

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Použití vermikompostu k přípravě výluhů**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Marcel Havrda**

**Obor studia: Veřejná správa v zemědělství a krajině**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Použití vermikompostu k přípravě výluhů" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13.4. \_\_\_\_\_

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu docentu Aleši Hančovi, stejně tak jako slečně inženýrce Markétě Drešlové, za neskonalou trpělivost a odbornou pomoc, jež mi vždy ochotně poskytli při psaní této práce.

# Použití vermikompostu k přípravě výluhů

## Souhrn

Tato práce se zabývá důležitými faktory vermikompostování, jež je třeba dodržet, aby biochemické reakce v kompostu probíhaly správně a nevznikaly zde toxické látky či jiné negativní faktory, jako je například hnití či zvýšená úmrtnost žížal v důsledku fyzikálních vlastností (např. teplota). Zohledňuje se zde například pH, aerace, teplota, mikro biodiverzita atd. Popsané zde jsou i druhy žížal, které se k vermikompostování používají. Tyto druhy jsou pak krátce srovnávány, a to zejména druhy *E. fetida* a *E. andrei*. Zmíněny zde jsou také vybrané odstavce z legislativy, konkrétně Zákon č. 156/1998 Sb, o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd, a Vyhláška 474/2000 popisující konkrétní druhy hnojiv. Praktická část se poté zabývá extrakcí vermikompostu z určeného materiálu (koňský hnůj, matolína a jablečné výlisky) v aerátoru s magnetickým míchadlem a okamžitým přidáním pivovarských kvasnic *Sacharomyces uvarum*. Poměr suroviny k vodě byl ve všech případech 1 : 9. Z takto aerovaných výluhů obohacených o kvasnice byly následně odebrány vzorky v určitých časových intervalech (1, 6, 12, 24 a 48 h). U těchto vzorků proběhlo stanovení a vyhodnocení chemických vlastností daného výluhu. Koncentrace měřených prvků rostly v závislosti na době louhování u všech stanovených prvků, vyjma Fe, jehož koncentrace klesala v případě matoliny nejvíce v pozdní části a u koňského hnoje v začátku extrakce. Koncentrace Fe u jablečných výlisků poté s délkou expozice rostla. Zároveň bylo potvrzeno, že kvasinky nemají negativní dopad na koncentraci těchto prvků, naopak se jejich přidáním koncentrace lehce zvyšuje.

**Klíčová slova:** vermikompost, výluhy, pivovarské kvasnice

# Use of vermicompost for preparation of extracts

## Summary

This thesis concerns about the important factors of vermicomposting, which need to be maintained to make the biochemical reactions in compost proceed the right way, so no toxic substances are produced nor any negative factors, such as rotting or higher temperature which would cause dying of the earthworms occur. The thesis describes the factors such as pH, aeration, temperature, micro biodiversity etc. There are also described the species of earthworms which are proper to use in vermicompost. These species are compared, especially the two species *E. fetida* and *E. andrei*. This thesis also mentions selected parts of legislative, specifically Law no. 156/1998 Sb, o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd and Order no. 474/2000 which describes kinds of fertilizers. The practical part of this thesis is about extraction of vermicompost made from different kinds of biologically decomposable waste – horse manure, grape marc and apple pomace – in the aerator with a magnetic agitation and with brewing yeast *Sacharomyces uvarum* in addition. The ratio of raw material and water was 1:9 in all cases. From this extracts with yeast were taken samples within an interval of 1, 6, 12, 24 and 48 hours. These samples were laboratory tested to determine and analyse the chemical parametres of the vermitea. Concentration of the measured elements was growing up with time of aeration, except from Ferrum which concentration went down in posterior part of aeration of the vermitea from wine marc and in the starting faze of aeration in vermitea from horse manure. The concetration of Fe was growing up with time of aeartion in the vermitea from apple pomace. It was also confirmed that the yeast do not influence negatively the concentration of the elements, by contraries it even increases these concetrations.

