzické a chemické vlastnosti. Také zlepšují poměr C:N a tím zvyšují aktivitu mikroorganismů (Dominguez a Edwards, 2011).

Procesem vermikompostování rozumíme dvě různé fáze zahrnující činnost žížal. Je to fáze aktivní a fáze stárnutí. První je aktivní fáze, během které žížaly rozmělnují odpad, čímž dochází ke změně jeho struktury a mikrobiálního složení (Lores et al., 2006). Poté nastupuje druhá fáze, tzv. „fáze zrání“, která je specifická pohybem žížal k vrstvě s čerstvým bioodpadem, zatímco mikroorganismy začínají připravený substrát rozkládat (Dominguez, 2004; Lazcano et al., 2008).

Doba trvání aktivní fáze není vždy stejně dlouhá. Závisí totiž na druhu žížal, na jejich počtu a na rychlosti jakou konzumují a zpracovávají odpady. Účinek žížal na rozklad organického odpadu v průběhu vermikompostování se v první fázi nazývá „spojené střevní procesy“ z anglického „gut-associated processes“ (GAPs). Jedná se o proces zahrnující rozklad organické hmoty během průchodu trávicím traktem žížal a rozvinutím mikroorganismů. Tyto procesy také podporují přidání cukrů a dalších látek, zvýšení mikrobiální diverzity a aktivity, modifikace mikroflory populace, homogenizace, a vnitřní

procesy trávení, asimilace, a produkce hlenu a vylučovaných látek, jako je močovina a amoniak, které jsou snadno asimilovatelné pro mikroorganismy. Rozklad je navíc umocněn působením endosymbiotických mikrobů, které se nacházejí ve střevech žížal. Tyto mikroorganismy produkují extracelulární enzymy, které rozkládají celulózu a fenolické sloučeniny, čímž se dále zvyšuje degradace stráveného materiálu. Další fyzikální modifikace substrátu jsou způsobeny aktivním pohybem žížal, včetně větrání a homogenizace substrátu, který také podporuje mikrobiální aktivitu a tím pádem i další rozklad (Domínguez 2004). Bezprostřední aktivity žížal mají významný vliv na zvýšení mineralizace uhlíku a dusíku v substrátu. Tyto účinky jsou v poměru k množství žížal ve vermikompostu (Aira et al., 2008).

Ve chvíli dokončení „spojených střevních procesů“ (GAPs), přecházejí žížaly na tzv. „spojené obsazovací procesy“ z anglického cast-associated processes (CAPs), což jsou v podstatě procesy zrání vermikompostu. Je to působení mikroflóry a mikrofauny v substrátu spolu s fyzikální modifikací materiálů. Během těchto procesů jsou účinky žížal především nepřímé a jsou odvozeny z GAPs. Je důležité poznamenat, že při vermikompostování pomocí žížal je vždy výsledný substrát směsí s materiálem, který nebyl požit žížalami a finální vermikompost se tak skládá ze směsi dvou různých frakcí. Během tohoto procesu zrání vermikompost dosahuje optimálních hodnot, pokud jde o biologické vlastnosti, které podporují růst rostlin a potlačují rostlinné choroby. V současné době bohužel není k dispozici dostatek informací ke zjištění, kdy je dosaženo optima (Domínguez 2011).

3.3 Žížaly

3.3.1 Druhy žížal

Jedná se o máloštětinatce patřící do řádu Opisthopora, a do podřádu Lumbricina. Existuje a je známo více jak 5 500 druhů žížal. Mimo polární a pouštní oblasti se vyskytují po celém světě. Žížaly jsou poměrně různorodé a jsou mezi nimi velké rozdíly. Nejmenší například mají jen dva centimetry a největší jsou dlouhé i přes tři metry (Pižl, 2002).

Vzhledem k velké rozšířenosti a různorodosti podmínek pro život se jednotlivé druhy žížal výrazně liší ve svých adaptacích na prostředí či životními strategiemi. Čeleď *Lumbricidae* se dělí do tří základních ekologických skupin podle environmentálních, demografických, morfologických a etologických charakteristik. Jsou to skupin epigeické, endogeické a anektické (Pižl, 2002).

Epigeické (povrchové) žížaly, mezi které patří druhy *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida* či *Eisenia andrei*, se živí především odumřelou organickou hmotou a vyskytují se maximálně do hloubky 15 cm pod povrchem půdy. Endogeické druhy zahrnují například *Aporrectodea caliginosa* či *Aporrectodea rosea*. Vyskytují se ve vrchních vrstvách půdy, v hloubce kolem 30 cm. Jejich potravou je více humifikovaná organická hmota, která je vázaná na půdní částice a mikroorganismy. Anektické (hlubinné) žížaly se živí tak jako žížaly epigeické čerstvě odumřelou organickou hmotou, ale vyskytují se ve větších hloubkách. Například se jedná o rody *Lumbricus terrestris* nebo *Aporrectodea longa* (Pommeresche et al., 2010).

Pro vermikompostování se jako nejvhodnější druh nejčastěji uvádí *Eisenia fetida*. Ale samozřejmě se pro vytváření vermikompostu využívají i jiné druhy jako například *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx sansibaricus* nebo *Perionyx excavatus*. Tyto druhy jsou charakteristické červenofialovým zbarvením a lze je nalézt právě v domácích kompostech nebo hnojích (Rostami, 2011).

3.3.2 Vhodné podmínky pro život žížal

Žížaly jsou poměrně tolerantní na kvalitu podmínek, jako je množství organického materiálu, ve kterém žijí, na jeho vlhkost či teplotu. Ale pokud jsou tyto hodnoty výrazně překročeny, tak žížaly mohou daný vermikompost úplně opustit nebo mohou uhynout a tím pádem dojde k výraznému zpomalení rozkladu kompostu (Dominguez a Edwards, 2011).

3.3.3 Teplota

Ideální teplota pro správný rozvoj žížal je mezi 15°C a 25°C, ale i zde jsou rozdíly podle jednotlivých druhů. Například pro rod *E. fetida* je ideální teplota 25°C a tolerance je mezi teplotami 0°C až 35°C. Pro rody *E. eugeniae* a *P. excavatus* platí stejná ideální teplota 25°C, ale umírají, pokud teplota klesne pod hranici 9°C nebo naopak překročí 30°C.

Obecně se dá říci, že teplota pod 10°C výrazně snižuje aktivitu a příjem potravy žížalami. Při teplotách pod 4°C v podstatě produkce kokonů a vznik mladých žížal úplně zaniká. Při extrémně nízkých teplotách žížaly začínají hibernovat a přemisťují se do nižších vrstev půdy jako ochranné opatření proti zimě. Žížaly se mohou na podzim aklimatizovat a přežít zimu, ale nepřežijí delší dobu pod bodem mrazu.

Negativní vliv vysoké teploty (nad 30°C) není přímo negativní pro žížaly, ale jedná se o to, že se stoupající teplotou stoupá i mikrobiální aktivita. Tím dochází ke zvýšené spotřebě O₂, což má negativní vliv na žížaly (Dominguez a Edwards 2011).

3.3.4 Vlhkost

Zde je velmi silná vazba mezi růstem a rozvojem žížal a vlhkostí substrátu. Při vermikompostování je nutná vlhkost alespoň 50 %. *E. fetida* a *E. andrei* přežijí v prostředí o vlhkosti mezi 50 % a 90 %, ale nejlépe prospívají při vlhkosti mezi 80 % a 90 %. Z toho vyplývá potřeba vermikompost vlhčit (Dominguez a Edwards, 1997).

3.3.5 Aerace

Žížaly mají speciální dýchací orgány. Kyslík a oxid uhličitý vyměňují přes stěnu těla. Žížaly jsou velmi citlivé na množství kyslíku v prostředí a při jeho nedostatku migrují k povrchu, kde je ho dostatečné množství (Dominguez a Edwards, 2011).

3.3.6 Amoniak a soli

Žížaly velice citlivě reagují na amoniak a nemohou přežít v organickém prostředí s vysokým obsahem tohoto kationtu (například čerstvý drůbeží trus). Žížaly taktéž umírají v prostředí s velkým množstvím anorganických solí. Amoniak i anorganické soli mají velmi ostrou hranici, kdy jsou ještě netoxické a kdy jsou již toxické. Amoniak je toxický již při množství vyšším než 1mg/g a u anorganických solí stačí více jak 0,5% zastoupení (Edwards 1988).

Jakmile organický odpad obsahuje nadlimitní množství těchto látek, je nutné jej odstranit například předkompostováním nebo proplachováním vodou.

Při překročení výše uvedených hodnot taktéž dramaticky klesá aktivita žížal a tím pádem i rozkladný proces organického odpadu. Pro maximální urychlení vermikompostování je ideální předkompostování (Edwards 1988).

3.3.7 Žížaly a pH

Většina žížal jsou relativně tolerantní k pH a tolerují pH mezi 5- 9 (Dominguez a Edwards 2011).

Převážně většině druhů žížal vyhovuje pH mezi 6 – 7. Pokud se nacházejí v oblasti s nižším pH, snaží se většinou přemístit do míst s vyšším pH. Když takovouto možnost nemají, s největší pravděpodobností zemřou (Rostami, 2011).

V průběhu procesu vermikompostování pH kolísá. V počátku je pH nižší, poté v důsledku rozkládání proteinů pH stoupá. (Garg a Gupta, 2009).

3.4 Druhy žížal podrobně

3.4.2 Eisenia fetida

Jedná se o nejhojněji využívaný rod žížal pro vermikompostování a vermikultury, protože se jedná o nejrozšířenější druh na zemi. Jejich životní cyklus je poměrně krátký. Mají širokou toleranci k teplotě a vlhkosti. Také jsou poměrně „pružné“ a tak se s nimi dá poměrně snadno manipulovat (Dominguez a Edwards, 2011).

Co se velikosti týká, tak jsou dlouhé 5 – 15 cm a v průměru mají 2 – 5 mm. Počet segmentů je 80 – 120. Tělo je cylindrického tvaru, je zploštělé v zadní části. Zbarvení je s příčným růzovofialovým pruhem vprostřed každého článku. Opasek je šedý nebo oranžový. Biotopem pro tento druh jsou silně zamokřené půdy a velmi hojně se nachází v kompostech a hnojích. Žížaly rodu *Eisenia fetida* rychle dospívají a mají vyšší počet mláďat z jednoho kokonu (Pižl 2002).

3.4.3 Eisenia Andrei

Jsou dlouhé 5 – 9 cm a v průměru mají 2 – 4 mm s počtem segmentů 80 – 120. Tělo je opět cylindrického tvaru a je zploštělé za opaskem. Zbarvení je růzovočervené až červenofialové se světlejším opaskem (Pižl, 2002).

U nás se tento druh ve volné přírodě nevyskytuje a nachází se pouze v kompostech, vermikompostech (Pižl, 2002). Zbarvení *E. andrei* je jednobarevné, tmavě nebo světle červené (Zajonc, 1992).

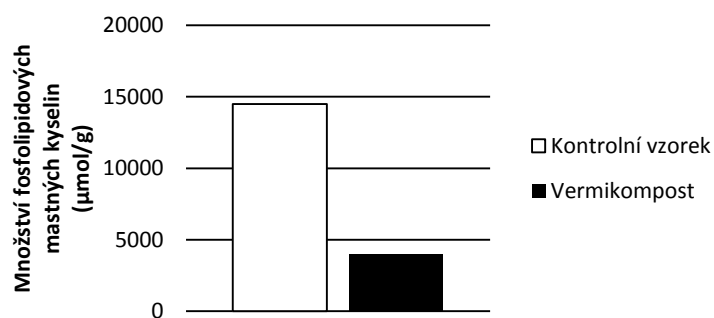
3.5 Mikrobiologie vermikompostu

Mikroorganismy jsou hlavními zástupci biochemického rozkladu, přičemž žížaly se podílejí na nepřímé stimulaci mikrobiální populace prostřednictvím fragmentace organické

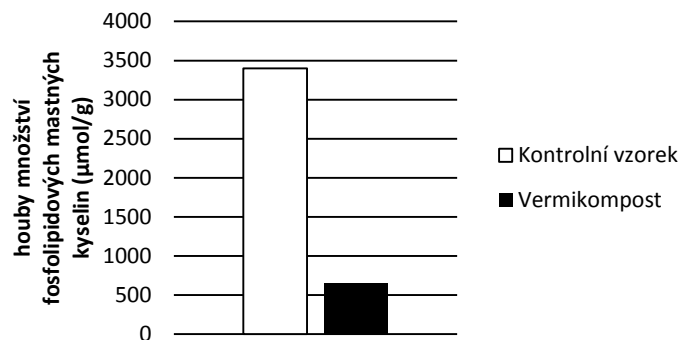
hmoty. Fragmentací organické hmoty dochází ke zvýšení povrchové plochy, a je tak ve větší míře přístupná pro mikroby. Žížaly také mění mikrobiální populace prostřednictvím trávení a díky svému pohybu se podílí i na rozptýlu mikroorganismů do dalších míst. Proto je nutné uvádět účinky žížal na mikroorganismy (Dominguez, 2011).

3.5.2 Vliv žížal na mikrobiologii vermikompostu

V pokuse (Dominguez, 2011) s kravským hnojem zjišťoval vliv žížal na mikrobiální aktivitu. Životaschopná mikrobiální společenstva byla stanovena jako součet všech zjištěných fosfolipidových mastných kyselin, dále jen PLFA (Zelles 1999). A z této analýzy vyplynulo, že činnost žížal výrazně ovlivnila strukturu mikrobiálních společenstev a jejich funkce. Zjistili, že aktivita žížal snížila počty životaschopných mikrobiálních společenstev, která byla měřena jako celkový obsah PLFA. Po 1 měsíci vermikompostování (Graf 1) došlo ke snížení celkového množství mikrobiální biomasy přibližně čtyřikrát až pětkrát vzhledem ke kontrolnímu pokusu bez žížal. Specifické PLFA testy mohou být použity jako biomarkery ke stanovení vlivu žížal na přítomnost a množství některých specifických mikrobiálních skupin. (Frosteřád a Baas 1996; Zelles 1997). Množství bakterií a hub se drasticky snížilo po 1 měsíci vermikompostování (Graf 2). Žížaly mohou snížení množství mikrobiální biomasy ovlivnit přímo selektivním výživou bakterií a plísní v jejich trávicím traktu, nebo nepřímo urychlením vyčerpání zdrojů, které by jinak byly k dispozici pro mikroby (Schönholzer et al., 1999).



Graf 1: Snížení počtu mikroorganismů po 1 měsíci vermikompostování.

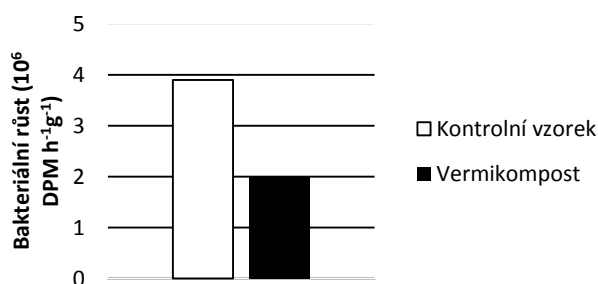


Graf 2: Snižení počtu hub po 1 měsíci vermikompostování.

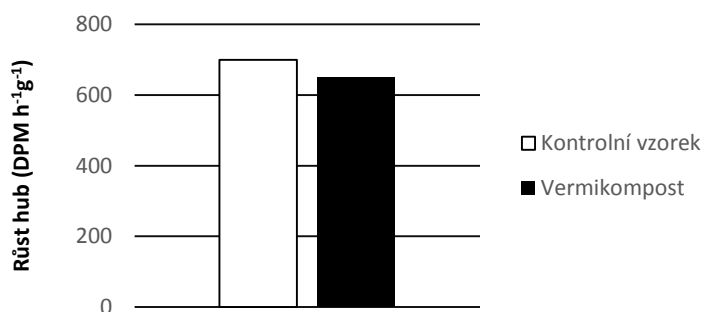
3.5.3 Růst bakterií a hub

Ve studii (Dominguez, 2011) byl růst bakterií zjišťován technikou zabudovávání leucinu hub pomocí acetát-in-ergosterolu (Baas 2001). Aktivita žížal značně snížila tempo bakteriálního růstu, ale neměla vliv na tempo růstu hub po 1 měsíci vermikompostování (Graf 3, Graf 4). Organická hnojiva jsou mikrobiálně bohaté prostředí, v němž bakterie spolu s houbami tvoří největší podíl. V první fázi rozkladu těchto organických odpadů dominuje především rozklad bakteriemi z důvodu dostupnosti vody a snadno rozložitelných substrátů. Z tohoto důvodu se předpokládá, že aktivita žížal ovlivňuje bakteriální růst ve větší míře, než rychlost růstu hub.

Kromě toho limitujícím faktorem pro růst žížal je dostupnost uhlíku, a žížaly s mikroorganismy mohou soutěžit o zdroje uhlíku (Tiunov a Scheu 2004); takže aktivita žížal mohla snížit množství dostupných zdrojů pro mikrobiální společenstva, a proto se tempo bakteriálního růstu mohlo snižovat. Snižování rychlosti růstu hub je předpokládáno v průběhu fáze zrání, při nástupu rozkladu hůře rozložitelných látek. (Dominguez, 2011)



Graf 3: Vliv žížal na růst bakterií po 1 měsíci vermikompostování.

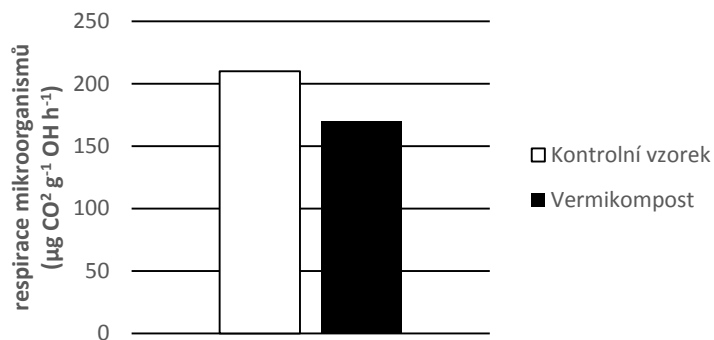


Graf 4: Vliv žířal na růst hub po 1 měsíci.

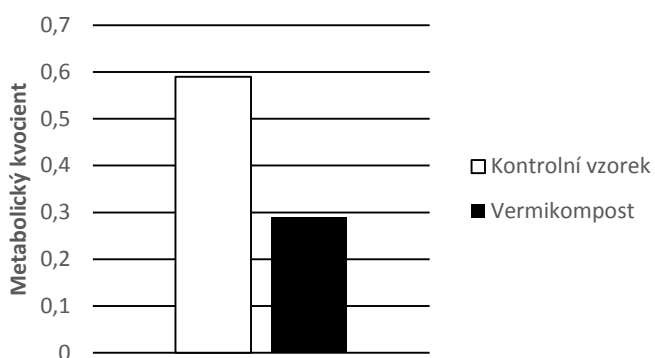
3.5.4 Vliv žířal na aktivitu mikrobiálních společenstev

V literatuře existuje mnoho důkazů, že žířaly a další půdní bezobratlí zvyšují mikrobiální aktivitu v první fázi. V důsledku této činnosti, žířaly snižují pozdější dostupnost zdrojů pro mikrobiální společenstva a následně dochází ke snižování jejich činnosti.

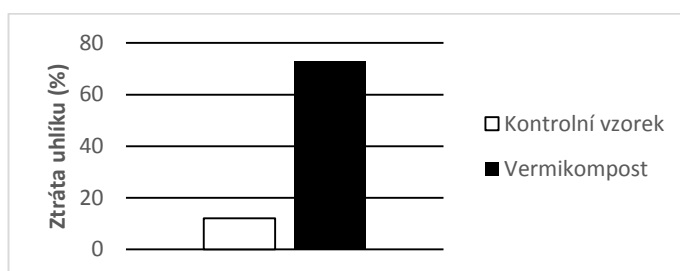
Organický uhlík, který je využíván v heterotrofních mikrobiálních společenstvech se distribuuje mezi mikrobiální produkci buněk, vylučování metabolitů, a dýchání. Podíl uhlíku, který je zachován v substrátu jako mikrobiální biomasa a uhlíkem respirovaným ve formě CO₂, závisí na účinnosti mikrobiálního růstu (tj. účinnost se kterou je uhlík začleněn do biomasy a vedlejších produktů), jako i na stupni ochrany mikrobiální biomasy v organické matici a na rychlosti rozkladu biomasy vedlejších produktů bakterií a plísní jiných mikroorganismů. To znamená, že čím nižší je mikrobiální růst nebo je biomasa méně chráněna, tím větší množství uhlíku se ztratí ve formě CO₂. Metabolický kvocient nebo specifická aktivita mikrobiální biomasy (CO₂- mikrobiální respirace na jednotku biomasy) může být použita jako míra mikrobiální účinnosti. Vyšší hodnoty CO₂ naznačují, že mikrobiální společenstva jsou v podmínkách vyššího stresu, takže méně energie získané ze substrátu metabolismem může být využito pro účely biosyntézy. Významný podíl této energie bude vynaloženo na zachování buňky a ztratí se respirací ve formě CO₂. Aktivita žířal snižuje metabolický kvocient po 1 měsíci vermikompostování (Graf 5, Graf 6), což ukazuje na fakt, že mikrobiální společenstva využívají energii efektivněji v přítomnosti žířal. V důsledku toho systém fungoval mnohem lépe, jak je znázorněno podle výrazného zvýšení rychlosti rozkladu organické hmoty (Graf 7) a ve výskytu mineralizovaného dusíku (Graf 8) (Dominguez, 2011).



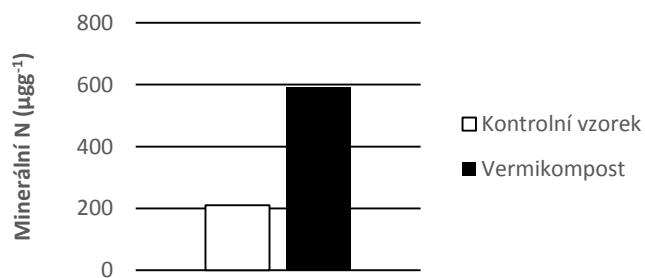
Graf 5: Vliv žížal na respiraci mikroorganismů po 1 měsíci.



Graf 6: Vliv žížal na metabolický kvocient po 1 měsíci.



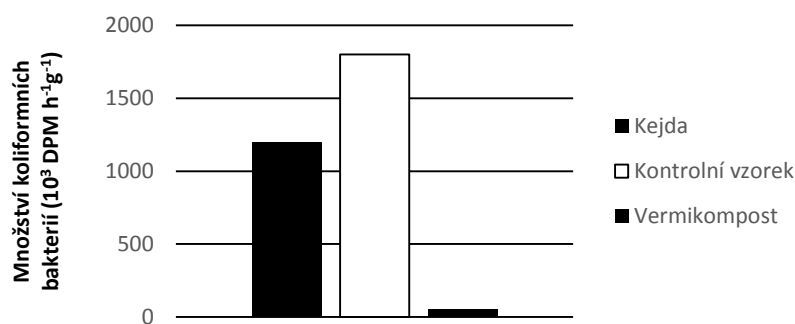
Graf 7: Vliv žížal na rychlost rozkladu organické hmoty po 1 měsíci.



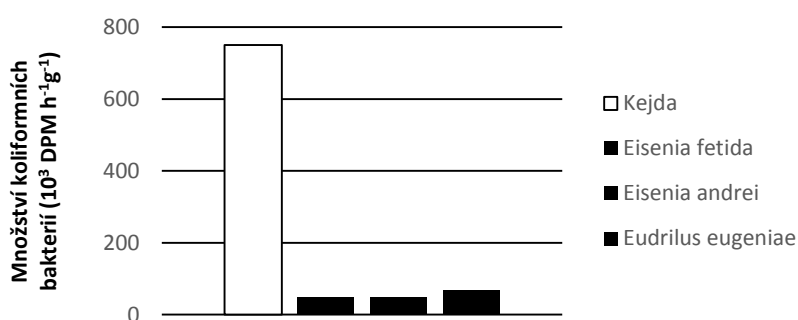
Graf 8: Vliv žížal na minerální dusík po 1 měsíci.

3.5.5 Vliv žížal na koliformní bakterie v průběhu vermikompostování

Žížaly také výrazně snižují populaci celkových koliformních bakterií v průběhu vermikompostování. Průchod střevy žížal druhu *Eisenia andrei*, *Eisenia fetida*, a *Eudrilus eugeniae* snížil jejich množství celkem o 98% v poměru k čerstvé kejdě prasat (Graf 9); (Monroy et al. 2009). Ke stejně drastickému snížení populace celkových koliformních bakterií došlo také v jiném experimentu po 2 týdnech vermikompostování za pomoci druhu žížal *E. fetida*. Snížení celkových koliformních bakterií vyšlo velice podobné i v pokuse od Eastman et al. (2001). Došlo ke snížení těchto a dalších lidských patogenů. Což znamená účinnost vermikompostování při snižování hladiny lidských patogenů v průběhu stabilizace biomasy a dalších organických odpadů. Jak již bylo uvedeno, trávení žížal rozkládající substrát snižuje dostupnost živin pro mikroorganismy, čímž se snižuje množství mikroorganismů ve vermikompostu (Brown, 1995). Existuje stále více důkazů, že žížaly mají specifickou střevní mikroflóru (Karsten a Drake 1995; Horn et al. 2005), a snížení celkových koliformních bakterií může být také spojeno s konkurenčními interakcemi mezi koliformními bakteriemi a mikroorganismy, které jsou specifické pro střeva žížal (Brown a Mitchell, 1981). Kromě toho byl několika autory pozorován negativní vliv pro průchod střevem žížaly pro enterobakterie, jako je *Serratia marcescens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* a *enteridis* (Brown a Mitchell 1981), což naznačuje navýskyt selektivních účinků pro požitá mikroorganismy.



Graf 9: Vliv žížal na snížení počtu koliformních bakterií po jednom měsíci



Graf 10: Snížení množství koliformních bakterií po 2 týdnech

3.6 Vybrané druhy biologicky rozložitelných odpadů

3.6.1 Digestát

Je produktem fermentačního procesu probíhající v bioplynové stanici. Je to kapalný, stabilizovaný materiál, který je kvalitním organominerálním hnojivem nebo také kvalitní surovinou pro výrobu kompostu (Oravová, 2010).

Problémem digestátu jsou jeho nežádoucí vlastnosti, omezující jeho aplikaci na půdu. Patří mezi ně nežádoucí zápach nebo vysoký obsah těkavých mastných kyselin, které mohou působit fyto toxicky. Možností je oddělit kapalnou a tuhou frakci a pevnou frakci následně zkompostovat. Dojde tak k snížení zápachu, potenciální fyto toxicity a sníží se obsah patogenů. (Bustamante et al., 2012; 2013).

Digestát již z podstaty svého původu obsahuje vysoké množství anaerobních mikroorganismů. Běžné kompostování probíhá v aerobním prostředí, ale přítomností anaerobních organismů může dojít k ovlivnění procesu kompostování. Je tedy nutné zajistit dostatečně dlouhý čas trvání termofilní fáze z důvodu zajištění dostatečné hygienizace digestátu (Franke-Whittle et al., 2014).

3.6.2 Hnůj

Vzniká uzráním chlévské mrvy na hnojišti. Chlévská mrva je směs steliva, zbytků krmiva a výkalů. Množství organických látek, sušiny a živin v chlévském hnoji se odvíjí od druhu zvířat a jejich stáří, od druhu steliva a od způsobu ustájení (Vaněk a kol., 2012).

Zráním hnoje dochází k látkovým přeměnám. Tyto změny jsou nejintenzivnější za přítomnosti kyslíku. Dochází k rozkladu organické hmoty a živin. Proto je nutné zabránit přístupu kyslíku. Pokud je mrva špatně uložena, mohou být ztráty organické hmoty i 50 %, dusíku 40 %, fosforu 5 % a draslíku i 20 % (Vaněk a kol., 2012).

Průměrný koňský hnůj obsahuje 25 % sušiny. Dále podle kvality a množství steliva obsahuje 20 % organických látek, 0,65 % dusíku, 0,13 % fosforu, 0,52 % draslíku, 0,21 % vápníku a 0,11 % hořčíku (Vaněk a kol., 2007).

3.6.3 Jablečné výlisky

Lisováním šťávy z jablek zůstává vedlejší produkt v podobě jablečných výlisků. Jedná se o 30 % z původního objemu ovoce. Tvoří je semena, stopky a slupky (Mamma et al., 2009).

Produkce jablečné šťávy se stále zvyšuje, a tak likvidace tohoto odpadu představuje stále se zvětšující problém. U tohoto odpadu je komplikací jeho náchylnost k mikrobiálnímu rozkladu. Je nutné je sušit, skladovat a přepravovat. Což zvyšuje náklady a tím omezuje využitelnost. Nejčastěji tak bývají využívány jako krmivo nebo jako hnojivo (Mamma et al., 2009).

Jablečné výlisky jsou ideální pro výrobu pektinu, díky vysokému obsahu pektinových látek, *kteří lze* využít k mikrobiální biosyntéze pektinázy (Jacob, 2009).

Hanč a Chadimová (2014) uvádějí, že jablečné výlisky jsou vhodným materiálem pro vermikompostování. V průběhu procesu poklesne hmotnost a objem zpracovávaného materiálu a výsledný obsah živin ve vermikompostu se zvýší.

3.6.4 Kuchyňský bioodpad

Je to organický odpad pocházející z restaurací, domácností nebo kaváren (Wang et al., 2008).

Komplikací zpracování kuchyňského bioodpadu kompostováním nebo vermikompostováním je vysoká vlhkost. V průběhu procesu je nutné zajistit odvod nadměrné vlhkosti. (Nair et al., 2006). Tento problém lze také řešit využitím nějakého absorpčního materiálu, který přimícháme do směsi. Takto lze využít papír, který je netoxický, biologicky snadno odbouratelná surovina. Další možností je přidání dřevní štěpky. Zvýší se tak provzdušnění materiálu, což u vysoce vlhkých surovin bývá problém (Hanc a Pliva, 2013).

3.6.5 Matolína

Je vedlejším produktem vinařského zpracovatelského průmyslu. Obsahuje Z 50 % slupky z hroznů, z 25 % semena a z 25 % stonky hroznů. Je zbytkem po vylisování, rozdrcení vinných hroznů (Jin a Kelly, 2009).

Nejčastěji je matolina zpracovávána pro výrobu alkoholu. Zrno lze využít jako krmivo hospodářských zvířat. Celkově má matolina nízkou nutriční hodnotu a je tedy často spalována nebo skládkována (Jin a Kelly, 2009).

Matolinu lze využít pro vermikompostování. Během procesu poklesne poměr C:N včetně vodivosti a fytotoxicity, zatímco živiny a hodnota pH se zvýší (Garg a Gupta, 2009).

3.7 Výluhy

Jsou to vodné extrakty získané z vermikompostů. Rozpustné živiny, mikroorganismy a látky prospívající rostlinám jsou z pevné látky převedeny do formy kapalné (Salter a Edwards, 2011).

Edwards et. al. (2011) dále vodné výluhy definují jako proces převedení látek (mikroorganismy, rozpustné živiny, rostlinám prospěšné látky) z pevné látky do kapalné formy.

Výše uvedené platí za předpokladu, že tyto látky lze převést z vermikompostu do výluhu (Arancon et al., 2007).

V poslední době je všeobecnou snahou snižování užívání chemických hnojiv a pesticidů. Z tohoto důvodu se experimentuje s vývojem a případným užitím vodných extraktů z klasického kompostu, ale i z vermikompostu. Výhodou těchto tekutin (dále jen „výluhy“) je jejich výrazně snazší aplikace do půdy v porovnání s pevným materiálem. Metody produkce se liší, ale obecně se předpokládá, že živiny pro rostliny včetně mikrobiální aktivity jsou transportovány z vermikompostu do výluhu.

Extrakce trvá 12 hodin až 3 týdny. Jsou procesy na výrobu výluhu, ve kterých se používá aerace, ale při některých nikoli (Arancon et al. 2007).

3.7.2 Výroba výluhu

Na začátku je nutné smíchat vermikompost s vodou. Poměr vermikompostu a vody se liší a pohybuje se v rozmezí od 1:33 až do 1:200 (Arancon et al., 2007). Ideální poměr mezi vermikompostem a vodou se mění podle účelu použití a podle způsobu přípravy. Pokud špatně zvolíme poměr vermikompostu s vodou, může být výsledný výluh chudý na živiny či mikroorganismy (Ingham, 2005).

Pro udržení konstantních vlastností, je důležité se stále držet neměnných postupů. Výsledný výluh ovlivňují jak vstupní materiály, kvalita vody, ale také technologie výroby, jako je aerace, míchání, čas či teplota (Edwards et al., 2011).

Jsou dva převažující způsoby produkce výluhů, tzv. výroba výluhu s aktivní aerací a bez aerace. Scheurell et Mahaffee (2002) a Ingham (2005) uvádějí termíny neprovzdušněné výluhy a provzdušněné výluhy. Při výrobě výluhu s aerací je směs aktivně provzdušněná v průběhu extrakce. Při výrobě bez aerace je extrakce minimálně narušována a nedochází k aktivnímu provzdušňování.

Salter a Edwards (2011) uvádějí, že chemické a biologické vlastnosti výluhů z vermikompostu jsou především ovlivněny následujícími faktory:

- Výchozí surovina vermikompostu (viz. Kapitola 3.6)
- doplňkové živiny
- délka extrakce
- Využití aerace a míchání
- kvalita vody a teplota

3.7.2.1 Doplnkové živiny

Častou praxí využívanou pro lepší vlastnosti výsledných výluhů, a to především s pozitivním vlivem na růst mikroorganismů, je přidávání podpůrných přísad. Předpokládá se, že zvýšením činnosti aktivní biomasy bude výsledný výluh kvalitnější (Edwards et al., 2011).

Jako aditivum lze využít cukr, extrakt z řas, humínové kyseliny apod. (Pant et al., 2009).

3.7.2.2 Doba vyluhování

Je důležitým faktorem, který ovlivňuje kvalitu výluhu. Ingham (2005) uvádí, že doba vyluhování by měla být tak dlouhá, aby byla vyextrahována většina mikroorganismů a rozpustitelných živin. Doplnuje jej Edwards et. al. (2011) postřehem, že délka vyluhování závisí na velikosti a typu vyluhovacího zařízení, účelu aplikace a druhu vermikompostu.

3.7.2.3 Teplota vody

Teplota je důležitý faktor, protože ovlivňuje jaké druhy mikroorganismů a velikosti jejich populací ve výsledném výluhu se budou nacházet. Ovlivňuje také koncentraci kyslíku,

který je ve vodě rozpuštěn. V příliš teplé vodě je nižší obsah kyslíku, a tak je méně přístupný pro mikroorganismy (Edwards et al., 2011).

3.7.2.4 Extrakce s aerací a bez aerace

Extrakce s aerací a bez aerace jsou nejčastější způsoby přípravy výluhů. Při provzdušňování je výluh aktivně provzdušňován po celou dobu vyluhovacího procesu (Scheuerell a Mahaffee, 2002).

Aerace podporuje rozmnožování mikroorganismů ve výluhu a zabraňuje rozvoji anaerobních mikroorganismů, které mohou vytvářet metabolity nepříznivě ovlivňující růst rostlin (Salter a Edwards, 2011).

Toto potvrzuje Edwards et al. (2011) i v další studii, kde taktéž uvádí, že aerace má příznivý vliv na populaci aerobních mikroorganismů a tak dochází ke snižování anaerobních populací mikroorganismů u kterých je riziko produkce vedlejších nežádoucích metabolitů.

Dalším přínosem je homogenní promíchání extraktu, čímž se živiny lépe vyluhují. Výluhy produkované s aerací jsou stabilnější a účinnější, než výluhy produkované bez aerace (Edwards et al., 2006).

Výluhy bez aerace potřebují delší čas na pro extrakci než výluhy s aerací. Výluh bez aerace je často nutné extrahovat 7- 14 dní, aby se rozvinuly potřebné mikroorganismy. Aerovaným výluhům většinou stačí 24- 48 hodin. (Ingham, 2005). Nejčastěji se však vermikompost vyluhuje 24 hodin (Edwards et al., 2011). Scheuerell a Mahaffee (2002) uvádějí, že výluh s využitím aerace, který byl extrahován 24 hodin, byl využitelný jako listová výživa rostlin. Ale výluh extrahovaný 14 dní měl pozitivní vliv na choroby rostlin.

Jsou výzkumy poukazující na prospěšnost neprovzdušňovaného výluhu, který účinněji likvidoval některé rostlinné choroby lépe než aerovaný výluh (Scheuerell a Mahaffee, 2004). Ale v jiném výzkumu Scheuerell a Mahaffee (2000) nezjistili rozdíl mezi výluhem bez aerace a výluhem s aerací aplikovaném na padlí růžové. Myslí si, že důležitějším faktorem je vstupní materiál, využitý na výrobu výluhu, než metoda extrakce. Pant et al. (2009) tuto hypotézu potvrzuje. Uvádí, že účinky vermikompostů aplikovaných na rostliny jsou stejné bez ohledu na způsob extrakce. Aerace tak v průběhu vyluhování není nezbytná.

3.7.2.5. Využití výluhů

Škála využití výluhů z vermikompostů je velice široká. Můžeme je aplikovat v zemědělství, v zahradnictví či při úpravě krajiny. Konkrétně jsou vhodné na využití ve vinařství, sadovnictví nebo trávníkářství. Jejich výhodou v porovnání s pevným vermikompostem je možnost aplikace na listy rostlin nebo aplikace formou záливky (Edwards et al., 2011). Další výhodou výluhů je snazší aplikace na rostliny nebo do půdy než u pevného vermikompostu (Edwards et al., 2010b).

Výluhy jsou dobře využitelné v ekologickém zemědělství jako náhradu pesticidů. Je prokázáno, že potlačují škůdce na rostlinách. Například červce citroníkového (*Planococcus citri*), mšici broskvoňovou (*Myzus persicae*), svilušku chmelovou (*Tetranychus urticae*). S největší pravděpodobností je příčinou výskytu rozpustných fenolů, které se uvolňují z vermikompostu do výluhu (Edwards et al., 2010a; 2010b). Výluhy se také používají k potlačení rostlinných chorob jako jsou třeba (*Pythium*, *Rhizoctonia*, *Plectosporium*, *Verticillium*) (Arancon et al., 2007).

Pokud jsou výluhy aplikovány na rostliny, je důležité zvážit ředící poměr, periodu aplikace, aplikační zařízení nebo přidání speciálních mikrobiálních antagonistů (Scheuerell a Mahaffee, 2002).

U výluhů pocházejících z vermikompostů ze zvířecích odpadů je nebezpečí výskytu patogenů. Mohou to být především koliformní bakterie nebo bakterie rodu *salmonella*. Tento problém může nastat, pokud jsou do procesu přidány uhlíkaté substráty, jako jsou cukr nebo melasa. U těchto výluhů je nutné zamezit jejich aplikaci na listy jedlých rostlin (Edwards et al., 2006).

Aplikace výluhů z vermikompostu na listy rostlin brání jejich napadení patogenními bakteriemi, protože povrchy listů jsou kolonizovány žádoucími bakteriemi z výluhů. Dalším pozitivem výluhů je jejich aplikace formou záливky. Rostliny lépe rostou a mají vyvinutější kořenový systém. Také jsou odolnější vůči škůdcům (Ingham, 2005).

Postřik plodin výluhem z vermikompostu efektivně zamezuje výskytu škůdců a tak výrazně snižuje nutnost používání chemických pesticidů a insekticidů Sinha et al. (2010).

Výluhy zvyšují retenční schopnost půdy, zlepšují její strukturu a rozložení organických látek, z důvodu vyššího výskytu mikroorganismů podílejících se na jejich rozkladu (Ingham, 2005).

3.8 Vybrané vlastnosti

3.8.2 Dusík

Za normálních podmínek bezbarvý plyn bez chuti a bez zápachu. Lehčí než vzduch. Dvou atomární molekuly dusíku jsou velmi málo reaktivní díky trojně vazbě, která je velmi pevná a je tak příčinou jeho malé reaktivity. Je tedy velmi stabilní, tzv. inertní plyn, takže reaguje s jinými chemickými sloučeninami pouze za vysokých teplot a tlaků a štěpí se až za vysokých teplot (asi 4000°C). Za vysokých teplot se však dusík slučuje s většinou prvků – např. s kyslíkem okolo teploty 2 500 °C.

Atomární dusík je naopak velmi reaktivní a nelze ho uchovávat. Vysoká reaktivita spočívá v tom, že má ve valenční vrstvě 3 nepárové elektrony. Stabilitu docílí tím, že buď přijme tři elektrony a vytvoří stabilní oktet ve valenční sféře N^{3-} , nebo odevzdá až 5 elektronů a získá tím kladnou valenci, např. N^{1+} , N^{3+} nebo N^{5+} .

Dusík má po kyslíku a fluoru třetí největší hodnotu elektronegativity, a proto u něj převládá schopnost vytvářet anion, který se nazývá nitridový N^{3-} . Pouze ve sloučeninách s kyslíkem a fluorem je schopen tvořit ionty, kde se uplatňuje v kladné valenci. Například v dusičnanech má dusík oxidační číslo N^{5+} (Greenwood a Earnshaw, 1993)

3.8.3 Amoniak

Amoniak, neboli azan (triviální název čpavek) je bezbarvý, velmi štiplavý plyn. Je to toxická a nebezpečná zásaditá látka. Při vdechnutí poškozuje sliznici. Je lehčí než vzduch. Je velmi dobře rozpustný ve vodě, a to při 0 °C 1 148 cm³ ve 100 ml vody, za vzniku čpavku. Vzniká mikrobiálním rozkladem organických zbytků, exkrementů a moči živočichů většinou se váže ve formě amonných solí. Například ryby většinu odpadního dusíku vylučují ve formě amoniaku. Proto je ve stopovém množství i v zemské atmosféře. Jako chlorid amonný se vyskytuje jako minerál salmiak především v blízkosti solfatar a dalších vulkanických jevů.

Člověk a jiní savci díky specifickým mechanismům jsou schopni amoniak ve svých tělech eliminovat, takže jeho toxicita jim obvykle nezpůsobuje problémy. Eliminace je konverzí amoniaku na karbamoylfosfát (pomocí enzymu karbamoylfosfátsyntázy), který potom vstupuje do močovinového cyklu a je vyloučen močí nebo je přeměněn na aminokyseliny. Ryby a obojživelníci jej však nemohou takto eliminovat, protože tento mechanismus postrádají a tak obvykle amoniak pouze přímo vylučují. Proto je velmi toxický

pro vodní živočichy i ve velmi nízkých koncentracích a proto je Směrnici Rady 67/548/EHS klasifikován jako nebezpečný pro životní prostředí (Greenwood a Earnshaw, 1993).