**Keywords:** vermicompost, extracts, Brewer's yeast, teas

# Obsah

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Úvod</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Cíl práce</b>  | <b>2</b>  |
| <b>3</b>   | <b>Literární rešerše</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Vermikompostování a jeho výhody</b>  | <b>3</b>  |
| 3.1.1      | Aerace  | 3         |
| 3.1.2      | Vlhkost   | 4         |
| 3.1.3      | Hodnota pH  | 4         |
| 3.1.4      | Teplota   | 6         |
| 3.1.5      | Mikrobiologická diverzita   | 6         |
| 3.1.6      | Zastoupení prvků a chemických látek   | 8         |
| 3.1.6.1    | Nutričně významné prvky   | 8         |
| 3.1.6.2    | Poměr C:N   | 9         |
| 3.1.6.3    | Rizikové látky  | 9         |
| <b>3.2</b> | <b>Legislativní ochrana</b>   | <b>10</b> |
| 3.2.1      | Vyhláška č. 474/2000 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva | 10        |
| <b>3.3</b> | <b>Suroviny vhodné k vermikompostování</b>  | <b>11</b> |
| 3.3.1      | Matolína  | 12        |
| 3.3.2      | Jablečné výlisky  | 12        |
| 3.3.3      | Chlévský hnůj   | 13        |
| <b>3.4</b> | <b>Vhodné druhy žížal pro vermikompostování</b>   | <b>14</b> |
| <b>3.5</b> | <b>Vodný výluh z vermikompostu</b>  | <b>15</b> |
| 3.5.1      | Výroba výluhu   | 16        |
| 3.5.1.1    | Kvasinky přidávané do výluhů  | 17        |
| 3.5.2      | Výhody výluhu z vermikompostu   | 17        |
| <b>4</b>   | <b>Metodika</b>   | <b>19</b> |
| <b>5</b>   | <b>Výsledky</b>   | <b>21</b> |
| <b>5.1</b> | <b>Koncentrace prvků ve vzorcích</b>  | <b>21</b> |
| 5.1.1      | Grafické zpracování koncentrace vybraných prvků ve výluzích                                 | 21        |
| <b>6</b>   | <b>Diskuze</b>  | <b>28</b> |
| <b>7</b>   | <b>Závěr</b>  | <b>30</b> |
| <b>8</b>   | <b>Seznam literatury</b>  | <b>31</b> |
| <b>9</b>   | <b>Přílohy</b>  | <b>36</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Koncentrace měřených prvků</b>   | <b>36</b> |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 9.1.1      | Naměřené koncentrace prvků v neobohacených vzorcích .....   | 36        |
| 9.1.2      | Naměřené koncentrace prvků ve vzorcích obohacených o 100 ml pivovarských kvasnic  | 38        |
| 9.1.3      | Naměřené koncentrace prvků ve vzorcích obohacených o 500 ml pivovarských kvasnic  | 40        |
| <b>9.2</b> | <b>Koncentrace minerálního dusíku.....</b>  | <b>42</b> |
| <b>9.3</b> | <b>Fotografie z probíhajícího pokusu vlivu obohacených výluhů na růst a výnos rostlin</b>   | <b>43</b> |
| <b>9.4</b> | <b>Zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd.</b> | <b>45</b> |

# 1 Úvod

V dnešní době je naše moderní společnost producentem ohromného množství odpadu. Velkou část objemu tohoto odpadu pak tvoří položky recyklovatelné, mezi ty nejznámější patří samozřejmě plasty, papír a sklo. Jenže téměř 40 % komunálního odpadu je také tvořeno materiálem biologicky rozložitelným. Dle Českého statistického úřadu pak přibližně polovina tohoto odpadu končí na skládkách (pro rok 2015 se jednalo přibližně o 1,8 mil. tun komunálního odpadu), kde nejen že nedochází k opětovnému začlenění živin do oběhu, ale je zde kvůli nemožné kontrole i relativně častá produkce látek toxických (např. mykotoxiny). Tentýž zdroj uvádí, že v roce 2015 bylo ke kompostování využito pouze cca 4 % z celkového množství komunálního odpadu. Při produkci nad 317 kg odpadu na obyvatele ČR za rok dostáváme přes 3,3 milionů tun odpadu ročně, a to pouze na území České republiky (Český statistický úřad, 2016). S bioodpadem však lze efektivně nakládat. Velmi vhodným řešením je přeměna bioodpadu na hnojivo, a to právě například vermikompostováním. Takto připravená hnojiva nejen že pomohou odpadovému hospodářství, ale jsou pro rostliny přirozená, přesto však díky svým vlastnostem velmi efektivní. Vermikomposty také nezatěžují životní prostředí, což je u současného trendu ekologického zemědělství nespornou výhodou. Další výhodou je jejich udržitelnost díky principu koloběhu látek (Edwards, et al., 2010). Vermikompostování je biochemický proces, v němž organickou hmotu rozkládají mikroorganismy za asistence žížal, které směs obohacují i o důležité a pro rostliny prospěšné enzymy, a eliminují nežádoucí patogeny ve vstupních surovinách. Vermikompost je pevná ve vlhku lepivá směs nejrůznějších organických i anorganických látek, což může v praxi zhoršit jeho aplikaci na plodiny, jelikož se musí aplikovat před setím či sázením. Jeho pozdější využití je technicky velmi náročné. (Edwards, et al., 2010). Tento problém lze vyřešit přípravou jeho výluhu, kdy dostaneme kapalný supernatant s vysokým obsahem živinných látek. Práce s tímto roztokem je pak pro zemědělce mnohem přijatelnější (Yardim, et al., 2006). Již 10 let jsou vermikomposty velmi lukrativní komoditou na trhu (Arancon, 2007). Přesto je současní výrobci v České republice prodávají především ve skupenství pevném, na jehož negativum jsem poukázal výše.