3.8.4 Celkový dusík

Je to součet koncentrace amoniakálního dusíku, organického dusíku, dusičnanového dusíku a dusitanového dusíku. Amoniakální dusík se vyskytuje ve formě nedisociovaného amoniaku NH_3 , který je ve vodě hydratovaný ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) nebo kationtu NH_4^+ a poměrné zastopení závisí na pH vody. Dusičnany jsou konečným produktem rozkladu organicky vázaného dusíku. Větší množství dusičnanů se dostává do vody při jejich aplikaci v zemědělství ve formě hnojiv (Greenwood a Earnshaw, 1993).

3.8.5 Uhlík

Uhlík (chemická značka C, latinsky *Carboneum*) je základním stavebním kamenem všech organických sloučenin. Je typickým nekovovým chemickým prvkem. V elementárním stavu se vyskytuje ve dvou základních modifikacích.

Jako grafit (tuha), je nejčastější přírodní modifikace uhlíku. Vyskytuje se v šesterečné soustavě. Druhou formou výskytu uhlíku jako minerálního prvku je diamant, kde uhlík krystalizuje v krychlové soustavě a je i nejtvrdším a velmi cenným nerostem.

V anorganických sloučeninách se vyskytuje v mocenství +2, +4 a -1. Nejvýznamnější anorganickou sloučeninou uhlíku je oxid uhličitý CO_2 , podílející se na tvorbě rostlinných tkání pomocí fotosyntézy. Zároveň se vrací zpět do atmosféry při dýchání živých organismů a při spalování fosilních paliv.

CO_2 je rozpustný ve vodě za vzniku oxoniového iontu H_3O^+ a hydrogenuhličitanového iontu HCO_3^- , což bývá špatně označováno jako kyselina uhličitá. Především jsou ale známy soli. Většina je ve vodě nerozpustná. Rozpustné jsou jen uhličitany alkalických kovů a amoniaku (Newton, 1982).

Organické sloučeniny jsou látky obsahující alespoň jeden atom uhlíku a téměř vždy atom vodíku. Většina má atomy vázané jednoduchou vazbou C-C, ale uhlík je čtyřvazný, takže vytváří i vazbu dvojnou $\text{C}=\text{C}$ a vazbu trojnou $\text{C}\equiv\text{C}$. Vznikají proto dlouhé řetězce a molekuly s rozvětvenou nebo cyklickou strukturou. Společně s uhlíkem se v těchto

molekulách váží i další prvky, především biogenní prvky vodík, kyslík, dusík, síra a fosfor, ale mohou to být i halogeny, křemík a mnoho dalších (Reinhold, 1984).

3.8.6 Měrná vodivost

Je to fyzikální veličina popisující schopnost látky vést elektrický proud. Dobrý vodič má vysokou hodnotu konduktivity, špatně vodící látka má nízkou hodnotu konduktivity. Konduktivita závisí na teplotě (viz též teplotní součinitel elektrického odporu), zejména u polovodičů je tato závislost velmi významná (Martoň, 2004).

3.8.7 Hodnota pH

pH (*potential of hydrogen*) taktéž vodíkový exponent je číslo vyjadřující, zda roztok reaguje kyselě či zásaditě. Jedná se o logaritmickou stupnici s rozsahem hodnot od 0 do 14. Přitom voda, která je neutrální má při standardních podmínkách pH rovno 7. U kyselých látek je pH menší než sedm a zásady mají $\text{pH} > 7$ (Reinhold, 1984).

3.8.8 Rozpuštěný kyslík

Jedná se o významný parametr zjišťovaným při výzkumu vlastností vodstva jako životního prostředí. Je indikátorem kvality a čistoty povrchových. Rozpustnost O_2 ve vodě se řídí Henryho zákonem, kdy rozpustnost plynu za dané teploty je přímo úměrná jeho tlaku nad hladinou. Koncentraci kyslíku ve vodě ovlivňuje především teplota, tlak a salinita. Kyslík, který je rozpuštěný ve vodě, se udržuje v rovnovážném stavu, z kterého je ale vychylován dvěma procesy. Deoxygenací (úbytek kyslíku biochemickým rozkladem organických látek) a fotosyntézou (kyslík jako vedlejší produkt fotosyntézy) (Martoň, 2004).

4. Materiál a metodika

4.1 Produkce vermikompostu

Náš pokus byl založen na pěti druzích biologicky rozložitelných odpadů. Použili jsme koňský hnůj, digestát, matolinu, jablečné výlisky a kuchyňský odpad. Po ukončení pokusu proběhla analýza vermikompostů, aby bylo zjištěno jejich chemické složení (Tabulka 1, Tabulka 2).

Pokus probíhal ve výzkumné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu. Samotné Vermikompostování probíhalo v plastových vermikompostovacích nádobách značky *Worm Factory*, které mají perforované dno. Rozměry těchto nádob byly 40 x 40 x 18 cm. Na překrytí perforovaného dna se použila geotextilie.

Do vermikompostéru byl vložen biologicky rozložitelný odpad ještě se substrátem, ve kterém byly žížaly rodu *Eisenia* produkované firmou *Ekovermes*. 1 litr takového substrátu obsahuje cca 200 jedinců žížal. Do nádob bylo vloženo 10 litrů substrátu, takže na počátku bylo v nádobách cca 2000 žížal. Byly na sebe položeny dvě misky. V horní misce bylo 5 litrů biologického odpadu. Proti vysychání nádob byla každá nádoba zavlažována vodou. Nádoby byly umístěny v místnosti bez oken s konstantní teplotou 25°C. Tato místnost byla dvakrát denně odvětrávána. Vždy 15 minut ráno a 15 minut večer. Žížaly mohou migrovat mezi substráty navzájem, proto bylo v místnosti v průběhu pokusu po celou dobu rozsvíceno, aby k tomu nedocházelo.

Pravidelné kontroly probíhaly jednou týdně a biologický odpad se doplňoval jednou za 14 dní. Takto pomocí žížal vznikly vermikomposty z materiálů, které byly dále využity v našem pokuse.

Vzorky byly odebrány z každého vermikompostu, z kterých bylo následně zjišťováno pH, měrná vodivost a obsah spalitelných látek. Celkové obsahy vybraných živin byly zjišťování rentgen-fluorescenční spektrometrií.

Tabulka 1: Vlastnosti vermikompostů

	čerstvý vzorek			suchý vzorek		
	sušina (%)	pH	vodivost (mS/cm)	pH	vodivost (mS/cm)	spalitelné látky (%)
digestát	15,4	7,3	8,6	6,7	24,1	67,0
hnůj	23,7	6,8	3,2	6,2	9,9	48,0
jablečné výlisky	19,0	8,1	1,2	7,2	3,2	77,0
kuchyňský bioodpad	24,2	5,5	5,6	7,2	16,7	55,0
matolina	24,1	7,8	3,8	7,4	7,6	77,0

Tabulka 2: Vlastnosti vermikompostů. g/kg

	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	Ncelk	DOC
hnůj	0.55	0.16	0.82	2.46
digestát	1.19	0.16	1.46	2.16
matolina	0.04	0.17	0.36	2.42
jablečné výlisky	0.05	0.17	0.26	2.10
kuchyňský odpad	0.48	0.15	0.68	2.18

4.2 Produkce výluhu

Navážka jednotlivých vermikompostů byla vždy 1 kilogram. Poté byla vložena do propustné nádoby, která byla vložena do nádoby s 9 litry demineralizované vody.

Zařízení určené pro tvorbu výluhů z vermikompostů bylo složeno ze skleněné nádoby, ve které byly 4 na sobě nezávislé sondy. Sondy byly propojeny s počítačem a zaznamenávaly kontinuálně pH, teplotu, měrnou vodivost a obsah rozpuštěného O₂. Celý objem byl pomocí ohřívače zahříván na teplotu 30 °C.

Byly testovány dvě varianty přípravy výluhů. První byla varianta s mícháním bez aerace a druhá varianta byla opět s mícháním a navíc ještě s aerací, kde průtok vzduchu

byl 10 NI/min. Míchání zajišťovalo magnetické míchátko, které jsme nastavili na 750 ot/min.

Vzorky výluhů byly odebírány vždy po 1, 6, 12, 24, a 48 hodinách vyluhování. Je nutné zdůraznit, že po každém odběru nebyla doplňována další demineralizovaná voda do původní hladiny.

4.3 Stanovení N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ a DOC

Pro měření byl použit kontinuálně průtokový analyzátor *San Plus Systém*, který vyrábí holandská firma *Skalar*. Tento přístroj pracuje na principu kolorimetrie. Jedná se o změnu intenzity zbarvení v závislosti na koncentraci měřené látky. V přístroji je zabudován dávkovač vzorků a láhev s činidlem. Spolu jsou nasávány peristaltickou pumpou do chemické jednotky. Segmentování proudu vzorku vzduchovými bublinami zajišťuje vestavěný vzduchový injektor. Používaná činidla jsou přidávána a míchána se vzorkem ve spirálách v chemické jednotce. V přístroji lze také upravovat reakční směsi Ohřevem, dialýzou a UV digescí.

Takto připravené reakční směsi jsou přiváděny do vestavěných detekčních hlav, kde se stanovuje dusík, nebo jsou přiváděny do separátního externího infračerveného detektoru pro stanovení uhlíku.

Nitrátový N je měřen při vlnové délce 540 nm, amonný N je měřen při vlnové délce 660 nm a celkový N je měřen při vlnové délce 540 nm. Výstupní signál je z fotometru a IR detektoru dále převáděn do interface a poté do počítače k dalším výpočtům.

4.4 Vyluhovatelnost prvků

Na tomto základě byly spočítány vyluhovatelnosti do roztoku. Vycházelo se z poměru látek obsažených ve vermikompostu a z látek obsažených ve výluhu. Látky obsažené ve výluhu byly v čitateli a látky obsažené ve vermikompostu ve jmenovateli zlomku. Vše jsme vynásobili 100, aby výsledek vyšel v %.

$$\text{vyluhovatelnost (A)} = \frac{c_A \times V}{w_A \times w \times m} \times 100 [\%]$$

A – vybraný prvek

c_A – koncentrace prvku ve výluhu [mg/l] V – objem vody [l]

w_A – celkový obsah prvku ve vermikompostu [ppm]

w – sušina

m – hmotnost navážky [mg]

5. Výsledky

5.1 Obsah a vyluhovatelnost N-NO_3^- , N-NH_4^+ , $\text{N}_{\text{celkový}}$, DOC

5.1.1 N-NO_3^-

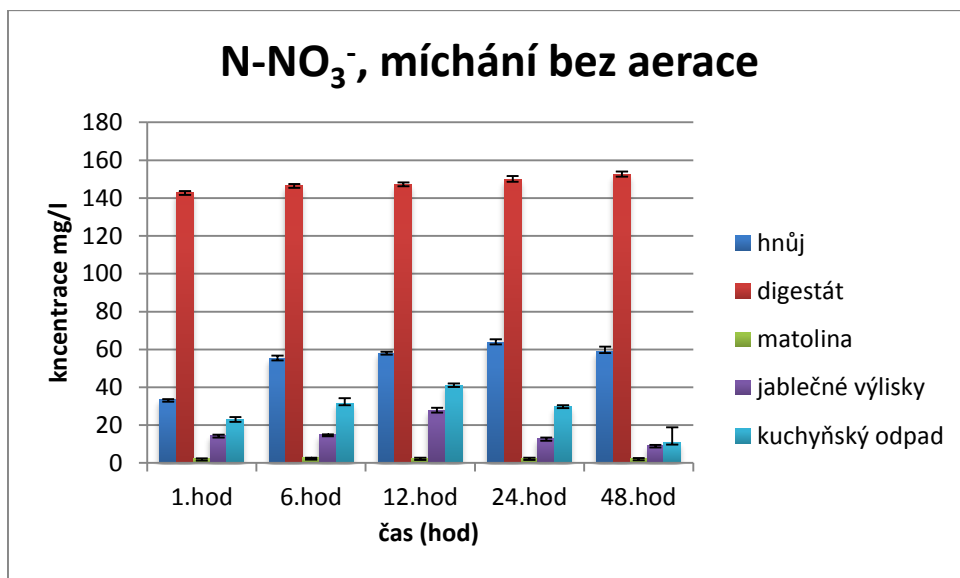
V grafu č. 11, v průběhu vyluhování bez aerace bylo nejvyšší množství N-NO_3^- ve výluhu z vermikompostu z digestátu. Množství N-NO_3^- v tomto výluhu se v průběhu extrakce nijak dramaticky neměnilo, ale postupně jeho množství pomalu stoupalo. Po 1. hodině byla naměřena hodnota 136 mg N-NO_3^- /l a po 48 hodinách vystoupalo množství N-NO_3^- na 146 mg/l.

Vermikompost z hnoje dosahoval druhých nejvyšších hodnot, kdy po 1. hodině vyluhování byly naměřeny hodnoty 33 mg N-NO_3^- /l a po 48 hodinách hodnoty dosahovaly 59 mg N-NO_3^- /l, ale nejvyšší hodnota byla naměřena po 24 hodinách a to 64 mg N-NO_3^- /l.

Výluh vermikompostu z kuchyňského odpadu obsahoval po 1. hodině 23 mg N-NO_3^- /l a po 48 hodinách to bylo jen 11 mg N-NO_3^- /l. Přičemž množství naměřeného N-NO_3^- nejdříve stoupalo a maxima bylo dosaženo po 12- ti hodinách, kdy bylo naměřené množství 41 mg N-NO_3^- /l.

Podobný vývoj nastal i u výluhu vermikompostu z jablečných výlisků. Po 1. hodině bylo naměřeno 14 mg N-NO_3^- /l. Maximální naměřené množství N-NO_3^- bylo po 12- ti hodinách a to 14 mg N-NO_3^- /l. Poté hodnota zase klesla a po 48 hodinách bylo naměřeno 9 mg N-NO_3^- /l.

Velmi nízkých výsledků dosahoval výluh vermikompostu z matoliny kde bylo po 1. hodině naměřeno 2 mg N-NO_3^- /l a po 48 hodinách bylo množství naměřeného dusíku 2 mg N-NO_3^- /l.



Graf 11: Koncentrace N-NO₃⁻ (mg/l) ve výluzích stanovená pomocí kolorimetrie

V grafu č. 12 je zobrazena varianta s aerací, kde byly naměřeny nejvyšší hodnoty opět ve výluhu vermikompostu z digestátu. Po 1. hodině bylo naměřeno 136 mg N-NO₃⁻/l. Maximální hodnota byla naměřena po 12-ti hodinách vyluhování a to 175 mg N-NO₃⁻/l. Potom hodnota zase klesla a po 48 hodinách dosahovala 146 mg N-NO₃⁻/l. Toto množství bylo o 4 % nižší než ve variantě bez aerace.

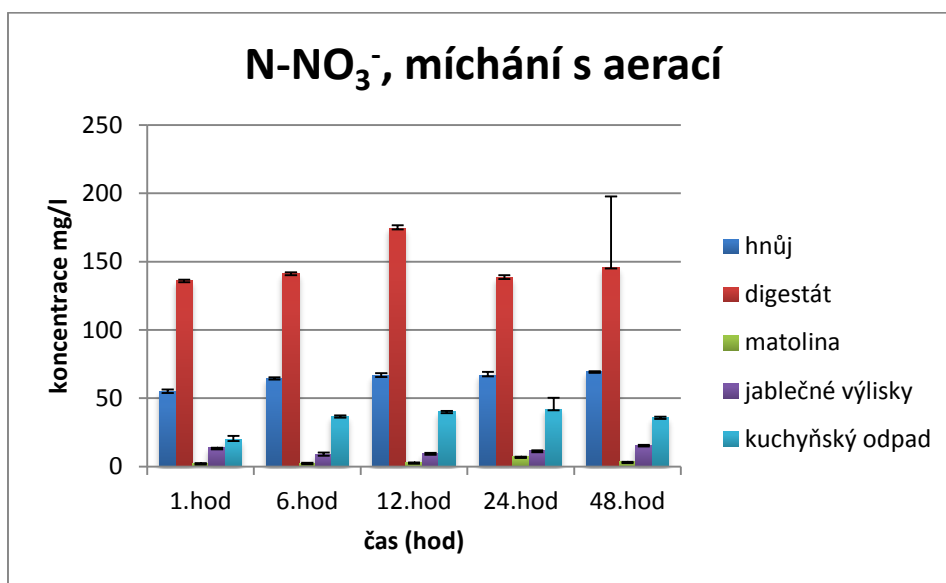
Výluh vermikompostu z hnoje opět dosahoval druhých nejvyšších hodnot, i když výrazně nižších než u digestátu. Po 1. hodině bylo naměřeno 55 mg N-NO₃⁻/l ve výluhu a pak hodnota dále stoupala, až dosáhla maxima po 48 hodinách, kdy měla hodnotu 70 mg N-NO₃⁻/l a byla vyšší než ve verzi bez aerace, a to o 15 %.

Výluh vermikompostu z kuchyňského odpadu po 1. hodině vyluhování dosáhl na hodnotu 20 mg N-NO₃⁻/l. Maximum bylo naměřeno po 24 hodinách vyluhování a to bylo 42 mg N-NO₃⁻/l, ale potom hodnota klesla a po 48 hodinách bylo ve výluhu 36 mg N-NO₃⁻/l. I tak bylo množství N-NO₃⁻ po 48 hodinách o 70 % vyšší než ve variantě bez aerace.

Množství N-NO₃⁻ obsaženého ve výluhu vermikompostu z jablečných výlisků bylo nižší než ve variantě s aerací a po 1. hodině vyluhování bylo 14 mg N-NO₃⁻/l ve výluhu. Potom hodnoty klesly, takže po 6-ti hodinách vyluhování dosahovaly hodnoty 9 mg N-NO₃⁻/l, ale pak začalo množství dusíku ve výluhu opět stoupat, takže po 48 hodinách vyluhování bylo ve výluhu 16 mg N-NO₃⁻/l.

Nejnižší hodnoty byly naměřeny opět u výluhu vermikompostu z matoliny, takže po 1. hodině vyluhování byla naměřena hodnota 2 mg N-NO₃⁻/l, která pomalu stoupla na 4 mg N-

NO_3^-/l ve výluhu po 24 hodinách. Potom lehce klesla na konečnou hodnotu $3 \text{ mg N-NO}_3^-/\text{l}$ po 48 hodinách vyluhování.



Graf 12: Koncentrace N-NO_3^- (mg/l) ve výluzích stanovena pomocí kolorimetrie

5.1.2 N-NH_4^+

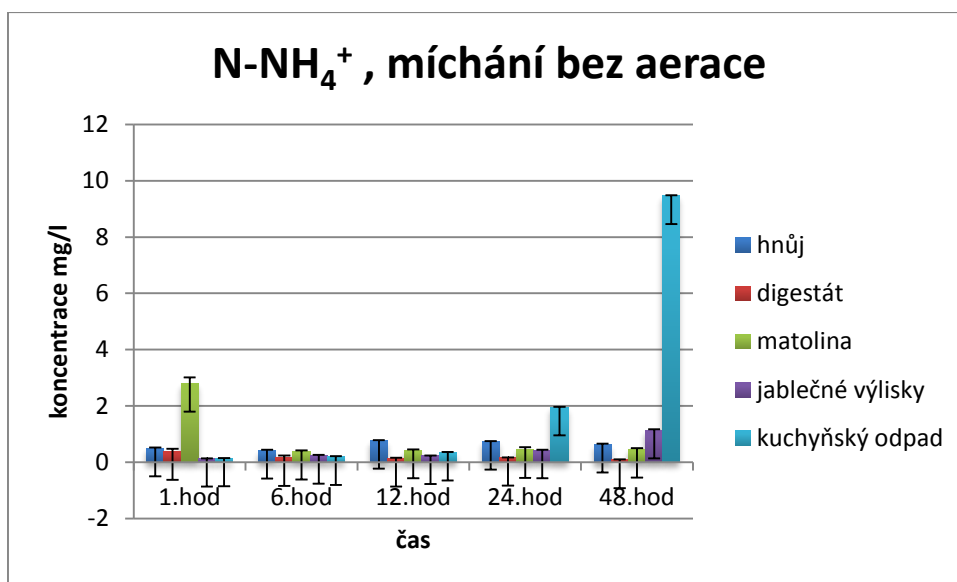
Graf č. 13 ukazuje množství N-NH_4^+ ve výluzích. Ve výluhu bez aerace bylo po 1. hodině vyluhování naměřeno nejvíce N-NH_4^+ ve výluhu z vermikompostu z matoliny a to 3 mg/l . potom množství kleslo a po 6- ti hodinách vyluhování byla hodnota $0,5 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$, po 12- ti a 24 hodinách shodně $0,4 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$ a po 48 hodinách $0,5 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$.

Ve výluhu z vermikompostu z hnoje po 1. hodině vyluhování naměřeno $0,5 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$ a tato hodnota stoupla, takže po 12- ti hodinách měření se ve výluhu nacházelo $0,7 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$, po 24 hodinách $0,2 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$. Potom množství kleslo, takže po 48 hodinách vyluhování bylo ve výluhu $0,6 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$.

Množství N-NH_4^+ ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků po celou dobu stoupalo. Po 1. hodině měření bylo množství N-NH_4^+ $0,1 \text{ mg/l}$ a potom hodnota stále stoupala až na $1,1 \text{ mg/l}$ po 48 hodinách.

Ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu výrazně stoupla množství amoniaku v posledních 24 hodinách vyluhování. V 1. hodině bylo množství N-NH_4^+ $0,1 \text{ mg/l}$, po 6- ti hodinách bylo naměřeno $0,2 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$ a po 12- ti hodinách $0,4 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$. Po 24 hodinách stoupla množství N-NH_4^+ na 2 mg/l a po 48 hodinách výluh obsahoval již $10 \text{ mg N-NH}_4^+/\text{l}$ což je nárůst o 50 %.

Nejnižší množství N-NH₄⁺ vykazoval výluh z vermikompostu z digestátu, kde po 1. hodině měření bylo 0,4 a dále jeho množství po celou dobu klesalo. Po 6- ti hodinách bylo naměřeno 0,2 mg/l N-NH₄⁺ a po 12- ti 0,1 mg/l. Potom množství lehce stoupl na 0,2 mg N-NH₄⁺/l. V posledních 24 hodinách množství N-NH₄⁺ kleslo na 0,1 mg/l.



Graf 13: Koncentrace N-NH₄⁺ (mg/l) ve výluzích stanovená pomocí kolorimetrie

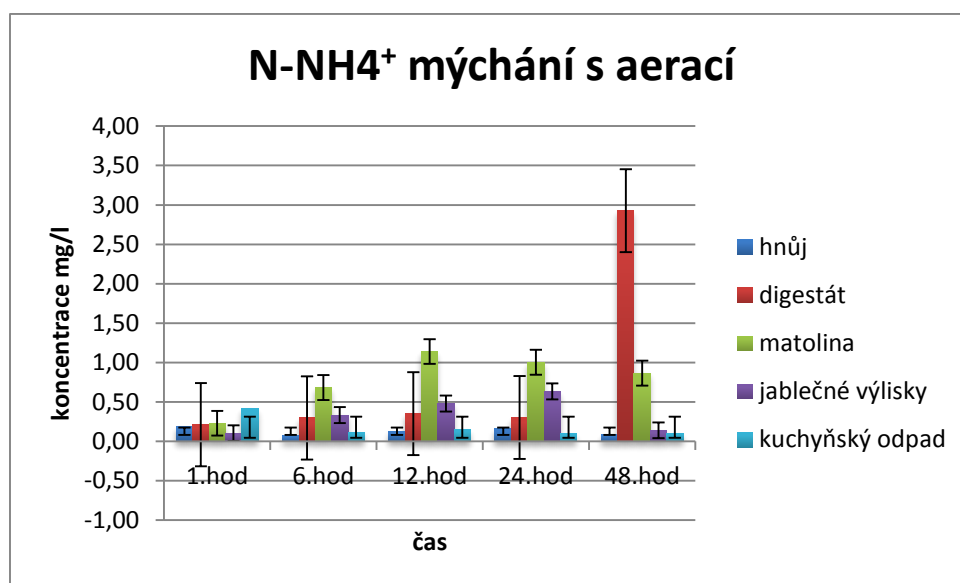
Graf č. 14 ukazuje, že nejvyšší nárůst množství N-NH₄⁺ v porovnání s variantou bez aerace byl ve výluhu z vermikompostu z matoliny. Po 1. hodině vyluhování dosahovalo množství N-NH₄⁺ 0,2 mg/l, potom hodnota stoupla až na své maximum po 12- ti hodinách na 1,1mg N-NH₄⁺/l. V posledních 36 hodinách množství klesalo, tak že po 24 hodinách bylo ve výluhu 1 mg N-NH₄⁺/l a po 48 hodinách 0,9 mg/l. Ve variantě s aerací je o množství N-NH₄⁺ o 48 % vyšší než ve variantě bez aerace.

Nejvyšší množství N-NH₄⁺ na konci vyluhování bylo ve výluhu z vermikompostu z digestátu. V 1. hodině množství dosáhlo 0,2 mg N-NH₄⁺/l a až do 24. hodiny se tato hodnota zvýšila o 0,1 mg/l na 0,3 mg/l N-NH₄⁺. Po 48. hodině vyluhování už množství N-NH₄⁺ ve výluhu bylo 3 mg/l. Což je nárůst o 90 % za 24 hodin a nárůst o 97 % v porovnání s variantou bez aerace.

Výluh z vermikompostu z jablečných výlisků obsahoval po 1. hodině měření 0,1 mg N-NH₄⁺/l. Poté množství stále stouvalo až do 24. hodiny kdy bylo množství N-NH₄⁺ ve výluhu 0,6 mg/l. Potom množství N-NH₄⁺ kleslo na 0,1 mg/l po 48 hodinách. Toto množství N-NH₄⁺ je o 97 % nižší než ve variantě bez aerace.

Nejnižší množství $N-NH_4^+$ bylo ve výluzích z vermikompostu z kuchyňského odpadu a z vermikompostu z hnoje. Ve výluhu z hnoje bylo po 1. hodině měření 0,2 mg $N-NH_4^+/l$ a po 6- ti hodinách množství kleslo na 0,1 mg/l. Poté hodnota zase stoupla na 0,15 mg/l po 12- ti hodinách a na 0,2 mg/l po 24 hodinách a v posledních 24 hodinách množství pokleslo na 0,1 mg/l.

Výluh z vermikompostu z jablečných výlisků obsahoval po 1. hodině měření 0,4 mg $N-NH_4^+/l$ a poté hodnota klesala až na 0,1 mg $N-NH_4^+/l$ po 48 hodinách vyluhování.



Graf 14: Koncentrace $N-NH_4^+$ (mg/l) ve výluzích stanovena pomocí kolorimetrie

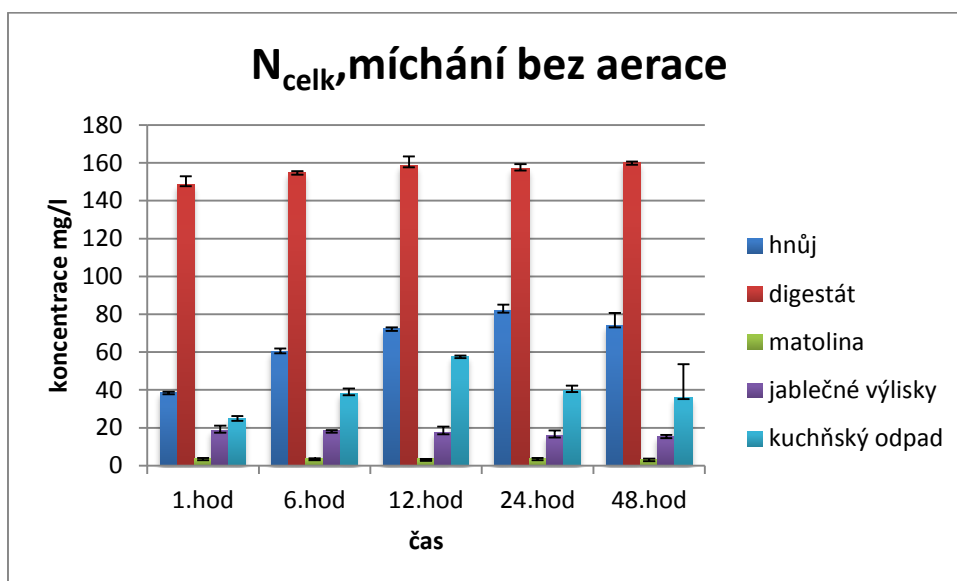
5.1.3 N_{celk} ve výluzích

V grafu č. 15 je vývoj množství $N-NO_3^-+NH_4^+$ (dále jen N_{celk}) v jednotlivých výluzích ve variantě bez aerace. Opět byl na dusík nejbohatší výluh z vermikompostu z digestátu, který po 1. hodině vyluhování obsahoval 149 mg/l N_{celk} . Tato hodnota se v průběhu vyluhování nijak výrazně neměnila a po 48 hodinách stoupla o 12 mg/l na hodnotu 161 mg N_{celk} /l .

Výluh z vermikompostu z hnoje obsahoval po 1. hodině vyluhování 39 mg/l a po 48 hodinách obsahoval 74 mg N_{celk}/l . Nejvyšší hodnota však byla změřena po 24 hodinách vyluhování a to 82 mg N_{celk} /l .

Výluh z vermikompostu z kuchyňského odpadu měl nejvyšší obsah N_{celk} po 12- ti hodinách vyluhování a to 58 mg N_{celk} /l .

Výluh z vermikompostu z jablečných výlisků obsahoval po 1. hodině jen 18 mg N_{celk} /l a toto množství se nijak výrazně neměnilo a po 48 hodinách byl obsah N_{celk} jen 16 mg/l. Nejméně N_{celk} bylo ve výluhu z matoliny kde množství nepřesáhlo hodnotu 4 mg/l.

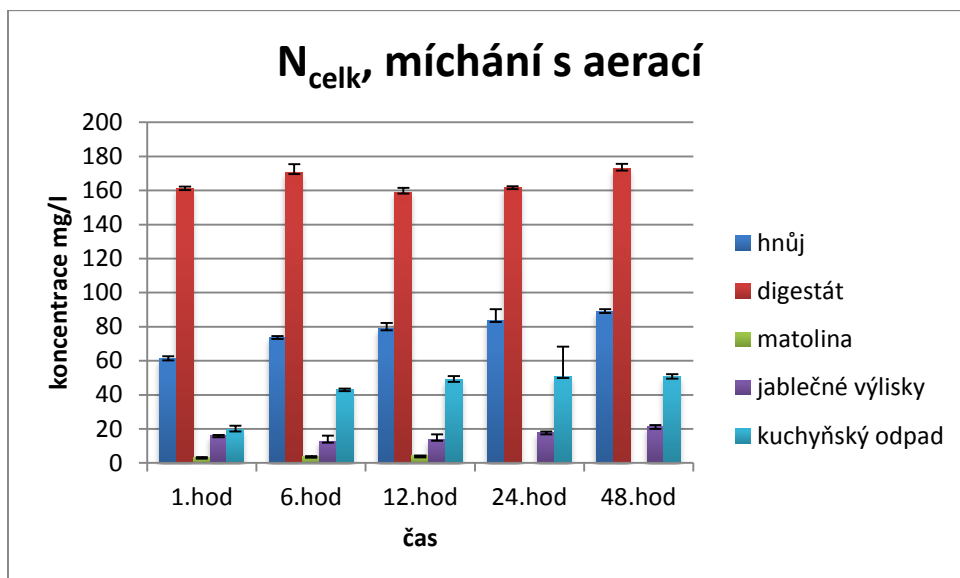


Graf 15: Koncentrace N_{celk} (mg/l) ve výluzích stanovená pomocí kolorimetrie

Ve variantě s aerací, kterou představuje graf č. 16, bylo množství N_{celk} vyšší než ve variantě bez aerace. Ve výluhu z vermikompostu z digestátu byl obsah N_{celk} opět nejvyšší. Po 1. hodině extrakce bylo množství N_{celk} 161 mg/l a toto množství se opět nijak výrazně neměnilo. Po 48 hodinách byl obsah N_{celk} 173 mg/l.

Výluh z vermikompostu z hnoje obsahoval po 1. hodině vyluhování 61 mg N_{celk} /l a toto množství kontinuálně stoupalo až na konečnou hodnotu 89 mg N_{celk} /l po 48 hodinách. Výluh z kuchyňských odpadů obsahoval po 1. hodině 19 mg N_{celk} /l a poté jeho hodnota dále kontinuálně stoupala a po 48 hodinách byla 51 mg N_{celk} /l.

Nejméně N_{celk} bylo opět ve výluzích z vermikompostu z jablečných výlisků a z vermikompostu z matoliny. Výluh z jablečných výlisků po 1. hodině vyluhování obsahoval 17 mg N_{celk} /l a po 48 hodinách 21 mg/l. Výluh z matoliny obsahoval po 12- ti hodinách vyluhování 4 mg N_{celk} /l. Bohužel hodnoty po 24 a po 48 hodinách nebyly zaznamenány, ale dá se předpokládat, že by k nějakému výraznému zvratu nedošlo.



Graf 16: Koncentrace N_{celk} (mg/l) ve výluzích stanovená pomocí kolorimetrie

5.1.4 Rozpuštěný organický uhlík DOC

V grafu č. 17 je průběh vývoje množství rozpuštěného organického uhlíku (dále jen DOC) ve variantě bez aerace.

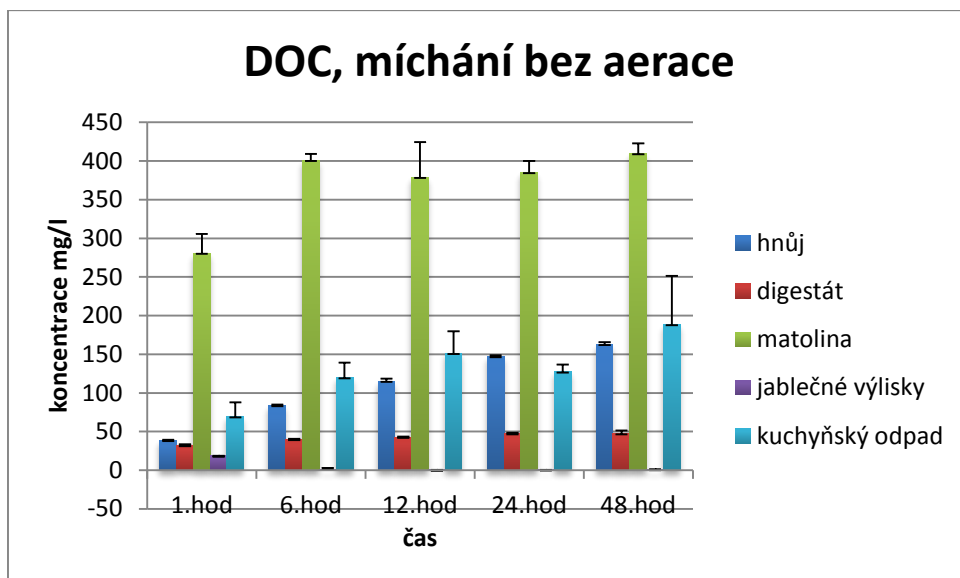
Výrazně nejvyšší množství DOC bylo ve výluhu z vermikompostu z matoliny. Po 1. hodině vyluhování bylo množství DOC 281 mg/l. V prvních 6 hodinách byl zaznamenán výrazný nárůst DOC o 120 mg/l na hodnotu 401 mg/l poté množství trochu kleslo, ale po 48 hodinách opět stoupl na hodnotu 410 mg/l.

Druhé nejvyšší hodnoty dosahoval výluh z vermikompostu z kuchyňského odpadu. Po 1. hodině bylo naměřeno 69 mg/l DOC, ale množství kontinuálně stoupl po celou dobu vyluhování a po 48 hodinách bylo množství DOC 189 mg/l, takže množství stoupl během vyluhování téměř třikrát.

Výluh z vermikompostu z hnoje měl podobný vývoj jako kuchyňský odpad. Po 1. hodině vyluhování bylo množství DOC 39 mg/l, ale toto množství výrazně stoupl a po 48 hodinách byl obsah DOC již 163 mg/l, takže množství se zvýšilo téměř pětikrát.

Výluh z vermikompostu z digestátu obsahoval po 1. hodině jen 32 mg/l DOC. Množství DOC stoupl až do 24. hodiny na hodnotu 47 mg/l a tato hodnota zůstala téměř nezměněna i po dalších 24 hodinách kdy byla 48 mg/l DOC.

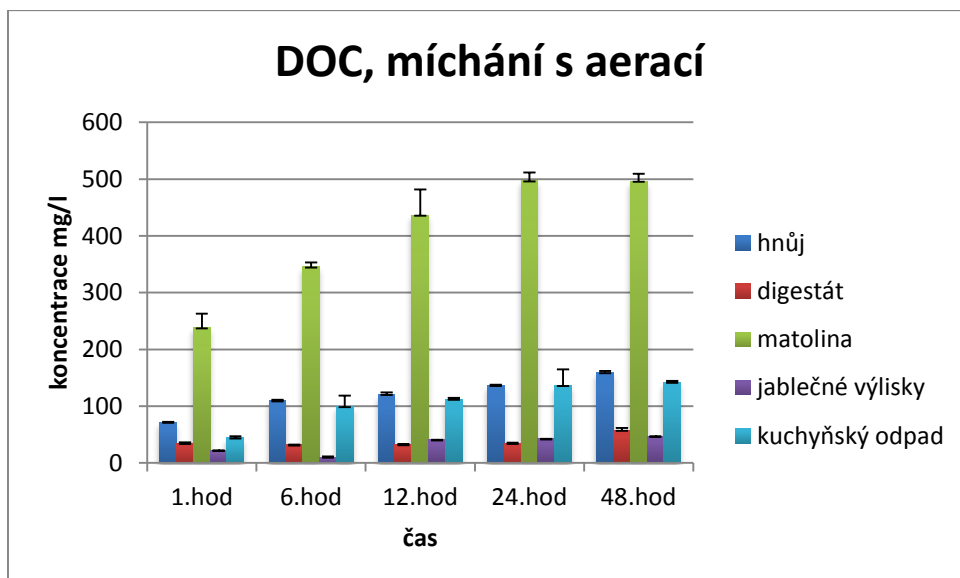
Ve výluhu z vermikompostu z jablečných zbytků bylo po 1. hodině 19 mg/l DOC ale pak tato hodnota prudce klesla a až do konce vyluhování se držela kolem hodnoty 1 mg/l DOC.



Graf 17: Koncentrace DOC (mg/l) ve výluzích stanovena pomocí kolorimetrie

V grafu č. 18 je vývoj DOC ve variantě s aerací. Nejvyšších hodnot opět dosahoval výluh z vermikompostu z matoliny. Po 1. hodině vyluhování byl obsah DOC 238 mg/l. Množství dále stoupalo až do 24. hodiny vyluhování kdy množství bylo již téměř jednou tak vysoké. Zajímavé je že v posledních 24 hodinách množství DOC zůstalo téměř stejné, kdy po 48 hodinách vyluhování bylo množství DOC 496 mg/l. Ve variantě s aerací bylo množství DOC vyšší o 17 % než ve variantě bez aerace

Ostatní výluhy v porovnání s variantou bez aerace dosahovaly výrazně nižších hodnot kdy nejvyšší množství DOC bylo ve výluhu z vermikompostu z hnoje a to 159 mg/l. Výluh z vermikompostu z hnoje měl nepatrně vyšší hodnoty ve variantě bez aerace než ve variantě s aerací. Množství DOC ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu byl vyšší ve variantě bez aerace a to o 17 %.



Graf 18: Koncentrace DOC (mg/l) ve výluzích stanovená pomocí kolorimetrie

5.1.5 pH

pH v obou variantách bylo mírně zásadité až kyselé, podle druhu vermikompostu. Nevyšších hodnot pH dosahoval výluh z vermikompostu z matoliny, kdy první naměřená hodnota byla pH 8,9 a postupně klesá a po 48 hodinách je pH 8,31. Ale v případě varianty s aerací jsou naměřené hodnoty u výluhu z vermikompostu z matoliny v prvních hodinách o něco nižší. Po 1. hodině bylo naměřeno pH 8,2 pak ještě pH kleslo a po 6- ti hodinách bylo na hodnotě 8,1, ale potom začalo stoupat až na hodnotu 8,3 po 48 hodinách, takže konečná hodnota byla téměř shodná.

Poměrně zásadité pH měl výluh z vermikompostu z kuchyňského odpadu, kdy opět na začátku byla hodnota pH vyšší u varianty bez aerace než u varianty s aerací. Ve výluhu bez aerace bylo po 1. hodině vyluhování naměřeno pH 8,6, které postupně klesalo až na hodnotu pH 8,1 po 24 hodinách vyluhování a potom hodnota trochu stoupla na hodnotu pH 8,2 po 48 hodinách vyluhování. Ve variantě s aerací byla počáteční hodnota nejvyšší vůbec ze všech naměřených hodnot a to pH 9,4 po 1 hodině. Poté hodnota poměrně prudce klesala a po 6- ti hodinách bylo pH 8,7. Posléze začala hodnota opět mírně stoupat až na konečnou hodnotu pH 8,8 po 48 hodinách.

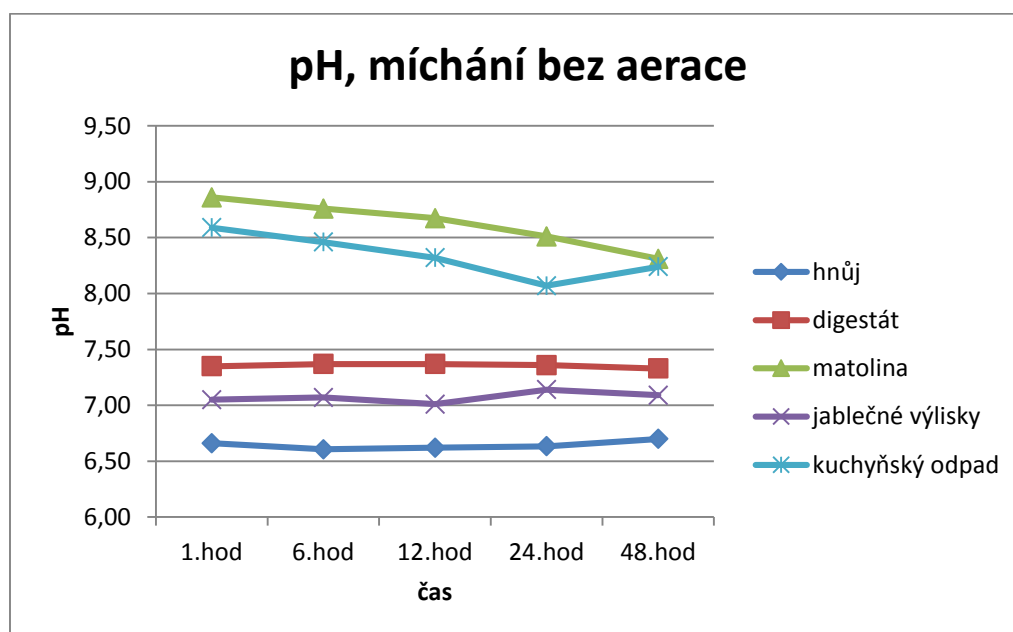
Zbývající výluhy jsou již méně zásadité a jejich hodnoty po celou dobu zůstávají více méně stejné. Výluh z vermikompostu z digestátu má po 1. hodině pH 7,3, takže téměř neutrální. Tato hodnota se téměř nemění a po 48 hodinách je pH 7,3. Ve variantě s aerací je

pH opět o něco vyšší. Po 1. hodině je hodnota pH 7,5 a poté hodnoty postupně stoupaly a po 48 hodinách bylo naměřeno pH 8.