## 2 Cíl práce

Cílem teoretické části práce je seznámit čtenáře s podmínkami, jež je třeba dodržet, aby bylo vermikompostování úspěšné a kvalitní. Dále práce blíže charakterizuje suroviny, jež byly použity v praktické části. Zohledňuje také legislativu ČR.

Praktická část se zabývá výrobou vodných výluhů vermikompostu z daných surovin a výluhu obohacených o pivovarské kvasnice rodu *Saccharomyces* a následné porovnání chemických parametrů těchto extraktů. Jejich pozitivní vliv (hypotézou zde je, že kvasinky by měly svojí přítomností snižovat rizikovost napadení rostlin chorobami, zejména plísněmi, a to především u rostlin z řádu lilkovitých, jež jsou právě na tato onemocnění náchylná) je poté předmětem dalšího výzkumu. Zároveň tyto kvasinky výrazně neovlivní prvkové složení daných výluhů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Vermikompostování a jeho výhody

Už samotné slovo vermikompost nám ledacos napovídá, jelikož *vermio* znamená v doslovném překladu z latiny červi. Jedná se tedy o alternativní způsob kompostování, kdy jsou do rozkládaného materiálu cíleně vneseny epigeické druhy žížal. Ty pak narušují strukturu bioodpadu a tvoří tak kvalitní hnojivo - vermikompost (Edwards, *et al.*, 2010). Celkově pak vermikompostování zahrnuje několik procesů, jakými jsou například oxidace a stabilizace organických materiálů mikroorganismy a konkrétními druhy žížal, které odpad dále provzdušňují a fragmentují, čímž se dosáhne lepší mikrobiální aktivity. Dalším příznivým vlivem je samotná metabolická aktivita žížal, ta pak snižuje poměr C: N a také zvyšuje povrch metabolitů, což opět vede k zefektivnění mikrobiálních procesů (Hussian *et al.* 2016). Vermikompost také obsahuje enzymy, které mají pozitivní vliv na klíčení rostlin a jejich výluhy mohou být použity na léčbu houbových onemocnění rostlin (Váňa, 1994). Avšak před samotným vermikompostováním by mělo dojít k předkompostování, tedy fermentaci, a to alespoň 240 hodin (Abbasi, *et al.*, 2009). Kompostování však nesmí být úplné, aby v substrátu nedošlo ke ztrátě látek, např. cukrů, vitamínů a bílkovin, ty totiž slouží jako samotné krmivo (Váňa, 1994). Takto předpřipravený materiál pak obsahuje méně přístupných forem těžkých kovů, např. vodorozpuštěného kadmia. Jelikož tyto kovy působí jako stresový faktor na žížaly, je snížení jejich obsahu pozitivní (Ghyasvand, *et al.*, 2008). Vermikompost je tedy velmi kvalitní hnojivo, jež je možné připravit z nespočetného množství rozmanitých surovin. Je vhodné jak v zahradnictví, tak v zemědělství, kde může příznivě ovlivnit výnosnost plodin a obecně i kvalitu půdy (Oliver, 1937 ; Abbasi, *et al.*, 2015).

#### 3.1.1 Aerace

Jedním z důležitých faktorů, jež pozorujeme při vermikompostování, je provzdušnění, které je důležité hned z několika důvodů. Tím prvním a nejpodstatnějším je fakt, že žížaly, jež dýchají celým povrchem těla, potřebují kyslík pro život. Při jeho nedostatku hynou. Dalším procesem, jež spotřebovává kyslík, je mikrobiální činnost v kompostu (Munroe, 2007). Provzdušnění dále snižuje díky cirkulaci vzduchu a evaporaci celkovou vlhkost kompostu, což je u některých materiálů s vysokým obsahem vody, jako jsou např. jablečné výlisky, nepochybnou výhodou (Gupta, *et al.*, 2009). Díky přístupu vzduchu, a tedy možnosti

aerobních procesů, nedochází k tvorbě chemických látek, jako jsou fytotoxiny nebo amoniak (Gupta, *et al.*, 2009).

### 3.1.2 Vlhkost

Ve srovnání s klasickým kompostováním vyžaduje vermikompostování mnohem vyšší hodnotu vlhkosti, a to až o 30 %. Spodní hranice vlhkosti je okolo 50 %, při této hodnotě dochází k rapidnímu úhynu žížal, avšak v běžném kompostovacím procesu je tato vlhkost ideální. Horní hranicí je 90 % vlhkost, kdy žížaly hůře narušují substrát a následně opět hynou (Edwards, *et al.*, 1992). Pro žížaly rodu *Eisenia foetida*, jež jsou hojně využívány k vermikompostování, je dle výzkumů ideální vlhkost 75-80 %. Při těchto hodnotách nejvíce prosperují, rychleji zpracovávají materiál a tím pádem i rychleji rostou, tvorba vermikompostu je tedy v této vlhkosti nejefektivnější (Munroe, 2007). Při regulaci vlhkosti však musíme počítat s mnoha jevy. Voda vzniká například rozkladnými procesy ze samotného materiálu, při vermikompostování v nezastřešených prostorech pak musíme počítat i s atmosférickými srážkami (Bhargava, *et al.*, 2004). Obecně však platí, že je pro žížaly lepší vlhčí prostředí než sušší už jen proto, že jsou tvořeny ze 75-90 % vodou. Přesto však dokáží v sobě zadržet na určitou dobu vodu, a tak překonat období sucha. Vyšší vlhkosti je tedy se netřeba obávat, jediné riziko je ve spodní vrstvě vermikompostu, kde se kondenzací a splavováním tvoří kaluže, v nichž žížaly tonou (Bhargava, *et al.*, 2004).