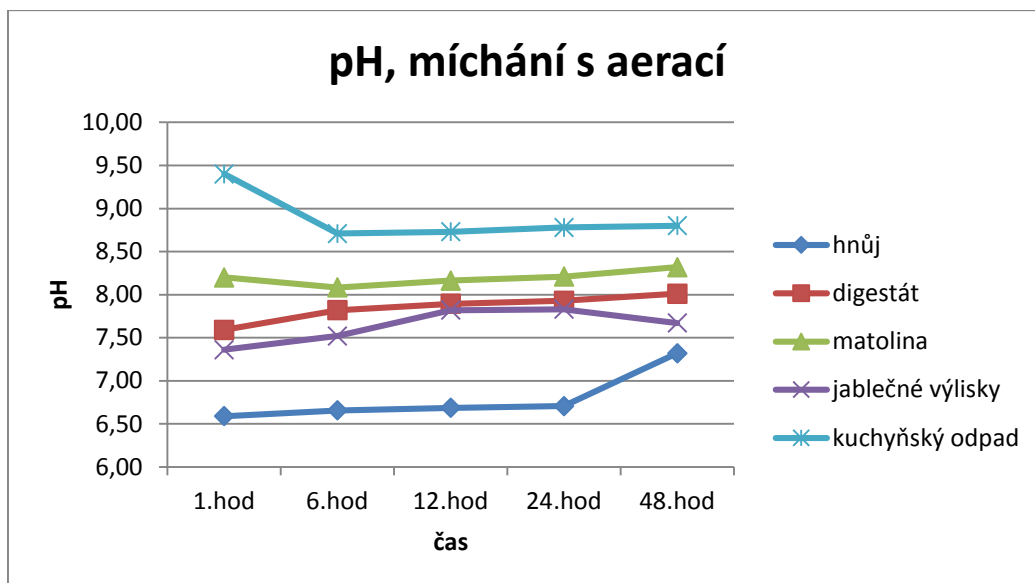
Výluh z vermikompostu z jablečných výlisků ve variantě je téměř neutrální a tyto hodnoty se nijak výrazně nemění. Po 1. hodině bylo naměřeno pH 7, a poté mírně stoupalo až na hodnotu pH 7,1 ve 24. hodině, kdy hodnota mírně poklesla a po 48 hodinách bylo pH 7,. Výluh s aerací byl opět zásaditější a po 1. hodině byla hodnota pH 7,4 a stoupala do 24. hodiny na pH 7,8 než pokleslo na pH 7,7 ve 48. hodině.

Jediný kyselý výluh byl z vermikompostu z hnoje. Ve variantě bez aerace bylo pH po 1. hodině 6,6 a prakticky se hodnoty nezměnily až do 48. hodiny kdy pH mírně stouplo na hodnotu 6,7 pH. Varianta s aerací byla v počátku kyselá a po 1. hodině bylo pH 6,6 a poté mírně stoupalo až do 24. hodiny na pH 6,7 a v posledních 24 hodinách pH stouplo prudce na hodnotu 7,3.

Z výsledků vyplývá, že většina výluhů byla zásaditější ve variantě s aerací, než ve variantě s bez aerace. Jedinou výjimkou byl výluh z matoliny, který vykazoval vyšší zásaditost právě ve variantě bez aerace.



Graf 19: Hodnota pH ve výluzích

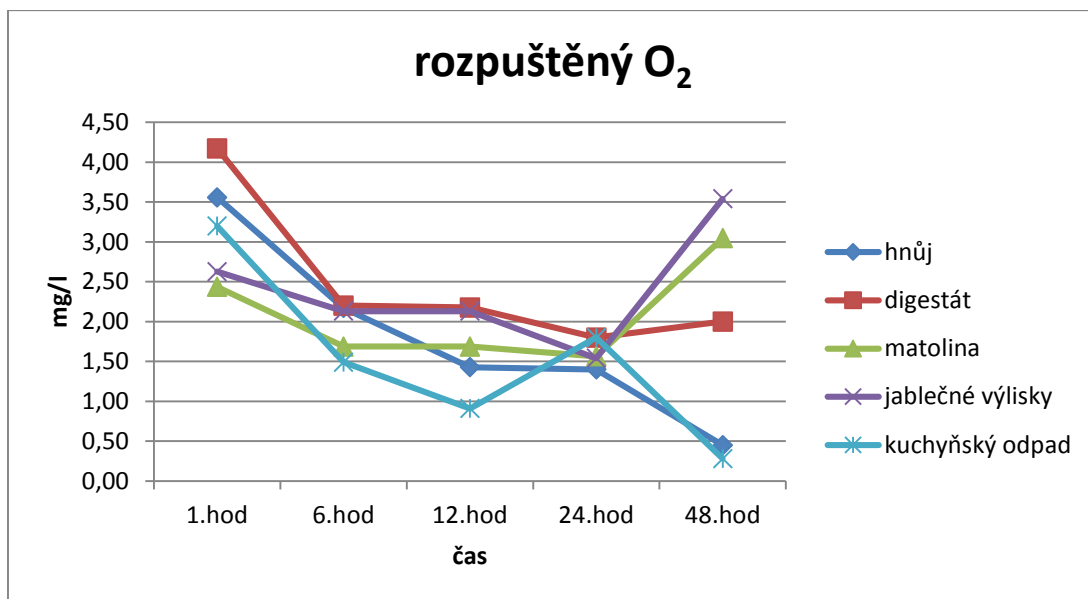


Graf 20: Hodnota pH ve výluzích

5.1.6 Rozpuštěný O₂

V grafu 21 je patrné že se jedná o variantu bez aerace, protože hladina rozpuštěného O₂ v prvních šesti hodinách prudce klesá. Tento jev byl způsoben především zahřátím výluhu na 30°C a s tím spojeným odkysličením. Počáteční nejvyšší množství rozpuštěného kyslíku bylo ve výluhu z vermikompostu z digestátu. Po 1. hodině bylo ve výluhu 4 mg O₂/l, ale toto množství poměrně prudce kleslo v prvních šesti hodinách na hodnotu 2 mg O₂/l. Po té se hodnota příliš neměnila a konečné množství O₂ ve výluhu bylo 2 mg/l.

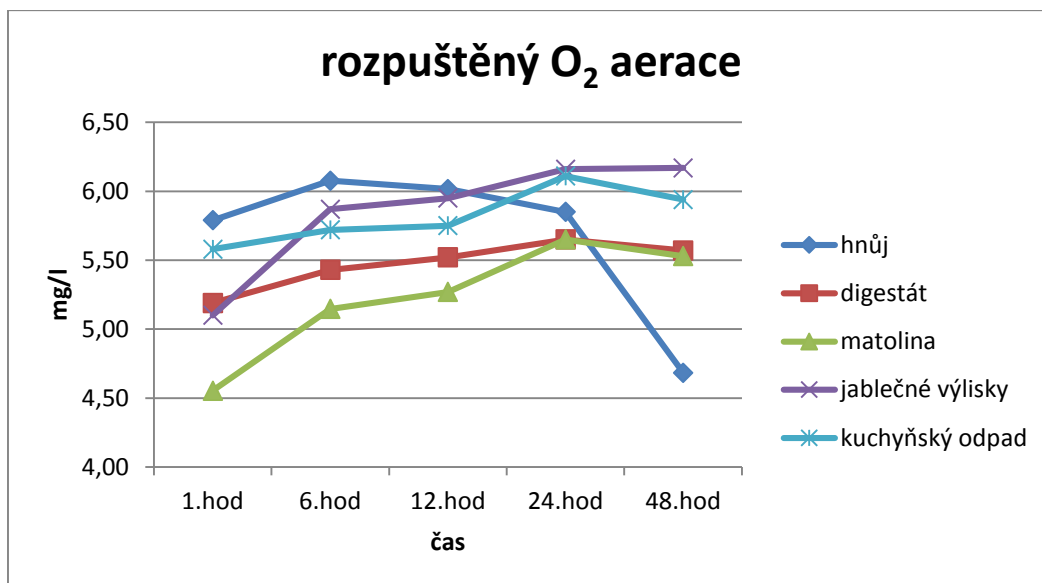
U ostatních výluhů se opakuje podobný scénář kdy v prvních šesti hodinách množství rozpuštěného O₂ ve výluhu výrazně klesne a hodnota se dále příliš nemění. Zajímavý vývoj nastává v posledních 24 hodinách kdy ve výluzích z vermikompostu z matoliny a z jablečných výlisků množství rozpuštěného O₂ výrazně stoupne. Konečné množství rozpuštěného O₂ ve výluhu z jablečných výlisků je 4 mg O₂/l a ve výluhu z matoliny to je 3 mg O₂/l. Naopak ve výluzích z vermikompostu z kuchyňského odpadu a z hnoje množství rozpuštěného O₂ v posledních 24 hodinách výrazně klesne. U výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu na hodnotu 0,3 mg O₂/l a u vermikompostu z hnoje na 0,5 mg O₂/l.



Graf 21: Množství rozpuštěného O₂ (mg/l)

Ve variantě s aerací byl jev opačný a množství rozpuštěného O₂ stoupalo u všech výluhů až do 6. hodiny vyluhování. Jediný výluh, ve kterém množství rozpuštěného O₂ začalo po 6. hodině klesat, byl výluh z vermikompostu z hnoje. V tomto případě navíc množství rozpuštěného O₂ výrazně kleslo v posledních 24 hodinách na hodnotu 5 mg O₂/l, což mohlo být způsobeno zanesením aeračního zařízení.

U ostatních výluhů naopak množství rozpuštěného O₂ vzrůstalo až do 24. hodiny vyluhování. Nejvyšší naměřená hodnota byla naměřena u výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků a to 6 mg O₂/l. Jinak množství rozpuštěného O₂ se pohybovalo v rozmezí 5 mg O₂/l až po 6 mg O₂/l. Uvádím rozmezí hodnot po 6- ti hodinách měření, protože do té doby množství rozpuštěného O₂ výrazně stoupalo, ale v dalších hodinách se hodnoty již nijak výrazně neměnily.

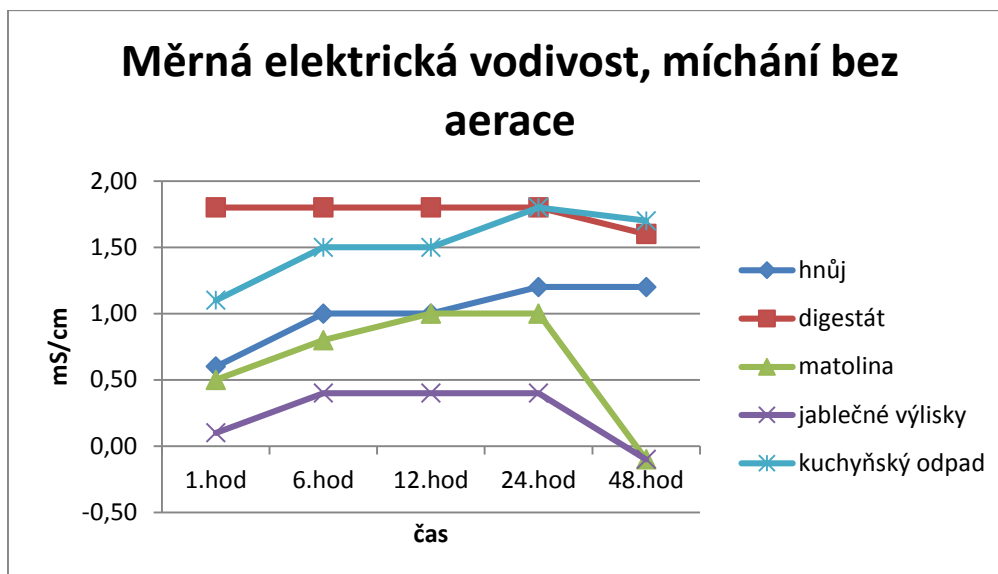


Graf 22: Množství rozpuštěného O₂ (mg/l)

5.1.7 Měrná elektrická vodivost

Výsledky vycházeli u obou variant tj. s aerací i bez aerace přibližně stejně. Zajímavý jev proběhl ve variantě bez aerace u výluhu z vermikompostu z matoliny a u výluhu z jablečných výlisků. Výluh z vermikompostu z matoliny s počáteční měrnou el. vodivostí 0,5 mS/cm zvyšoval svou vodivost až do 12-té hodiny až na 1 mS/cm, po té hodnota zůstala stejná i po 24 hodinách. Ale v posledních 24 hodinách konduktivita výrazně klesla na zápornou hodnotu 0 mS/cm. Podobný vývoj měl i výluh z vermikompostu z jablečných výlisků. Po 1. hodině byla hodnota konduktivity 0,1 mS/cm, po té stoupla na hodnotu 0,4 mS/cm po 6- ti hodinách a tato hodnota zůstala nezměněná až do 24. hodiny. V posledních 24 hodinách však došlo k prudkému poklesu konduktivity opět do záporných hodnot na 0 mS/cm.

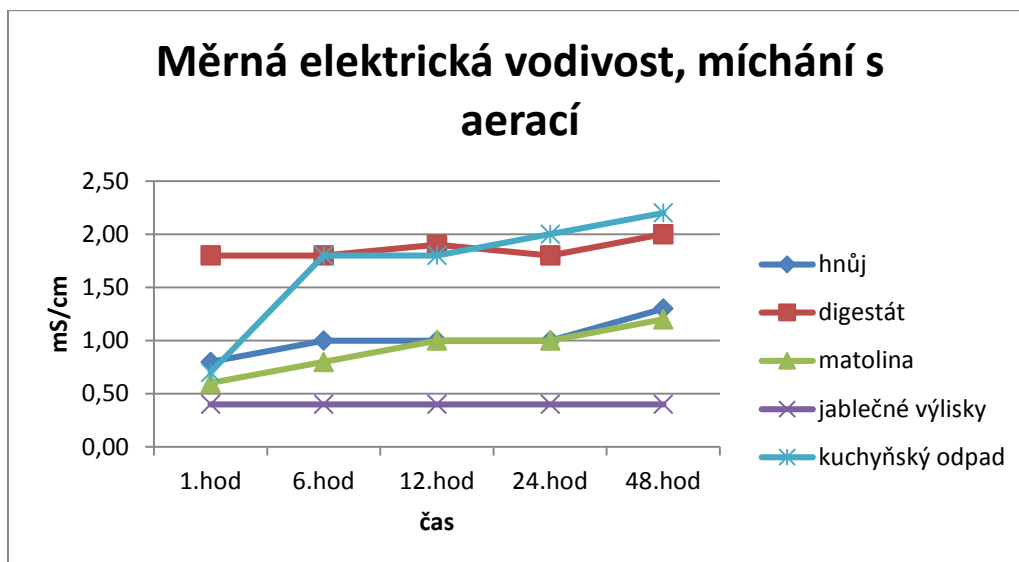
Konduktivita výluhu z vermikompostu z digestátu měla od 1. hodiny stejnou hodnotu a to 1,8 mS/cm. Hodnota trochu klesla až v posledních 24 hodinách na 1,6 mS/cm. Počáteční konduktivita hnoje byla 0,6 mS/cm a po 48 hodinách stoupla na hodnotu 1,2 mS/cm. Výluh z vermikompostu z kuchyňského odpadu měl nejvyšší hodnotu konduktivity po 24 hodinách vyluhování a to 1,8 mS/cm, ale v posledních 24 hodinách konduktivita klesla na 1,7 mS/cm.



Graf 23: Hodnota měrné elektrické vodivosti (mS/cm)

Nejnižších hodnot dosahoval opět výluh z vermikompostu z jablečných výlisků a to po celou dobu měření stejnou hodnotu 0,4 mS/cm. Tato hodnota je stejná i ve variantě bez aerace, takže zde aerace žádný vliv neměla. Výluh z vermikompostu z matoliny měl velmi podobný vývoj jako ve variantě bez aerace. Jen s tou změnou, že po 24 hodinách měření hodnota nespadla, ale ještě stoupla na 1,2 mS/cm. Podobný průběh jako ve variantě bez aerace měl i výluh z vermikompostu z hnoje s tím rozdílem, že hodnota 1,0 mS/cm zůstala nezměněna až do 24. hodiny měření. Po té ale stoupla na konečnou hodnotu 1,3 mS/cm. Největší nárůst hodnot byl naměřen u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu. Po 1. hodině byla konduktivita 0,7 mS/cm, potom prudce stoupla a po 6- ti hodinách byla 1,8 mS/cm. Po 48 hodinách byla naměřena vůbec nejvyšší konduktivita ze všech výluhů, a to 2,2 mS/cm. Výluh z vermikompostu z digestátu po 1. hodině měření měl hodnotu konduktivity 1,8 mS/cm a po 48 hodinách konduktivita stoupla na 2,0 mS/cm.

Mimo výluh z vermikompostu z jablečných výlisků kde se hodnota za celou dobu měření nezměnila, bylo u všech ostatních výluhů patrné stoupání hodnot konduktivity po celou dobu vyluhování.



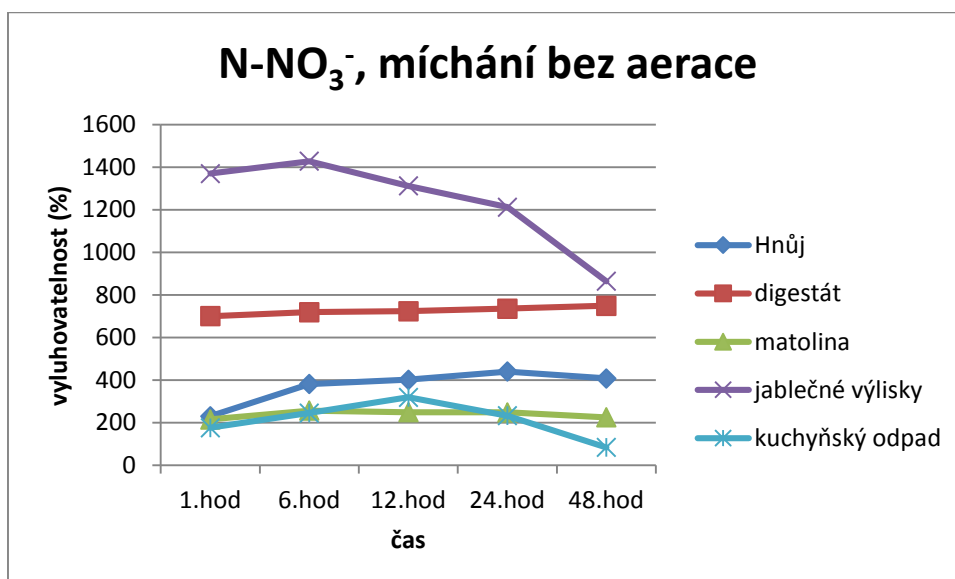
Graf 24: Hodnota měrné elektrické vodivosti (mS/cm)

5.2 Vyluhovatelnost $N-NO_3^-$, $N-NH_4^+$, $N_{celkový}$, DOC

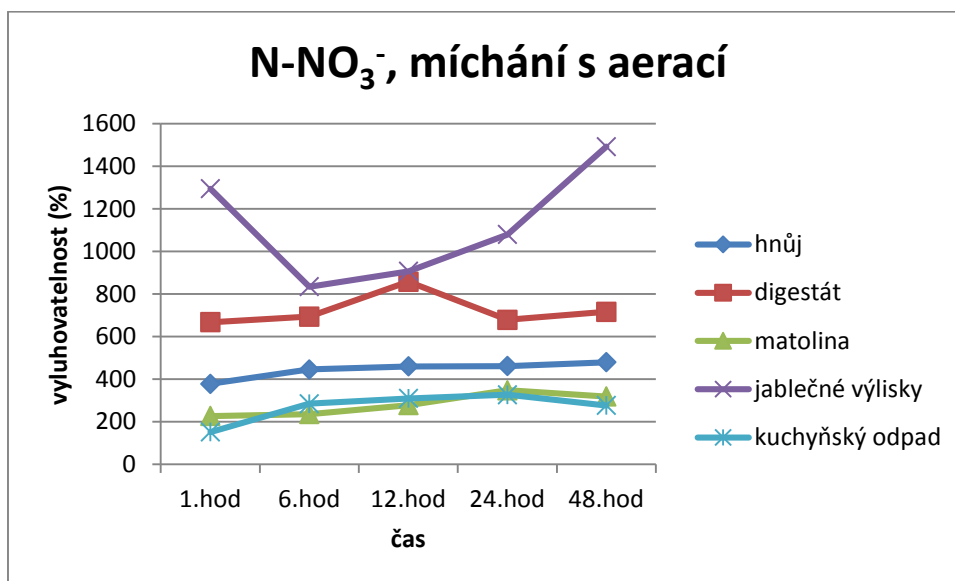
Data obsahu jednotlivých látek ve vermikompostech byla špatně analyzována a jsou tak irelevantní. Proto vychází vyluhovatelnost i přes 1000 % (například $N-NO_3^-$ nebo DOC), což je samozřejmě nesmysl. Tyto výsledky proto nebudu více rozebírat v této kapitole, kromě několika výjimek, u kterých proběhlo měření správně a vyluhovatelnost tak vyšla smysluplně, ale více se k nim vrátím v diskuzi.