### 3.1.3 Hodnota pH

Obecně platí, že optimální pH ve vermikompostu se pohybuje mezi hodnotami 7,5 až 8, tedy mírně zásadité. Hodnota pH se však během kompostování značně mění v závislosti na kyselosti kompostovaného materiálu a v délce kompostování, což dokládá tabulka na konci podkapitoly (Khare, *et al.*, 2005 ; Garg, *et al.*, 2009). Jiné zdroje pak uvádí, že žížaly preferují neutrální prostředí, tedy pH 7. Spodní hranicí, kde se pak vyskytly lehce acidofilní druhy (např. *Lumbricus terrestris*), byla hodnota 5,4. Hraniční hodnotou kyselosti půdy je však až pH 4. V takto kyselých půdách se již žádné žížaly nevyskytují (Khare, *et al.*, 2005; Pommeresche, 2010). Naopak kyselá prostředí vyhovuje některým druhům škůdců (Munroe, 2007).

Tabulka 1: Rozdíl ve změně pH během kompostování se žížalami a bez žížal

| Dny | Počáteční pH            |     |     |     |     |        |
|-----|-------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|
|     | 4,3                     | 4,8 | 5,2 | 5,9 | 6,5 | 6,9    |
|     | Vermikompost s žížalami |     |     |     |     |        |
| 0   | 4,3                     | 4,8 | 5,2 | 5,9 | 6,5 | 6,9    |
| 3   | 5,5                     | 6,2 | 6,5 | 6,6 | 7   | 8      |
| 6   | 6,7                     | 7,2 | 7,2 | 7,3 | 8,1 | 8,2    |
| 9   | 7,4                     | 7,5 | 7,6 | 8,1 | 8,2 | 8,2    |
| 12  | 8                       | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,1    |
| 15  | 7,9                     | 8,2 | 8,2 | 8   | 8   | 7,7    |
| 18  | 7,6                     | 8,1 | 8   | 7,7 | 7,5 | 7,5    |
| 21  | 7,3                     | 7,7 | 7,8 | 7,5 | 7,3 | 7,2    |
| 24  | 7,2                     | 7,3 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,1    |
| 27  | 7,1                     | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7      |
| 30  | 7                       | 7   | 7   | 7   | 7   | 7      |
| 35  | 7                       | 7   | 7   | 7   | 7   | 7      |
| 40  | 7                       | 7   | 7   | 7   | 7   | 7      |
| 45  | 7                       | 7   | 7   | 7   | 7   | 7      |
| Dny | Počáteční pH            |     |     |     |     |        |
|     | 4,3                     | 4,8 | 5,2 | 5,9 | 6,5 | 6,9    |
|     | kompost bez žížal       |     |     |     |     |        |
| 0   | 4,3                     | 4,8 | 5,2 | 5,9 | 6,5 | 6,9    |
| 3   | 5,5                     | 6,2 | 6,5 | 6,7 | 6,9 | 7,9    |
| 6   | 6,8                     | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 8   | 8,3    |
| 9   | 7,5                     | 7,7 | 7,8 | 8   | 8,1 | 8,2    |
| 12  | 8,1                     | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2    |
| 15  | 8,1                     | 8,3 | 8,3 | 8,2 | 8,1 | 7,9    |
| 18  | 8                       | 8,1 | 8,2 | 8,1 | 8   | 7,8    |
| 21  | 7,8                     | 8   | 8   | 7,9 | 7,8 | 7,6    |
| 24  | 7,5                     | 7,7 | 7,8 | 7,8 | 7,5 | 7,4    |
| 27  | 7,4                     | 7,4 | 7,6 | 7,5 | 7,2 | 7,26,9 |
| 30  | 7,2                     | 7,2 | 7,2 | 7,1 | 7   | 6,8    |
| 35  | 6,9                     | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,8    |
| 40  | 6,9                     | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,8    |
| 45  | 6,9                     | 6,9 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,8    |

Zdroj: (Khare, *et al.*, 2005)

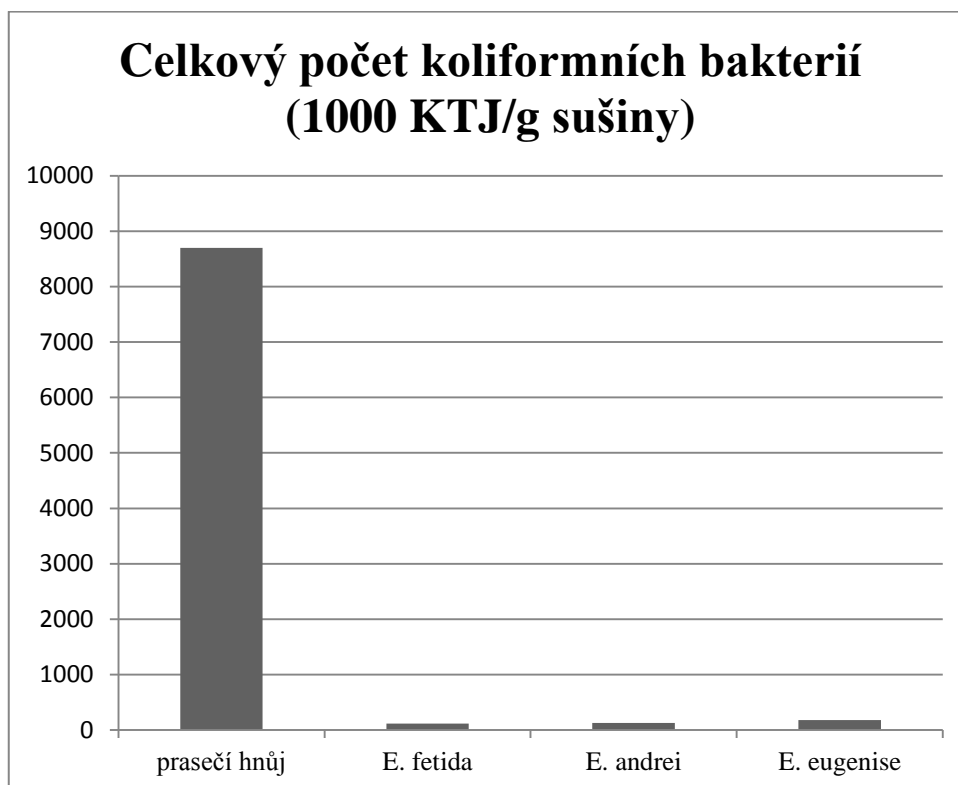
### 3.1.4 Teplota

Jelikož se u vermikompostování jedná o mezofilní proces, je jeho aktivní teplota v rozhraní mezi 10-32 °C. Při této teplotě a dostatečné vlhkosti je vermikompostování nejefektivnější (Nagavallemma, *et al.*, 2004). To je nevýhodou vermikompostování, jelikož u běžného termofilního kompostování je možné dosáhnout teploty až okolo 70 °C. Při takto nízké teplotě pak nelze dosáhnout termické eliminace patogenů (Ndegwa, *et al.*, 2001). Ideální teplota se však pohybuje mezi 20-30 °C. Horní hranicí je pak teplota 48 °C, i když už při teplotě nad 35 °C klesá efektivita kompostování a žížaly začínají pomalu hynout, stejně jako nejsou schopny přežít v prostředí pod bodem mrazu (Garg, *et al.*, 2009). Pokud je teplota nižší než 10 °C, ale zároveň není v záporných hodnotách, projeví se nejpravděpodobněji pomalejším rozkladem a menší efektivitou v tvorbě kompostu a při 4 °C se dospělci přestávají rozmnožovat (Niir, 2004). Je však nutné držet teplotu co nejvíce konstantní a nelze zde zapomenout na teplo, jež vytvoří rozkladný proces přidaných materiálů (Gupta, *et al.*, 2009). Je samozřejmostí, že jednotlivé druhy žížal mají svoji specifickou teplotní valenci, a tedy i jiný bod teplotního komfortu. Například u druhů *Eisenia foetida* a *Lumbricus rubellus* je teplotní valence od 13 do 22 °C. *Eisenia foetida* snáší relativně dobře výkyvy teplot v přibližném rozhraní 15-20 °C (Imbeah, 1998).