5.2.1 Vyluhovatelnost $N-NO_3^-$

Výsledky jsou nesmyslné, proto bez širšího komentáře zde, ale až v diskuzi.



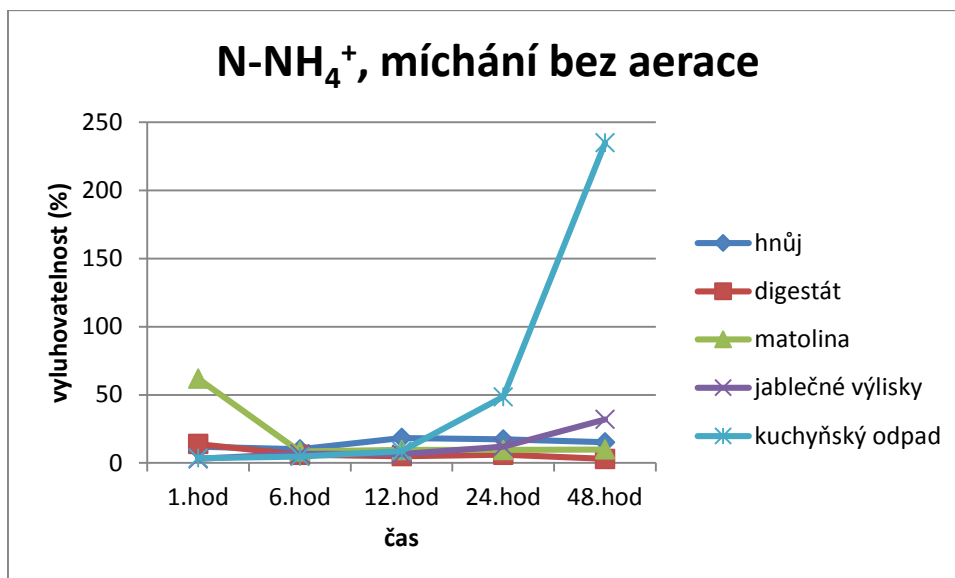
Graf 25: Vyluhovatelnost N-NO₃⁻ ve výluzích (%)



Graf 26: Vyluhovatelnost N-NO₃⁻ ve výluzích (%)

5.2.2 Vyluhovatelnost N-NH₄⁺

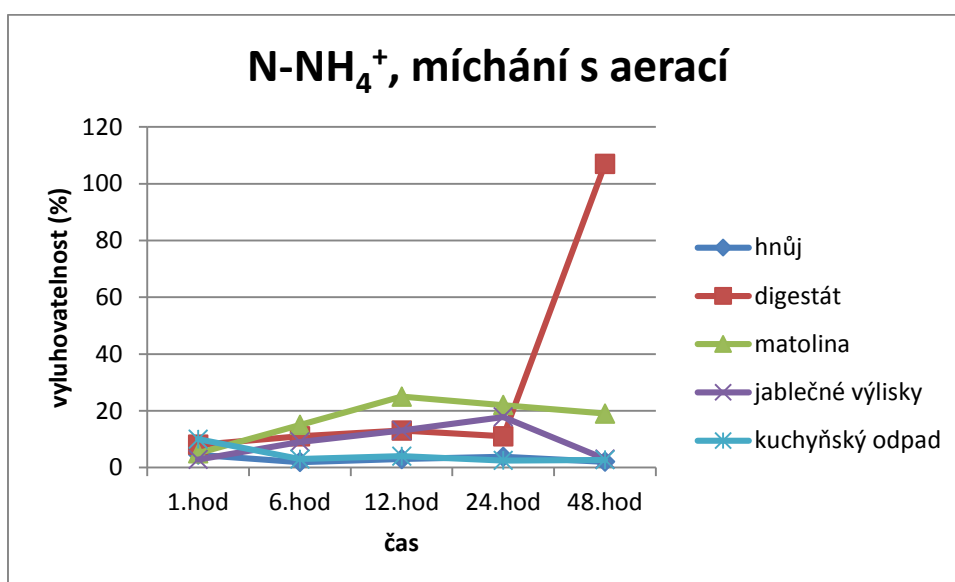
Výsledky N-NH₄⁺ byly jedny z mála které vyšly korektně, až na závěr u kuchyňského odpadu, což je zase spojeno se špatným měřením u vermikompostů. Počáteční nejvyšší hodnoty měl výluh z vermikompostu z matoliny a to 62 %. Poté množství N-NH₄⁺ výrazně kleslo a až do konce vyluhování se množství N-NH₄⁺ pohybovalo okolo 10 %. Nejvyšších hodnot na konci měření dosahoval výluh z vermikompostu z jablečných výlisků a to 32 % N-NH₄⁺ po 48 hodinách. U ostatních výluhů se hodnoty nijak dramaticky neměnili a pohybovaly se okolo 10 %.



Graf 27: Vyluhovatelnost N-NH₄⁺ ve výluzích (%)

Graf 27 zobrazuje vyluhovatelnost N-NH₄⁺ ve variantě s aerací. Hodnoty v porovnání s variantou bez aerace byly obecně vyšší. Nejvyšších smysluplných hodnot N-NH₄⁺ dosahoval výluh z vermikompostu z matoliny. Po 1. hodině bylo množství N-NH₄⁺ 5 %, maxima bylo dosaženo po 12- ti hodinách vyluhování a to 25 %. Po 48 hodinách bylo vyluhováno 19% N-NH₄⁺.

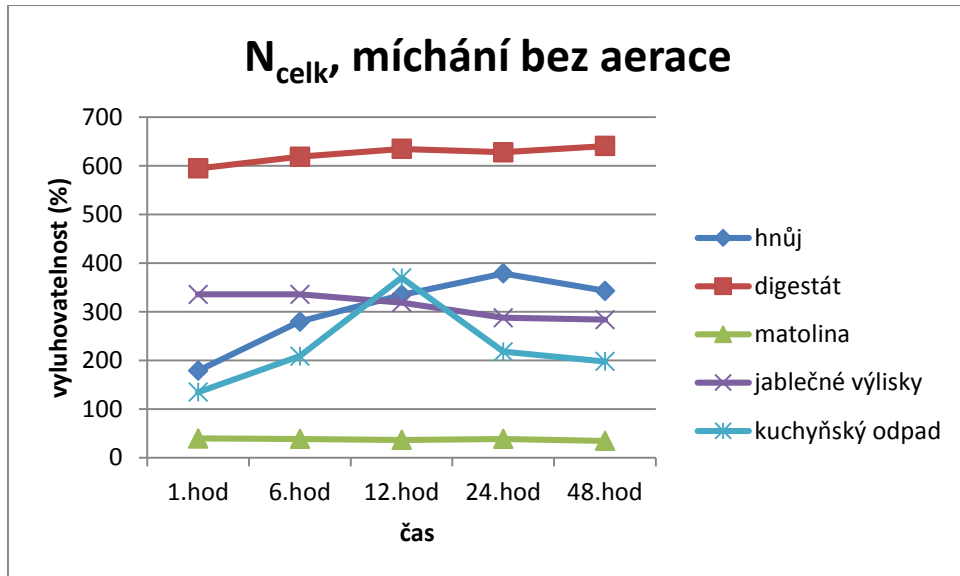
Druhých nejvyšších hodnot dosahoval výluh z vermikompostu z jablečných výlisků, a to 18 % N-NH₄⁺ po 24 hodinách. Po 48 hodinách množství kleslo na 3 %.



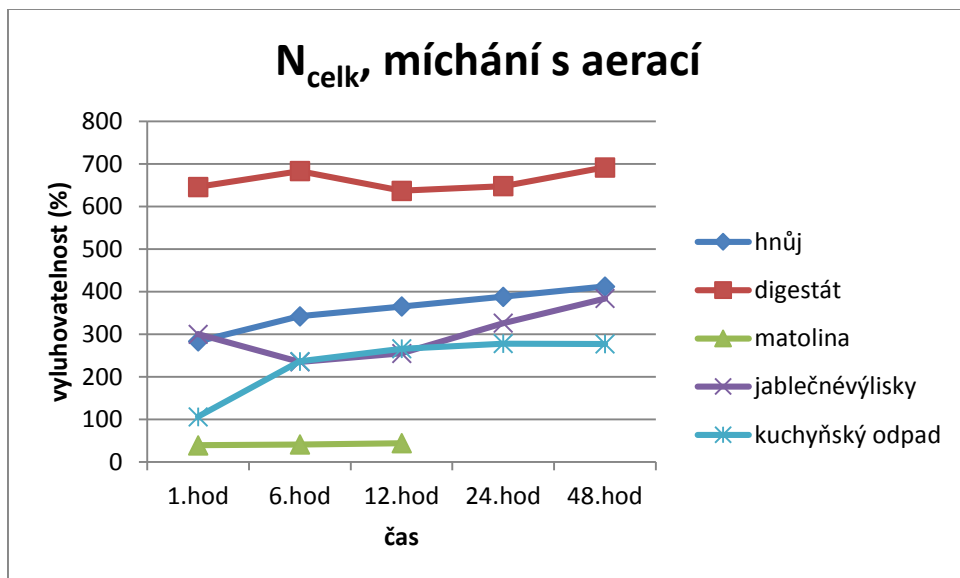
Graf 28: Vyluhovatelnost N-NH₄⁺ ve výluzích (%)

5.2.3 N_{celk}

Kromě výluhu z vermikompostu z matoliny, která se celou dobu měření pohybovala okolo 40 % vyluhovatelnosti N_{celk} , byly výsledky u ostatních výluhů nesmyslné.



Graf 29: Vyluhovatelnost N_{celk} ve výluzích (%)

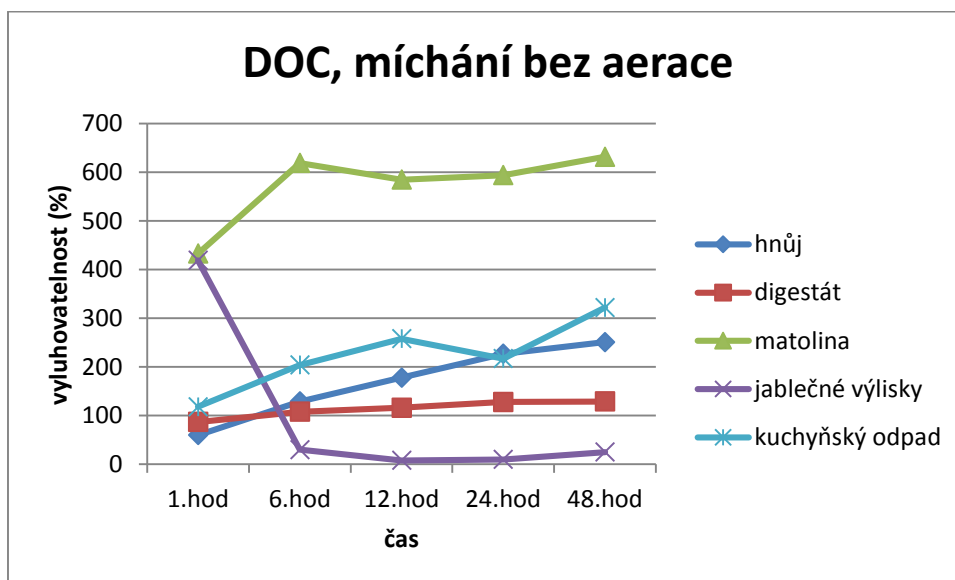


Graf 30: Vyluhovatelnost N_{celk} ve výluzích (%)

5.2.4 Vyluhovatelnost DOC

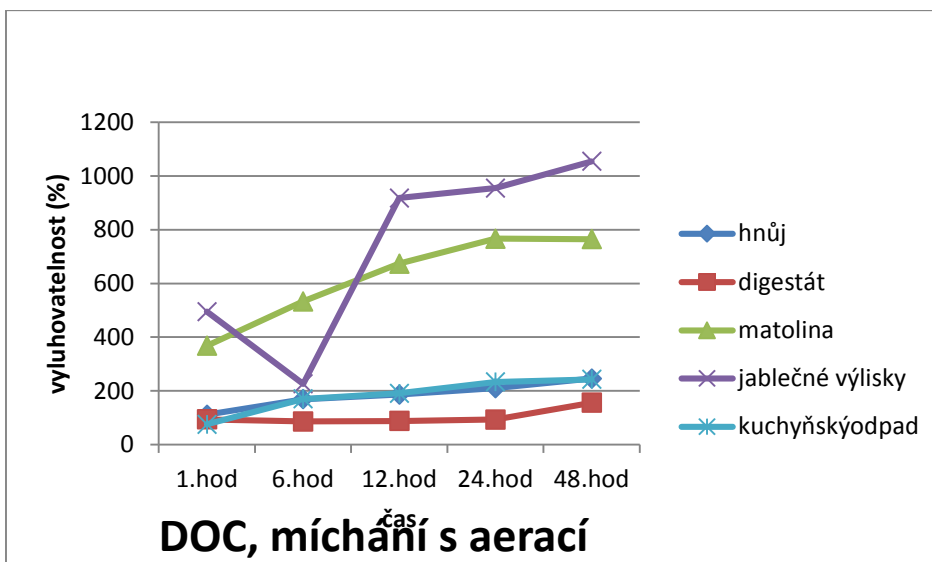
Graf 31 zobrazuje vyluhovatelnost DOC ve variantě bez aerace. Zde vycházeli, kromě matoliny, ostatní výluhy poměrně dobře. Nejnižších hodnot dosahoval výluh

z vermikompostu z jablečných výlisků. Vyluhovatelnost se celou dobu pohybovala mezi 25 % a 30 %. Druhý nejvyšší hodnoty byly u digestátu. Tam se množství DOC po celou dobu vyluhování zvyšovalo, až po 48 hodinách skončil na vyluhovatelnosti 130 %. Výluh z vermikompostu z hnoje také celou dobu stoupal. Po jedné hodině byla vyluhovatelnost 60% a po 48 hodinách 251 %. Vyluhovatelnost vermikompostu z kuchyňského odpadu byla po 48 hodinách 322 %.



Graf 31: Vyluhovatelnost DOC ve výluzích (%)

Vyluhovatelnost ve variantě s aerací byla vyšší. Nesmyslné výsledky bohužel vycházeli u dvou vermikompostů. U výluhu z vermikompostu z matoliny a z jablečných výlisků. Vyluhovatelnost DOC ve výluhu z vermikompostu z digestátu začínal na 94 % a po 48 hodinách 156 %. Výluhy vermikompostů z kuchyňského odpadu a z hnoje měli hodnoty vyluhovatelnosti velmi podobné. Začínali na vyluhovatelnosti 100 % a po 48 hodinách byla vyluhovatelnost 250 %.



Graf 32: Vyluhovatelnost DOC ve výluzích (%)

6. Diskuze

6.1 N-NO₃⁻

Při vermicompostování se především dosahuje vyššího obsahu N-NO₃⁻ než N-NH₄⁺ (Edwards et al., 2011)., což se potvrdilo i v našem pokuse.

Žížaly mají také velký vliv na transformaci N v organických odpadech. Navíc jejich činnost obohacuje množství N, obsaženém ve vermicompostech, prostřednictvím přidaného hlenu a sekrece enzymů do materiálu (Atiyeh et al, 2000;. Yadav a Garg, 2009).

Vliv aerace na uvolňování dusíku nebyl nijak zásadní, jen u výluhu z vermicompostu z digestátu bylo po dvanácti hodinách naměřeno o 15,6% více než ve variantě s aerací. Navíc doba vyluhování nemá na množství N-NO₃⁻ také výrazný vliv, protože hodnoty se v průběhu vyluhování výrazně neměnily. Na N-NO₃⁻ byl zdaleka nejbohatší výluh z digestátu kde množství překračovalo 140 mg/l.

Celkové nejvyšší množství N-NO₃⁻ ve výluhu z vermicompostu z digestátu může souviset s vyšším množstvím N nacházejícího se v počátečním složení tohoto organického odpadu (Tambone et al., 2015).

Poměrně vysoký obsah N-NO₃⁻ je pozitivní z důvodu snadnějšího přístupu pro rostliny. Ke zvyšování obsahu nitrátového dusíku dochází v důsledku mineralizace organické hmoty. Konečnými produkty tohoto rozkladu jsou CO₂, voda a již zmíněný nitrátový iont NO₃⁻. Obsahy nitrátového dusíku byly celkově nižší ve výluzích z jablečných výlisků.

Vyluhovatelnost vycházela i přes 1000 %, např. výluh z jablečných výlisků dosáhl vyluhovatelnosti až 1428 %. Tento jev může být způsoben dvěma faktory. Pravděpodobně je to způsobeno chybným měřením obsahu N-NO₃⁻ ve vermicompostu, ze kterého byla vyluhovatelnost počítána. Druhým faktorem může být usnadnění mineralizace organického N extrakčním procesem.

Pant et. al. (2009) ve své studii zaměřené na kvalitu výluhů z vermicompostů uvádí, že vyluhovatelnost N-NO₃⁻ vyšla také více než 100 %. Konkrétně 246 % u výluhu z vermicompostu z kuřecího hnoje. Zdůvodněním je, že extrakční proces usnadňuje mineralizaci organického N na minerální formu N-NO₃⁻.

Podobných hodnot dosahoval výluh vermicompostu z matoliny. Jinak byla čísla výrazně vyšší a bohužel ne úplně relevantní.

6.2 N-NH₄⁺

Z výsledků je vidět, že vyšší množství N-NH₄⁺ bylo ve výluzech prováděných s aerací. Obsah N-NH₄⁺ byl výrazně nižší v průběhu vyluhování u neprovzdušněných variant. Toto snížení může být způsobeno změnou amonných forem dusíku do forem nitrátových vlivem nitrifikace ale i denitrifikace, kdy uniká plynný dusík do atmosféry.

K tomuto uvádí Atiyeh et al., (2000), že proces denitrifikace nebo imobilizace N v mikrobiální biomase může snižovat množství N-NH₄⁺.

V grafu je u výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu ve 48. hodině vyluhování náhlý nárůst množství N-NH₄⁺ na hodnotu vyšší než 9 mg/l, což je s největší pravděpodobností

Ve Studii provedené za nepřetržitého zpracovávání odpadu z rajčat pomocí vermikompostování došlo ke zvýšení obsahu N-NH₄⁺ po 210. (Fernández-Gómez et al., 2010a).

Vyluhovatelnost N-NH₄⁺ vycházela jen v této variantě smysluplně. Pravděpodobně bylo vše dobře naměřeno. Vyluhovatelnost N-NH₄⁺ byla vyšší ve variantách bez aerace z vermikompostů z hnoje, jablečných výlisků a z kuchyňského odpadu.

6.3 N- celkový

Celkový obsah N je závislý na počátečním množství N přítomného v odpadu. Žížaly obohacují vermikompost zvýšením mikrobiální aktivity, která zprostředkovává transformaci dusíku. To vše prostřednictvím hleny a dusíkatých odpadů, které vylučují žížaly. Změna pH, může být důležitým faktorem v udržení dusíku, protože N₂ vytěká. Amoniak je totiž těkavý při vysokých hodnotách pH (Khwhairakpam a Bhargava, 2009).

Ve variantě s aerací bylo množství celkového N vyšší než ve variantě bez aerace. Je tedy zřejmé, že aerace má vliv na množství N vyluhovaného z vermikompostu. Pravděpodobně v aerovaném výluhu je vyšší mikrobiální aktivita, která má za následek vyšší uvolňování N.

Důležitý je obsah dusíku už ve vermikompostech ze kterých se výluh produkuje, aby mikrobiální společenstva mohla svou aktivitou uvolňovat N.

Bylo zjištěno, že zvýšení hladiny dusíku je pravděpodobně způsobené výkaly žížal, jejich hlenem a enzymy, které mohou přispět ke zvýšení hladiny dusíku ve vermikompostech (Yadav a Garg, 2009)

6.4 DOC

Uhlík je důležitým zdrojem organické hmoty pro mikroorganismy. S dusíkem umožňuje syntézu proteinů a má podíl na tvorbě buněk a jejich reprodukci (Plíva, 2006).

Z výsledků je patrné, že ve variantě s aerací dochází obecně ke snížení množství DOC. Ve variantě bez aerace se téměř ve všech výluzích množství DOC zvyšuje, což může být způsobeno klesajícím množstvím rozpuštěného O_2 , takže se snižuje mikrobiální aktivita a rozpuštěný uhlík tak není vázán do stavby těl mikroorganismů. Ve variantě s aerací jsou hodnoty u většiny výluhů nižší a s časem výrazně nestoupají, což potvrzuje mou domněnku, že při vyšším obsahu rozpuštěného O_2 je zvýšená i mikrobiální aktivita a tím pádem je rozpuštěný uhlík využíván pro metabolismus mikroorganismů. Jedinou výjimkou je výluh z vermikompostu z matoliny, kde je naopak obsah DOC ve variantě s aerací vyšší než ve variantě bez aerace. To ale může být způsobeno nižší bakteriální aktivitou či jejich nižším počtem ve výluhu z matoliny.

Tuto mou domněnku o chování mikroorganismů ve stresovém prostředí potvrzuje ve svém pokuse o vlivu žížal na mikrobiální společenstva Dominguez, (2011). Uvádí, že v případě stresu mikroorganismů způsobeného nějakým nedostatkem, zde vyčerpání organického C žížalami, začnou mikroorganismy fungovat v „nouzovém“ režimu. Neinvestují energii do svého růstu, ale jen do dýchání. C je tak respirován formou CO_2 a méně ukládán v biomase.