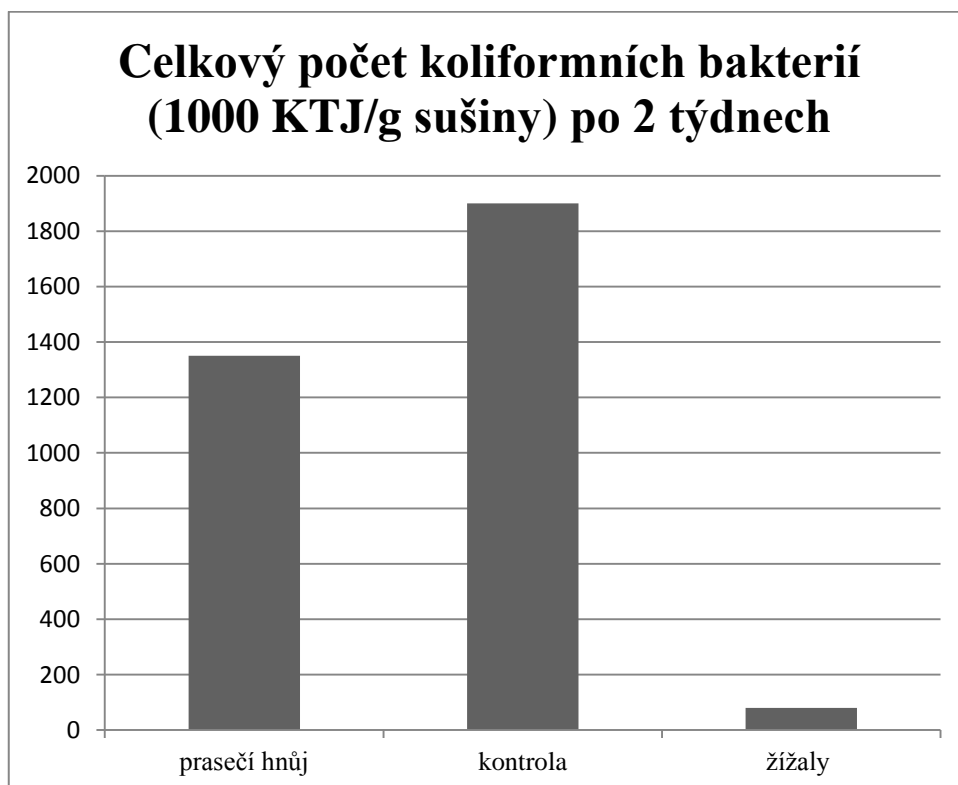
### 3.1.5 Mikrobiologická diverzita

Jak již bylo zmíněno, během vermikompostování probíhá mnoho chemických procesů a za převážnou většinou z nich stojí mikroorganismy. Jedním z nejdůležitějších chemických reakcí je rozklad polysacharidu celulózy. Ten díky svým enzymům, např. celulóze a proteáze, zvládne několik druhů bakterií a hub, jako jsou například: *Arthrobotrys oligospora*, *Citeromyces matritensis*, *Pectobacterium carotovorum*, *Aminobacter aminovorans*, *Sphingobacterium sp.* a *Bacteroides reticulotermitis* (Huang, *et al.*, 2014). Žížaly jsou však také schopny specifické druhy bakterií značně eliminovat díky příjmu potravy a fragmentaci (Aira, *et al.*, 2006). Například u druhu *Eisenia fetida* byla prokázána schopnost snížit populaci koliformních bakterií až o 98 % (Monry, *et al.*, 2008). Na stranu druhou svojí činností zpřístupňují další výživný materiál pro houby a bakterie, a tím podporují mikrobiální společenstva a jejich diverzitu i během krátké doby působení (Flack, *et al.*, 1984).

Graf 1: Schopnost snížení počtu koliformních bakterií v prasečím hnoji za pomoci *Eisenia fetida*. Při založení pokusu.



Graf 2: Schopnost snížení počtu koliformních bakterií v prasečím hnoji za pomoci *Eisenia fetida*. Po 2 týdnech.



Autor: (Monry, *et al.*, 2008)

Během tzv. mineralizace (tedy přeměny organických látek na anorganické) jsou při vermikompostování nejvýznamnějším faktorem mikroorganismy, a to především bakterie, houby a některé druhy nálevníků. Je také třeba zmínit, že vykonávat tyto biochemické reakce je schopno tisíce druhů organismů, např. fenolové látky jsou rozkládány endosymbiotickými organismy (Domínguez, *et al.*, 2004).

### 3.1.6 Zastoupení prvků a chemických látek

#### 3.1.6.1 Nutričně významné prvky

Obsah dalších, tentokrát živinných látek, závisí na složení materiálů, jež jsme zvolili pro kompostování. Vermikompost bývá na tyto živiny velmi bohatý, a to právě díky žížalám, které za pomoci trávení vyvazují potřebné prvky ze sloučenin, ve kterých by jinak byly neefektivní. Nutno však podotknout, že některé z těchto prvků pak žížaly využijí pro svoji vlastní výživu, přesto je jejich koncentrace vyšší než v běžném kompostu. A to téměř dvojnásobně. Což dokládá i následná tabulka (Pommeresche, 2010).

Tabulka 2: Porovnání nutričně významných prvků obsažených ve vermikompostu a zahradního kompostu

| Prvek       | Vermikompost % | Zahradní kompost % |
|-------------|----------------|--------------------|
| makro prvky |                |                    |
| Corg.       | 9,8-13,4       | 12,2               |
| N           | 0,51-1,61      | 0,8                |
| K           | 0,15-0,73      | 0,48               |
| Ca          | 1,18-7,61      | 2,27               |
| Mg          | 0,093-0,158    | 0,57               |
| mikro prvky |                |                    |
| F           | 0,19-1,02      | 0,35               |
| Na          | 0,058-0,158    | <0,01              |
| Zn          | 0,0042-0,110   | 0,0012             |
| Co          | 0,0026-0,0048  | 0,0017             |
| Fe          | 0,2050-1,3313  | 1,169              |
| Mn          | 0,0105-0,2038  | 0,0414             |

Autor: (Nagavallemma, *et al.*, 2004)

### 3.1.6.2 Poměr C:N

Obecně platí, že nejvhodnější pro mikrobiální rozklad je poměr uhlíku k dusíku C: N= 25:1, tedy na jeden atom dusíku by mělo připadat 25 atomů uhlíku. Tento poměr je odvozený z faktu, že bakteriální buňka je tvořena přibližně 50 % C a 10 % N (poměr C:N je zde 5:1), jelikož se však na stavbu buňky spotřebuje pouze 20 % C a zbylých 80 % je oxidováno na CO<sub>2</sub>, je vhodné jeho obsah zvýšit na již zmíněných 25:1 (5= 20 % → 25= 100 %). Pro kvalitní a efektivní proces vermikompostování je znalost poměrů C: N velmi důležitá (Ndegwa, *et al.*, 2000). Pokud je v substrátu nadměrné zastoupení dusíku, dochází k příliš rychlému rozkladu, a tím i k jeho ztrátě vypařováním, zatímco větší obsah uhlíku naopak tyto procesy zpomalí. Poměr C: N se samozřejmě v kompostu neustále mění, například dýcháním dochází k odvodu uhlíku ve formě CO<sub>2</sub>, dále metabolické procesy žížal ještě zvyšují obsah dusíku v substrátu (Nagavallemma, *et al.*, 2004). Pokud je poměr uhlíku k dusíku malý, dochází k jeho nadbytku, tedy jeho obsah je vyšší, než je nezbytné pro přeměnu organických látek na humusové. V tomto případě pak kvalita produkce těchto humusových látek klesá. Při opačném poměru, tedy kdy je extrémní nadbytek uhlíku, dochází k dalšímu rozkladu až v hnojené zemině, tyto reakce pak odvádí potřebný dusík, jenž pak není možné dále využít pro potřeby rostliny. Pro komerční kompost je pak hraniční poměr C: N 30:1 (Váňa, 1997).

### 3.1.6.3 Rizikové látky

Rizikové látky, jak již jejich název napovídá, mohou nepříznivě ovlivnit kvalitu kompostu, snižují kvalitu výnosu plodin a díky schopnosti kumulovat se v organických tkáních i samotné zdraví finálních konzumentů, ať se již jedná o hospodářská zvířata nebo člověka. Jako příklad lze uvést těžké kovy, pesticidy, halogenidy aromatických uhlovodíků a deriváty ropy. Ve vysokých koncentracích jsou stejně tak škodlivé například zinek a měď, které jsou ale jako mikroelementy pro výživu rostliny nezbytné (Váňa, 1994).

Tabulka 3: Limitní hodnoty rizikových prvků v hnojivech [mg/kg]

| mg/kg sušiny |       |      |       |       |     |          |      |       |
|--------------|-------|------|-------|-------|-----|----------|------|-------|
| kadmium      | olovo | Rtuť | arsen | chrom | měď | molybden | nikl | zinek |
| 2            | 100   | 1    | 20    | 100   | 150 | 20       | 50   | 600   |

Autor: Vyhláška 474/2000 Sb. Příloha 1 Tabulka 2b



Vzhledem k tomu, že žízály konzumují materiál, jež tyto rizikové prvky obsahuje, kumulují je ve svém těle, a pokud se následně odebírají, čistí tím zeminu. (Shamansouri, *et al.*, 2005). Některé prvky však na ně mají přímý negativní vliv, například při obsahu mědi vyšším jak 200mg/g kompostovaného materiálu přestávají být schopny reprodukce (Singh, *et al.* 2011).

## 3.2 Legislativní ochrana

### 3.2.1 Vyhláška č. 474/2000 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva

V současné době se řídí kvalita vermikompostu dle vyhlášky 474/2000. A to konkrétně v příloze 1 tabulka 2b minimální obsah živin kategorie c, jež byla zmíněna v kapitole 3.1.6.3 a dále příloha 3 tabulka 5 typ 18.1, minimální obsah živin c.