Co se vyluhovatelnosti týká, tak výsledky jsou nerelevantní z důvodu špatně naměřených hodnot vermikompostů, z kterých byla vyluhovatelnost počítána.

6.5 pH

Vývoj pH ve výluzích bez aerace byl buďto v podstatě konstantně neměnný nebo pH u výluhu z matoliny a kuchyňského odpadu klesalo.

Zajímavý je vývoj ve variantě s aerací kde pH v podstatě u všech výluhů má stoupavou tendenci, což je pravděpodobně zapříčiněno mineralizací bílkovin za které vzniká amoniak (Fernández et. al, 2010). Tato domněnka koreluje i s výsledky našeho pokusu o vlivu aerace na množství $N-NH_4^+$ ve výluhu kde bylo vyšší množství $N-NH_4^+$ ve výluzích prováděných právě s aerací.

Tento trend potvrzuje i (Edwards et al. 2011) ve svém pokusu s výluhy vermikompostů kdy po 24 hodinách vyluhování byli zásaditější výluhy prováděné s aerací než výluhy prováděné bez aerace.

6.6 Rozpuštěný O₂

Výsledné grafy potvrzují předpoklad vývoje množství rozpuštěného O₂ v průběhu vyluhování. Ve variantě bez aerace docházelo k nejprudšímu poklesu rozpuštěného O₂ v prvních 6-ti hodinách vyluhování, kdy byla ještě výrazná aktivita mikroorganismů spotřebovávajících O₂ pro svůj metabolismus.

Ve variantě s aerací byla ve všech výluzích patrná stoupající tendence koncentrace rozpuštěného O₂. Jen ve výluhu z vermikompostu z hnoje začalo množství rozpuštěného O₂ klesat, což bylo pravděpodobně zapříčiněno zanesením aeračního zařízení kusy vermikompostu uvolněnými mimo síto.

6.7 Měrná vodivost

Měrná vodivost, neboli konduktivita, je důležitým parametrem ukazujícím množství rozpuštěných solí, jejichž nárůst může být způsoben snížením množství organické hmoty a s tím spojeným uvolněním různých minerálních solí v přístupné formě (Garg a Gupta, 2009).

V našem pokuse varianta bez aerace ukazuje, že delší vyluhování než 24 hodin je zbytečné, protože u všech výluhů byl zaznamenán pokles, nebo hodnota zůstala stejná. Prudký pokles hodnot u výluhů z matoliny a výluhu z jablečných výlisků, byl pravděpodobně zapříčiněn chybou měřicího přístroje.

Varianta s aerací na tom byla, co se týká konduktivity lépe v porovnání s variantou bez aerace. Mimo jablečných výlisků, kde konduktivita byla po celou dobu neměnná, byl u všech ostatních výluhů patrný nárůst vodivosti. Tyto výsledky potvrzují i další vědecké studie. Garg a Gupta (2011) ve svém pokusu také zaznamenali zvýšení konduktivity, které zdůvodnili zvýšeným obsahem rozpustných solí.

Pozitivní vliv aerace potvrzuje i Edwards et al. (2011), ve svém pokuse s výluhy z vermikompostu kdy konduktivita byla vyšší u varianty s aerací, než u varianty bez aerace.

Hodnota konduktivity zobrazuje salinitu výluhu a je kvalitním ukazatelem využitelnosti výluhu pro zemědělské účely. V průběhu procesu vyluhování se objem substrátu

snižuje, a s tím úměrně roste vodivost. Z toho vyplývá, že s úbytkem substrátu dochází k uvolňování solí, takže množství solí v materiálu roste. (Yadav a Garg, 2011).

7. Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, zda má vliv na vlastnosti a vyluhovatelnost sledovaných veličin výluhů aerace a doba vyluhování. Na výluhy bylo použito pět různých druhů vermikompostů. Použité vermikomposty byly z koňského hnoje, digestátu, matoliny, jablečných výlisků a z kuchyňského odpadu.

Výsledky varianty bez aerace i varianty s aerací byly porovnány mezi sebou. Také mezi sebou byly porovnány jednotlivé druhy výluhů.

Množství N-NO_3^- bylo spíše vyšší ve výluzích s aerací. Nejvyšších hodnot dosahoval výluh z vermikompostu z digestátu, který ve variantě s aerací byl v množství 174 mg/l. Výluh s druhým nejvyšším obsahem N-NO_3^- (vermikompost z hnoje) dosahoval hodnot o 50 % nižších než výluh z digestátu. Ostatní výluhy obsahovaly N-NO_3^- mnohem méně. Mizivého množství N-NO_3^- dosahoval výluh z matoliny. Nejvyšší množství bylo jen 3,5 mg/l.

Prokazatelný vliv aerace je vidět u N-NH_4^+ . Ve variantě s aerací je množství N-NH_4^+ u výluhu z vermikompostu z matoliny až o 48 % vyšší. Jinak množství N-NH_4^+ bylo poměrně nízké. Nejvyšší množství N-NH_4^+ bylo ve výluhu z vermikompostu z matoliny, kdy po 12 hodinách vyluhování dosáhlo množství N-NH_4^+ 1 mg/l.

Celkový N byl nejvyšší opět u výluhu z digestátu. Čas opět neměl zásadní vliv, protože po celou dobu bylo množství celkového N přibližně stejné.

Pozitivní vliv aerace lze pozorovat i u DOC. Výluhy připravované s aerací měly obecně o 30 % vyšší výtěžnost. Na DOC byl nejbohatší výluh z vermikompostu z matoliny, který na konci vyluhování s aerací dosáhl na 496 mg/l. Vliv času byl nejdůležitější prvních 24 hodin, kdy docházelo k nejintenzivnějšímu vyluhování DOC. Posledních 24 hodin už k takovému nárůstu nedocházelo.

Vliv aerace a času na hodnotu pH byl, ale nebyl nijak výrazný. U všech výluhů se hodnota pH pohybovala od 6,5 do 9. U výluhů bez aerace hodnota pH klesala, zatímco u výluhů s aerací hodnota pH stoupala. Největší pokles hodnoty pH byl naměřen u neaerovaného výluhu z matoliny, kde pokles byl 7 %. Naopak nejvyšší nárůst pH byl u aerovaného výluhu z vermikompostu z digestátu, kde pH stoupl o 5 %.

Rozpuštěný kyslík byl samozřejmě vyšší ve variantě s aerací, kde se jeho množství pohybovalo v rozmezí 4,5 – 6 mg/l. Výrazně menší množství kyslíku bylo ve výluzích bez aerace. Výrazný pokles množství byl vždy v prvních 6 hodinách vyluhování. Pokles u všech výluhů byl o 50 % a poté se množství rozpuštěného kyslíku už výrazně neměnilo.

Měrná elektrická vodivost byla vyšší u výluhů prováděných s aerací. Z toho vyplývá, že aerace má kladný vliv na rozpustnost solí. Nejvyšších hodnot dosáhly výluhy z digestátu a z matoliny. U obou výluhů byla hodnota na konci vyluhování lehce přes 2 mS/cm. Nejnižší hodnoty dosáhl výluh z vermikompostu z jablečných výlisků, který po celou dobu vyluhování nepřekonal hodnotu 0,5 mS/cm. Nejvyšší nárůst hodnot byl vždy v prvních šesti hodinách. Poté již nedocházelo k výrazným změnám, takže z hlediska měrné elektrické vodivosti je důležitých prvních šest hodin vyluhování a vliv aerace.

Výsledky vyluhovatelnosti vyšly korektně jen u N-NH_4^+ . Výluhy ve variantě s aerací vycházeli obecně vyšší. Nejvyšších smysluplných hodnot N-NH_4^+ dosahoval výluh z matoliny, který po 12- ti hodinách vyluhování dosáhl vyluhovatelnosti 25 %. Další výsledky bohužel v našem pokuse nejsou plně relevantní. S největší pravděpodobností byly chybně naměřeny hodnoty sledovaných veličin ve vermikompostech a tak nám čísla vyluhovatelnosti vycházela nesmyslně vysoká. Někde i přes 1000 %. Existují studie, ve kterých vyšla vyluhovatelnost přes 200%. Naše výsledky jsou ale o několik řádů výše.

8. Použitá literatura

AIRA, M., SAMPEDRO, L., MONROY, F., DOMINGUEZ, J., 2008 Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil Biol. Biochem.* 33: 2011-2018

ARANCON, N. Q., EDWARDS, C. A., DICK, R., DICK, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle*. 48 (11). p. 51 – 52.

ATIEH, R. M., DOMINGUEZ, J., SUBLER, S., EDWARDS, C. A. 2000. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 44. 709-724.

BAAS, E., PETERSON, M., SODENBERG, K. H., 2001 Adaptation of a rapid and economical microcentrifugation method to measure thymidine and leucine incorporation by soil bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 33, 1571-1574.

BUSTAMANTE, M. A., ALBURQUERQUE, J. A., RESTREPO, A. P., de la FUENTA, C., PAREDES, C., MORAL, R., BERNAL, M. P. 2012. Co-composting of the solid fraction of anaerobic digestates, to obtain added-value materials for use in agriculture. *Biomass and Bioenergy*. 43. p. 26 – 35. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.04.010.

BUSTAMANTE, M. A., RESTREPO, A. P., ALBURQUERQUE, J. A., PÉREZ-MURCIA, M. D., PAREDES, C., MORAL, R., BERNAL, M. P. 2013. Recycling of anaerobic digestates by composting: effect of the bulking agent used. *Journal of Cleaner Production*. 47. p. 61 – 69. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.07.018.

BROWN, G. G., 1995 How do earthworms affect microfloral and faunal community diversity? *Plant Soil* 170, 209-231

BROWN, B. A., MITCHEL, M. J., 1981, Role of the earthworm. *Eisenia foetida*, in affecting survival of *Salmonella enteritidis* ser. *Typhimurium*. *Pedobiologie* 22, 434-438

DOMINGUEZ, J., State of the art and new perspectives on vermicomposting research. 2011 In: EDWARDS, C.A., *Earthworm Ecology* 2nd edition, 401424. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, fl

DOMINGUEZ, J; EDWARDS, C. A. Relationships between composting and vermicomposting. *Vermiculture Technology Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*, 2010, 11-26.

DOMINGUEZ, J., EDWARDS, C. A. 1997. Effects of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia andrei*. (Oligochaeta) in pig manure. *Soil Biol. Biochem* 29, 743-746

EASTMAN, B. R., KANE, P. N., EDWARDS, C.A., TRYTEK, L., GUNADI, B., STERMER, A. L., MOBLEY, J. R., 2001 The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost Sci. Util.* 9, 38-49

EDWARDS, C. A., ARANCON, N. Q., GREYTAK, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *BioCycle*. 47 (5). p. 28 – 31

EDWARDS, C. A., 1988 Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In *earthworms in Waste and Environmental Management*, ed. C. A. Edwards and E. F. Neuhauser, 21-31. SPB, The Hague, the Netherlands

EDWARDS, C. A., ARANCON, N. Q., VASKO-BENNETT, M., ASKAR, A., KEENEY, G. 2010a. Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia*. 53. p. 141-148. DOI: 10.1016/j.pedobi.2009.08.002.

EDWARDS, C. A., ARANCON, N. Q., VASKO-BENNETT, M., ASKAR, A., KEENEY, G., LITTLE, B. 2010b. Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*)

EDWARDS, C. A., ARANCON, N. Q., SHERMAN, R. (eds.). 2011. Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press. Boca Raton. p. 601. ISBN: 978-1-4398-0987-7

EDWARDS, C. A.; SUBLER, S.; ARANCON, N. Q. Quality criteria for vermicomposts. *Vermiculture Technology. Earthworms, organic wastes and environmental management*, 2011, 287-301.

Fernández-Gómez, M. J., Nogales, R., Insam, H., Romero, E., Goberna, M. 2010a. Continuous-feeding vermicomposting as a recycling management method to revalue tomato-fruit wastes from greenhouse crops. *Waste Management*. 30. 2461-2468.

FERNANDEZ, M. J., ROMERO, E., NOGALES, R. 2010b. Feasibility of vermicomposting for vegetable greenhouse waste recycling. *Bioresource Technology*. 101. 9654-9660

FRANKE-WHITTLE, I. H., CONFALONIERI, A., INSAM, H., SCHLEGELMILCH, M., KÖRNER, I. 2014. Changes in the microbial communities during co-composting of digestates. *Waste Management*. 34 (3). p. 632 – 641.

FRIEDEN, E. The Chemical Elements of Life, *Scientific American*, Jul 1972, pp. 52-60

FROSTEGARD, A., and BAATH, E. 1996, The use of phospholipid fatty acid analysis to estimate bacterial and fungal biomass in soil. *Biol. Fertil. Soils* 22, 59-65

GARG, V. K., GUPTA, R. 2009. Vermicomposting of Agro-Industrial Processing Waste in Nigam, P. S., Pandey, A. (eds.), *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Springer Science + Business Media B. V. Netherlands, p. 431 – 456

GREENWOOD, N. N. EARNSHAW, A. *Chemie prvku* 1. díl, 1. vydání 1993. ISBN 80-85427-38-9.

HANC, A; CHADIMOVA, Z. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource technology*, 2014, 168: 240-244.

HANC, A., PLIVA, P. 2013. Vermicomposting technology as a tool for nutrient recovery from kitchen bio-waste. *Journal of Material Cycles and Waste Management*. 15 (4). p. 431-439. DOI: 10.1007/s10163-013-0127-8.

HORN, M. A., IHSEN, J., MATTHIES, C., SCHRAMM, A., ACKER, G., DRAKE, H. L. 2005, N₂O producing bacteria isolated from the gut of earthworm *Aporrectodea caliginosa*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55, 1255-1265

INGHAM, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. Soil foodweb incorporated. Corvallis. p. 91.

JACOB, N. 2009. Pectinolytic Enzymes. In: Nigan, P. S., Pandey, A. (eds.). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Science+Business Media B.V. p. 383-396. DOI: 10.1007/978-1-4020-9942-7. ISBN: 978-1-4020-9941-0.

JIN, B., KELLY, J. M. 2009. Wine industry residues. In: Nigan, P. S., Pandey, A. (eds.). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Science+Business Media B.V. p. 293 – 311. DOI: 10.1007/978-1-4020-9942-7. ISBN: 978-1-4020-9941-0.

KARSTEN, G. R., Drake, H. L. 1995 Comparative assessment of the aerobic and anaerobic mikroflóra of earthworm guts and forest soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1039-1044

KHWAIRAKPAM, M., BHARGAVA, R. 2009. Vermitechnology for sewage sludge recycling. *Journal of Hazardous Materials*. 161(2-3). 948–954.

LAZCANO, C., GOMEZ, B.M., DOMINGUEZ, J., 2008, Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Cemosphere* 72:1013-1019

LORES, M., GOMEZ, B.M., PEREZ, D.D., DOMINGUEZ, J., 2006, Using fame profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biol. Biochem.* 38, 2993-2996

MAMMA, D., TOPAKAS, E., VAFIADI, C., CHRISTAKOPOULOS, P. 2009. Biotechnological potential of fruit processing industry residues. In: Nigan, P. S., Pandey, A. (eds.). *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Science+Business Media B.V. p. 273 – 291. DOI: 10.1007/978-1-4020-9942-7. ISBN:978-1-4020-9941-0.

MARTOŇ, et.al. Získavanie, úprava, čistenia a ochrana vôd Pracovné lekárstvo a toxikológia, 1. vydanie, 2004

MONROY, F., DOMINGUEZ, J., 2009 Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganism and depends on dose of application of pig slurry. *Sci. Total Environ.* 407, 5411-5416

NAIR, J., SEKIOZOIC, V., ANDA, M. 2006. Effect of pre-composting on vermicomposting of kitchen waste. *Bioresource Technology.* 97. p. 2091 – 2095.

NEWTON, DAVID, E. *Chemical elements: from carbon to krypton*, 1982, 194 str. ISBN 0-7876-2844-1

ORAVOVÁ, M. 2010. *Obnovitelné zdroje energie (nejen) pro knihovny*. Moravskoslezská vědecká knihovna v Ostravě. Ostrava. 24 s. ISBN: 9788070541258

PANT, A. P., RADOVICH, T. J. K., HUE, N. V., TALCOTT, S. T., KRENEK, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 89 (14). p. 2383 – 2392. DOI: 10.1002/jsfa.3732

PIŽL, Václav. *Žížaly České republiky = Earthworms of the Czech Republic*. 1. vyd. Uherské Hradiště : Přírodovědný klub v Uherském Hradišti, 2002. ISBN 80-86485-04-8. S. 10, 41.

PLÍVA, P. 2006. Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu. VÚZT, Praha, 65 s. ISBN 80-86884-11-2.

POMMERESCHE, R., HANSEN, S., LØES, A. K. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšení kvality půdy. Bioinstitut. Olomouc. 23 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.

REINHOLD V. N., Encyclopedia of chemistry, 4. Rozšířené vydání 1984, ISBN 0-471-61525-0

ROSTAMI, R. 2011. Vermicomposting. In: Kumar, S. (ed.). Integrated Waste Management – Volume II. p. 131 - 142. ISBN: 978-953-307-447-4.

SALTER, C. E., EDWARDS, C. A. 2011. The Production of Vermicompost Aqueous Solutions or Teas. In: Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. (eds.). Vermiculture Technology. CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC. United States of America. p. 153-163.

SCHEUERELL, S. J., MAHAFFEE, W. F. 2000. Assessing aerated and nonaerated watery fermented compost and *Trichoderma harzianum* T-22 for control of powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) of Rose in the Willamette Valley, Oregon (abstract). *Phytopathology* 90.

SCHEUERELL, S. J., MAHAFFEE, W. F. 2002. Compost tea: Principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization*. 10 (4). p. 313 – 338.

SCHEUERELL, S. J., MAHAFFEE, W. F. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94, p. 1156-1163.

SCHONHOLZER, F., DITTMAR, H., ZEYER, J., 1999. Origins and fate of fungi and bacteria in the gut of *Lumbricus terrestris* L. studied by image analysis. *FEMS Microbiol. Ecol.* 28, 235-248

SINHA, R. K., AGARWAL, S., CHAUHAN, K., VALANI, D. 2010. The wonders of earthworms & its ver-micompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers from agriculture. *Agricultural Sciences*. Vol. 1 (2). 76 – 94.

TAMBONE, F., TERRUZZI, L., SCAGLIA, B., ADANI, F. 2015. Composting of the solid fraction of digestate derived from pig slurry: Biological processes and compost properties. *Waste Management*. 35. 55-61.

TIUNOV, A. V., Scheu, S. 2004. Carbon availability controls the growth of detritivores (*Lumbricidae*) and their effect on nitrogen mineralization. *Oecologia* 138, 83-90

VANĚK, V., BALÍK, J., ČERNÝ, J., PAVLÍK, M., PAVLÍKOVÁ, D., TLUSTOŠ, P., VALTERA, J. 2012. *Výživa zahradních rostlin*. Academia. Praha. 568 s. ISBN: 978-80-200-2147-2.

WANG, Q., WANG, X., WANG, X., MA, H. 2008. Glucoamylase production from food waste by *Aspergillus niger* under submerged fermentation. *Process Biochemistry*. 43. p.280 – 286. DOI: 10.1016/j.procbio.2007.12.010.

YADAV, A., GARG, V. K. 2009. Feasibility of nutrient recovery from industrial sludge by vermicomposting technology. *Journal of Hazardous Materials*. 168(1). 262-268.

YADAV, A., GARG, V. K. 2011. Recycling of organic Wates by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*. 102. 2874 - 2880

ZAJONC, I. 1992. *Chov dážďoviek a výroba vermikompostu*. Animapress. Nitra. 59 s. ISBN: 80-85567-00-8.

ZELLES, L. 1997, Phospholipid fatty acid profiles in selected members for soil microbial communities. *Chemosphere* 35, 275-294

9. Přílohy

Tabulka 3: Koncentrace N-NO₃⁻ (mg/l) výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	33,10	33,55	33,67	33,44	0,25
	aerace	55,48	56,27	52,89	54,88	1,45
6.hodina	míchání	55,62	55,73	54,38	55,24	0,61
	aerace	65,32	62,25	66,32	64,63	1,73
12.hodina	míchání	55,35	57,91	61,27	58,18	2,42
	aerace	66,91	66,57	66,44	66,64	0,19
24.hodina	míchání	63,22	64,19	63,63	63,68	0,40
	aerace	67,10	66,53	67,15	66,93	0,28
48.hodina	míchání	59,05	60,84	57,16	59,02	1,50
	aerace	69,07	70,36	69,12	69,52	0,60

Tabulka 4: Koncentrace N-NO₃⁻ (mg/l) výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	141,79	142,33	144,01	142,71	0,94
	aerace	137,14	134,81	135,85	135,93	0,96
6.hodina	míchání	147,79	145,71	145,65	146,39	0,99
	aerace	138,99	144,00	140,52	141,17	2,10
12.hodina	míchání	145,55	146,54	149,80	147,29	1,82
	aerace	247,54	141,87	134,43	174,62	51,66
24.hodina	míchání	148,26	149,14	151,36	149,59	1,31
	aerace	139,03	140,81	134,77	138,20	2,54
48.hodina	míchání	156,19	151,21	149,44	152,28	2,85
	aerace	148,79	139,84	149,29	145,97	4,34

Tabulka 5: Koncentrace N-NO₃⁻ (mg/l) výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	2,45	2,21	2,23	2,30	0,11
	aerace	2,39	2,44	2,45	2,43	0,03
6.hodina	míchání	2,87	2,54	2,81	2,74	0,14
	aerace	2,45	2,57	2,58	2,53	0,06
12.hodina	míchání	2,63	2,89	2,48	2,67	0,17
	aerace	3,00	2,91	3,03	2,98	0,05
24.hodina	míchání	2,58	2,52	2,87	2,66	0,15
	aerace	3,82	3,65	3,71	3,73	0,07
48.hodina	míchání	2,46	2,49	2,28	2,41	0,09
	aerace	2,99	2,61	4,67	3,42	0,89

Tabulka 6: Koncentrace N-NO_3^- (mg/l) výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	15,00	14,67	13,72	14,46	0,54
	aerace	13,50	13,83	13,68	13,67	0,13
6.hodina	míchání	14,18	13,90	17,12	15,07	1,45
	aerace	8,49	8,37	9,59	8,81	0,55
12.hodina	míchání	13,35	13,95	14,25	13,85	0,37
	aerace	9,73	9,52	9,46	9,57	0,11
24.hodina	míchání	13,21	12,70	12,49	12,80	0,30
	aerace	10,99	11,24	11,97	11,40	0,42
48.hodina	míchání	8,85	9,20	9,30	9,12	0,19
	aerace	15,57	15,68	16,02	15,76	0,19

Tabulka 7: Koncentrace N-NO_3^- (mg/l) výluhu z vermikompostu z kuchyňských zbytků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	24,65	22,79	20,69	22,71	1,62
	aerace	16,81	18,67	23,32	19,60	2,74
6.hodina	míchání	30,56	31,88	32,26	31,56	0,73
	aerace	36,26	36,42	37,72	36,80	0,66
12.hodina	míchání	50,83	30,87	41,93	41,21	8,17
	aerace	40,15	40,76	39,05	39,99	0,71
24.hodina	míchání	26,39	24,26	39,16	29,94	6,58
	aerace	41,84	43,35	41,41	42,20	0,83
48.hodina	míchání	13,18	7,55	11,23	10,65	2,33
	aerace	40,90	28,08	38,46	35,81	5,56

Tabulka 8: Koncentrace N-NH_4^+ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,53	0,48	0,48	0,50	0,02
	aerace	0,16	0,20	0,20	0,19	0,02
6.hodina	míchání	0,42	0,41	0,44	0,42	0,01
	aerace	0,06	0,07	0,09	0,08	0,01
12.hodina	míchání	0,78	0,79	0,75	0,77	0,02
	aerace	0,12	0,10	0,17	0,13	0,03
24.hodina	míchání	0,73	0,71	0,76	0,73	0,02
	aerace	0,19	0,15	0,14	0,16	0,02
48.hodina	míchání	0,61	0,66	0,65	0,64	0,02
	aerace	0,10	0,10	0,07	0,09	0,01

Tabulka 9: Koncentrace N-NH₄⁺ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,24	0,48	0,40	0,38	0,10
	aerace	0,16	0,15	0,33	0,21	0,08
6.hodina	míchání	0,12	0,18	0,17	0,16	0,03
	aerace	0,31	0,29	0,30	0,30	0,01
12.hodina	míchání	0,12	0,12	0,16	0,13	0,02
	aerace	0,27	0,36	0,43	0,35	0,07
24.hodina	míchání	0,21	0,14	0,16	0,17	0,03
	aerace	0,32	0,20	0,39	0,30	0,08
48.hodina	míchání	0,08	0,07	0,09	0,08	0,01
	aerace	2,92	2,99	2,87	2,93	0,05

Tabulka 10: Koncentrace N-NH₄⁺ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	3,02	2,87	2,51	2,80	0,21
	aerace	0,19	0,25	0,25	0,23	0,03
6.hodina	míchání	0,37	0,42	0,39	0,39	0,02
	aerace	0,59	0,66	0,80	0,68	0,09
12.hodina	míchání	0,49	0,47	0,36	0,44	0,06
	aerace	1,14	1,14	1,13	1,14	0,01
24.hodina	míchání	0,44	0,42	0,47	0,44	0,02
	aerace	1,02	1,02	0,96	1,00	0,03
48.hodina	míchání	0,47	0,42	0,46	0,45	0,02
	aerace	0,96	0,83	0,81	0,87	0,07

Tabulka 11: Koncentrace N-NH₄⁺ (mg/l) ve výluhu z z vermikompostu jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,09	0,14	0,18	0,14	0,04
	aerace	0,10	0,09	0,12	0,10	0,01
6.hodina	míchání	0,14	0,11	0,47	0,24	0,16
	aerace	0,39	0,36	0,25	0,33	0,06
12.hodina	míchání	0,18	0,22	0,28	0,23	0,04
	aerace	0,48	0,47	0,48	0,48	0,00
24.hodina	míchání	0,47	0,43	0,40	0,43	0,03
	aerace	0,69	0,62	0,59	0,64	0,04
48.hodina	míchání	1,16	1,16	1,11	1,14	0,02

aerace	0,13	0,16	0,14	0,14	0,01
--------	------	------	------	------	------

Tabulka 12: Koncentrace N-NH₄⁺ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z kuchyňských zbytků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,15	0,14	0,15	0,14	0,00
	aerace	0,42	0,44	0,38	0,41	0,02
6.hodina	míchání	0,18	0,19	0,20	0,19	0,01
	aerace	0,11	0,14	0,11	0,12	0,01
12.hodina	míchání	0,33	0,34	0,39	0,35	0,03
	aerace	0,15	0,12	0,20	0,16	0,03
24.hodina	míchání	1,88	1,99	1,99	1,96	0,05
	aerace	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
48.hodina	míchání	13,73	6,82	7,84	9,47	3,05
	aerace	0,12	0,13	0,07	0,11	0,02

Tabulka 13: Koncentrace N-celkový (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	39,26	38,52	38,26	38,68	0,42
	aerace	62,88	61,39	59,24	61,17	1,49
6.hodina	míchání	59,59	61,46	60	60,35	0,80
	aerace	75,93	69,18	76,27	73,80	3,26
12.hodina	míchání	66,35	68,88	81,53	72,25	6,64
	aerace	77,26	79,01	80,46	78,91	1,31
24.hodina	míchání	79,91	84,76	80,82	81,83	2,10
	aerace	82,44	83,23	85,52	83,73	1,31
48.hodina	míchání	75,81	75,53	70,62	73,99	2,38
	aerace	89,72	88,63	88,68	89,01	0,50

Tabulka 14: Koncentrace N-celkový (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	150,45	142,98	152,66	148,70	4,14
	aerace	160,34	161,06	162,54	161,31	0,91
6.hodina	míchání	159,66	148,11	156,42	154,73	4,86
	aerace	167,73	173,50	170,58	170,60	2,36
12.hodina	míchání	158,40	159,43	157,96	158,59	0,62
	aerace	155,11	161,38	161,00	159,16	2,87
24.hodina	míchání	156,73	157,63	156,65	157,00	0,45
	aerace	160,79	163,93	160,78	161,83	1,48

48.hodina	míchání	163,56	160,57	156,06	160,06	3,08
	aerace	172,58	164,34	181,40	172,77	6,97

Tabulka 15: Koncentrace N-celkový (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	3,86	3,77	4,04	3,89	0,11
	aerace	3,44	3,41	3,52	3,46	0,05
6.hodina	míchání	3,76	3,87	3,76	3,80	0,05
	aerace	3,83	3,93	4,26	4,01	0,19
12.hodina	míchání	3,47	3,85	3,33	3,55	0,22
	aerace	4,25	4,22	4,25	4,24	0,02
24.hodina	míchání	3,59	3,75	3,95	3,77	0,15
	aerace					
48.hodina	míchání	3,50	3,43	3,32	3,41	0,07
	aerace					

Tabulka 16: Koncentrace N-celkový (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	21,92	15,68	17,71	18,44	2,60
	aerace	15,90	16,66	15,88	16,15	0,36
6.hodina	míchání	17,21	15,46	22,64	18,44	3,06
	aerace	10,72	11,11	16,92	12,92	2,84
12.hodina	míchání	16,88	17,22	18,47	17,53	0,69
	aerace	15,69	13,29	12,96	13,98	1,22
24.hodina	míchání	16,05	15,29	16,09	15,81	0,37
	aerace	14,01	21,98	17,64	17,87	3,26
48.hodina	míchání	18,57	14,05	14,10	15,57	2,12
	aerace	21,13	21,51	20,59	21,08	0,38

Tabulka 17: Koncentrace N-celkový (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z kuchyňských zbytků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	26,23	25,28	22,57	24,69	1,55
	aerace	21,91	16,16	20,18	19,42	2,41
6.hodina	míchání	38,07	37,87	38,83	38,26	0,41
	aerace	46,34	40,59	42,71	43,21	2,37
12.hodina	míchání	81,08	38,92	53,21	57,74	17,51
	aerace	46,61	50,23	49,24	48,69	1,53
24.hodina	míchání	34,24	32,71	52,68	39,88	9,08

48.hodina	aerace	53,81	51,18	47,47	50,82	2,60
	míchání	22,69	30,00	55,80	36,16	14,20
	aerace	54,80	43,79	53,21	50,60	4,86

Tabulka 18: Koncentrace DOC ve výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	37,91	38,78	39,53	38,74	0,66
	aerace	71,53	72,51	70,86	71,63	0,68
6.hodina	míchání	84,14	85,08	81,93	83,72	1,32
	aerace	121,60	106,37	101,30	109,76	8,63
12.hodina	míchání	113,32	112,62	120,03	115,32	3,34
	aerace	120,05	121,89	120,59	120,84	0,77
24.hodina	míchání	145,03	147,90	148,52	147,15	1,52
	aerace	135,37	137,40	136,26	136,34	0,83
48.hodina	míchání	162,74	166,50	159,29	162,84	2,94
	aerace	157,99	159,58	160,05	159,21	0,88

Tabulka 19: Koncentrace DOC ve výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	31,20	34,41	31,22	32,28	1,51
	aerace	43,65	32,19	28,43	34,76	6,47
6.hodina	míchání	39,33	39,16	40,89	39,79	0,78
	aerace	31,28	31,93	32,03	31,75	0,33
12.hodina	míchání	42,91	41,80	43,50	42,74	0,71
	aerace	31,31	32,50	33,68	32,50	0,97
24.hodina	míchání	48,92	47,03	45,76	47,24	1,30
	aerace	33,23	34,41	35,85	34,50	1,07
48.hodina	míchání	51,44	49,25	42,16	47,62	3,96
	aerace	57,44	55,35	60,21	57,66	1,99

Tabulka 20: Koncentrace DOC ve výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	271,82	314,53	256,06	280,80	24,70
	aerace	224,60	246,15	243,84	238,20	9,66
6.hodina	míchání	389,63	408,27	404,86	400,92	8,10
	aerace	335,88	298,36	401,56	345,27	42,65
12.hodina	míchání	342,29	443,29	351,65	379,08	45,57
	aerace	420,14	460,00	429,33	436,49	17,04
24.hodina	míchání	375,58	374,05	406,05	385,23	14,74

	aerace	494,00	507,95	488,81	496,92	8,08
48.hodina	míchání	416,70	421,26	390,82	409,60	13,40
	aerace	493,69	513,80	480,87	496,12	13,55

Tabulka 21: Koncentrace DOC ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	18,17	18,68	18,86	18,57	0,29
	aerace	22,35	21,43	22,11	21,96	0,39
6.hodina	míchání	0,32	0,25	3,46	1,34	1,49
	aerace	0,41	0,80	28,81	10,01	13,30
12.hodina	míchání	0,32	0,26	0,54	0,37	0,12
	aerace	40,94	41,07	40,22	40,74	0,37
24.hodina	míchání	0,53	0,40	0,37	0,44	0,07
	aerace	43,73	42,00	41,42	42,38	0,98
48.hodina	míchání	1,21	1,05	1,02	1,10	0,08
	aerace	45,68	46,32	48,43	46,81	1,18

Tabulka 22: Koncentrace DOC ve výluhu z vermikompostu z kuchyňských zbytků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	56,85	55,92	95,33	69,37	18,36
	aerace	46,42	45,87	40,15	44,15	2,83
6.hodina	míchání	134,17	92,14	132,86	119,72	19,51
	aerace	97,36	102,86	97,94	99,39	2,46
12.hodina	míchání	188,78	120,42	145,54	151,58	28,23
	aerace	113,10	114,22	108,84	112,05	2,32
24.hodina	míchání	121,47	120,04	140,53	127,35	9,34
	aerace	139,68	130,81	139,09	136,52	4,05
48.hodina	míchání	133,63	155,70	276,71	188,68	62,89
	aerace	137,94	135,96	153,38	142,43	7,79

Tabulka 23: pH výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	6,66	6,66	6,66	6,66	0,00
	aerace	6,59	6,59	6,59	6,59	0,00
6.hodina	míchání	6,61	6,60	6,61	6,61	0,00
	aerace	6,65	6,66	6,66	6,66	0,00
12.hodina	míchání	6,62	6,62	6,62	6,62	0,00
	aerace	6,69	6,69	6,68	6,69	0,00

24.hodina	míchání	6,64	6,63	6,63	6,63	0,00
	aerace	6,71	6,70	6,71	6,71	0,00
48.hodina	míchání	6,70	6,70	6,70	6,70	0,00
	aerace	7,32	7,32	7,32	7,32	0,00

Tabulka 24: pH výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	7,35	7,35	7,35	7,35	0,00
	aerace	7,59	7,59	7,59	7,59	0,00
6.hodina	míchání	7,37	7,37	7,37	7,37	0,00
	aerace	7,82	7,82	7,82	7,82	0,00
12.hodina	míchání	7,37	7,37	7,37	7,37	0,00
	aerace	7,89	7,90	7,89	7,89	0,00
24.hodina	míchání	7,36	7,36	7,36	7,36	0,00
	aerace	7,93	7,93	7,93	7,93	0,00
48.hodina	míchání	7,33	7,33	7,33	7,33	0,00
	aerace	8,01	8,01	8,01	8,01	0,00

Tabulka 25: pH výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	8,86	8,86	8,86	8,86	0,00
	aerace	8,20	8,20	8,20	8,20	0,00
6.hodina	míchání	8,76	8,76	8,76	8,76	0,00
	aerace	8,08	8,08	8,09	8,08	0,00
12.hodina	míchání	8,68	8,67	8,67	8,67	0,00
	aerace	8,16	8,17	8,16	8,16	0,00
24.hodina	míchání	8,51	8,51	8,51	8,51	0,00
	aerace	8,21	8,21	8,21	8,21	0,00
48.hodina	míchání	8,32	8,30	8,31	8,31	0,01
	aerace	8,32	8,32	8,32	8,32	0,00

Tabulka 26: pH výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	7,05	7,05	7,05	7,05	0,00
	aerace	7,36	7,36	7,36	7,36	0,00
6.hodina	míchání	7,07	7,07	7,07	7,07	0,00
	aerace	7,52	7,52	7,52	7,52	0,00
12.hodina	míchání	7,01	7,01	7,01	7,01	0,00
	aerace	7,82	7,82	7,82	7,82	0,00

24.hodina	míchání	7,14	7,14	7,14	7,14	0,00
	aerace	7,83	7,83	7,83	7,83	0,00
48.hodina	míchání	7,09	7,09	7,09	7,09	0,00
	aerace	7,67	7,67	7,67	7,67	0,00

Tabulka 27: pH výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	8,59	8,59	8,59	8,59	0,00
	aerace	9,40	9,40	9,40	9,40	0,00
6.hodina	míchání	8,46	8,46	8,46	8,46	0,00
	aerace	8,71	8,71	8,71	8,71	0,00
12.hodina	míchání	8,32	8,32	8,32	8,32	0,00
	aerace	8,73	8,73	8,73	8,73	0,00
24.hodina	míchání	8,07	8,07	8,07	8,07	0,00
	aerace	8,78	8,78	8,78	8,78	0,00
48.hodina	míchání	8,24	8,24	8,24	8,24	0,00
	aerace	8,80	8,80	8,80	8,80	0,00

Tabulka 28: Rozpuštěný O₂ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	3,59	3,55	3,54	3,56	0,02
	aerace	5,79	5,79	5,79	5,79	0,00
6.hodina	míchání	2,18	2,16	2,17	2,17	0,01
	aerace	6,08	6,07	6,08	6,08	0,00
12.hodina	míchání	1,41	1,43	1,44	1,43	0,01
	aerace	6,02	6,01	6,02	6,02	0,00
24.hodina	míchání	1,40	1,40	1,40	1,40	0,00
	aerace	5,66	5,89	6,00	5,85	0,14
48.hodina	míchání	0,44	0,45	0,46	0,45	0,01
	aerace	4,71	4,69	4,65	4,68	0,02

Tabulka 29: Rozpuštěný O₂ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	4,18	4,17	4,17	4,17	0,00
	aerace	5,19	5,19	5,19	5,19	0,00
6.hodina	míchání	2,20	2,20	2,20	2,20	0,00
	aerace	5,43	5,43	5,43	5,43	0,00
12.hodina	míchání	2,17	2,18	2,18	2,18	0,00
	aerace	5,52	5,52	5,52	5,52	0,00
24.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00

48.hodina	aerace	5,65	5,65	5,65	5,65	0,00
	míchání	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00
	aerace	5,57	5,57	5,57	5,57	0,00

Tabulka 30: Rozpuštěný O₂ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	2,43	2,44	2,44	2,44	0,00
	aerace	4,54	4,56	4,56	4,55	0,01
6.hodina	míchání	1,68	1,69	1,69	1,69	0,00
	aerace	5,13	5,16	5,15	5,15	0,01
12.hodina	míchání	1,68	1,69	1,69	1,69	0,00
	aerace	5,28	5,28	5,25	5,27	0,01
24.hodina	míchání	1,57	1,56	1,56	1,56	0,00
	aerace	5,65	5,65	5,65	5,65	0,00
48.hodina	míchání	3,05	3,04	3,05	3,05	0,00
	aerace	5,54	5,53	5,52	5,53	0,01

Tabulka 31: Rozpuštěný O₂ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlišků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	2,63	2,63	2,62	2,63	0,00
	aerace	5,10	5,10	5,10	5,10	0,00
6.hodina	míchání	2,13	2,13	2,13	2,13	0,00
	aerace	5,87	5,87	5,87	5,87	0,00
12.hodina	míchání	2,13	2,13	2,13	2,13	0,00
	aerace	5,95	5,95	5,95	5,95	0,00
24.hodina	míchání	1,54	1,54	1,54	1,54	0,00
	aerace	6,16	6,16	6,16	6,16	0,00
48.hodina	míchání	3,54	3,54	3,54	3,54	0,00
	aerace	6,17	6,17	6,17	6,17	0,00

Tabulka 32: Rozpuštěný O₂ (mg/l) ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	3,20	3,20	3,20	3,20	0,00
	aerace	5,58	5,58	5,58	5,58	0,00
6.hodina	míchání	1,49	1,49	1,49	1,49	0,00
	aerace	5,72	5,72	5,72	5,72	0,00
12.hodina	míchání	0,91	0,91	0,91	0,91	0,00
	aerace	5,75	5,75	5,75	5,75	0,00
24.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	6,11	6,11	6,11	6,11	0,00

48.hodina	míchání	0,28	0,28	0,28	0,28	0,00
	aerace	5,94	5,94	5,94	5,94	0,00

Tabulka 33: Konduktivita (mS/cm) ve výluhu z vermikompostu z hnoje

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,60	0,60	0,60	0,60	0,00
	aerace	0,80	0,80	0,80	0,80	0,00
6.hodina	míchání	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	aerace	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
12.hodina	míchání	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	aerace	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
24.hodina	míchání	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00
	aerace	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
48.hodina	míchání	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00
	aerace	1,30	1,30	1,30	1,30	0,00

Tabulka 34: Konduktivita (mS/cm) ve výluhu z vermikompostu z digestátu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
6.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
12.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	1,90	1,90	1,90	1,90	0,00
24.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
48.hodina	míchání	1,60	1,60	1,60	1,60	0,00
	aerace	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00

Tabulka 35: Konduktivita (mS/cm) ve výluhu z vermikompostu z matoliny

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,50	0,50	0,50	0,50	0,00
	aerace	0,60	0,60	0,60	0,60	0,00
6.hodina	míchání	0,80	0,80	0,80	0,80	0,00
	aerace	0,80	0,80	0,80	0,80	0,00
12.hodina	míchání	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	aerace	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
24.hodina	míchání	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	aerace	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
48.hodina	míchání	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,00

aerace	1,20	1,20	1,20	1,20	0,00
--------	------	------	------	------	------

Tabulka 36: Konduktivita (mS/cm) ve výluhu z vermikompostu z jablečných výlisků

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
	aerace	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
6.hodina	míchání	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
	aerace	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
12.hodina	míchání	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
	aerace	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
24.hodina	míchání	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
	aerace	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00
48.hodina	míchání	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,00
	aerace	0,40	0,40	0,40	0,40	0,00

Tabulka 37: Konduktivita (mS/cm) ve výluhu z vermikompostu z kuchyňského odpadu

		1.opak.	2.opak	3.opak	průměr	s.odchylka
1.hodina	míchání	1,10	1,10	1,10	1,10	0,00
	aerace	0,70	0,70	0,70	0,70	0,00
6.hodina	míchání	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00
	aerace	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
12.hodina	míchání	1,50	1,50	1,50	1,50	0,00
	aerace	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
24.hodina	míchání	1,80	1,80	1,80	1,80	0,00
	aerace	2,00	2,00	2,00	2,00	0,00
48.hodina	míchání	1,70	1,70	1,70	1,70	0,00
	aerace	2,20	2,20	2,20	2,20	0,00