Tabulka 4: Vyhláška 474/2000 příloha 3, tabulka 5 typ 18.1

| <i>Typ</i>  | <i>označení typu</i> | <i>minimální obsah živin</i>      | <i>součásti určující typ, formy a rozpustnost živin</i> | <i>hodnocené součásti a další požadavky</i>   | <i>složení, způsob výroby</i> | <i>zvláštní ustanovení</i>                         |
|-------------|----------------------|-----------------------------------|---|---|-------------------------------|--|
| <i>1</i>    | <i>2</i>             | <i>3</i>                          | <i>4</i>  | <i>5</i>  | <i>6</i>                      | <i>7</i>   |
| <b>18.1</b> | organické hnojivo    | c) 35% spalitelných látek         |   |   |                               | výhradně ze statkových hnojiv, zpracování žížalami |
|             |                      |                                   | spalitelné látky  | spalitelné látky v sušině hodnocené jako ztráta žíháním; dusík hodnocený jako celkový dusík v sušině;         |                               |  |
|             |                      | 1 % N                             | celkový dusík   | fosfor hodnocený jako celkový oxid fosforečný v sušině; draslík hodnocený jako celkový oxid draselný v sušině |                               |  |
|             |                      | 1 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | celkový fosfor  |   |                               |  |
|             |                      | 1 % K <sub>2</sub> O              | celkový draslík   |   |                               |  |

Autor: 3.2.1 Vyhláška č. 474/2000 Sb. Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva

Dále se nepřímo touto problematikou zabývají:

- Zákon č. 185/2001 Sb, o odpadech

- Zákon č. 156/1998 Sb, o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd., jehož prováděcí předpis je vyhláška 474/200 uvedena výše.

Vybrané části zákona 156/1998 Sb. jsou obsahem přílohy práce.

### 3.3 Suroviny vhodné k vermikompostování

V tabulce níže jsou zaznamenány typické suroviny biologického původu a jejich vhodnost či naopak negativní efekt ve vermikompostovacím procesu.

Tabulka 5: Srovnání surovin a jejich možnost využití ve vermikompostování.

| Co lze kompostovat         |        |
|----------------------------|--------|
| materiál                   | ano/ne |
| papír                      | ano    |
| tráva                      | ano    |
| větve                      | ano    |
| piliny                     | ano    |
| hnůj                       | ano    |
| čistírenský kal            | ?      |
| maso                       | ne     |
| živočišné tuky             | ne     |
| produkty pivovarské výroby | ano    |
| zelenina                   | ano    |
| ovoce                      | ano    |
| sláma a podestýlka         | ano    |
| kejda                      | ne     |

(Drešlová, 2017. „osobní sdělení“).

Maso stejně tak jako živočišné tuky jsou zde nevhodné zejména proto, že u nich dochází k nekontrolovatelným biochemickým procesům, a to především k hnití. To má poté za následek vznik a nárůst patogenních organismů v substrátu. Kejda je nevhodná pro své pH, ale také konzistenci, jež zabraňuje přístupu kyslíku skrze vermikompostér. Problematickou skupinou jsou také čistírenské kaly, kde velmi závisí na konkrétní čistírně odpadních vod. Ve většině případů je možné je kompostovat, avšak mohou se zde nalézt i nadlimitní koncentrace amoniaku, nebo dokonce těžkých kovů (Drešlová, 2017. „osobní sdělení“).

### 3.3.1 Matolina

Produkt vzniklý po vylisování šťávy z hroznů ve vinařském průmyslu se nazývá matolina. Ta je složena z 50 % ze slupek, 25 % ze stonků a dalších 25 % tvoří semena. Tyto zbytky se pak mohou použít na výrobu etanolu nebo jako krmivo a hnojivo. A právě pro účely hnojení je vhodné je nejdříve zvermikompostovat, jelikož žížaly naruší vnější slupku semen, tím zamezí jejich klíčení a následnému růstu na vinicích, kde jsou tyto nekontrolovatelně vysazené rostliny nevhodné (Hanč, 2015. „osobní sdělení“). Mají však nízkou nutriční hodnotu (Jin, *et al.*, 2009). Hixson, *et al.*, (2016) udává 3,2 - 14,4 % dusíkatých látek v sušině, celková energetická hodnota se poté pohybuje v rozmezí od 6,6 do 12 MJ/kg sušiny. Obsahují však řadu jedinečných enzymů, jež prokazatelně zlepšují kvalitu trávicího traktu u vyšších obratlovců. Jejich efekt na rostliny však není zcela prokázán. Z pohledu kompostování je zde však podstatné velmi nízké pH a to konkrétně 3-4 (Stambuk, *et al.* 2016). Takto nízké hodnoty by měly být nevhodné pro vermikompostování (viz kapitola 3.1.3), žížalám se v této surovině však velmi daří. A navíc svými metabolickými procesy poté zvyšují celkovou hodnotu pH vermikompostu (tabulka 2). Další zdroje pak uvádí, že během vermikompostování se sníží poměr C: N, zatímco se zvýší pH a obsah ostatních živin (Garg, *et al.*, 2009). Nevýhodou této suroviny však může být obsah nevhodných chemických látek, které se do materiálu dostaly z ošetřování vinic pesticidy. Jelikož by se však tyto látky vyskytovaly i v primárních produktech výroby, a tím by snižovaly kvalitu výrobků, snaží se sami vinaři obsah těchto látek eliminovat na nejnižší možnou mez (Natalino, *et al.*, 2016). Hydrochar (tedy produkt hydrotermální karbonizace) vyrobený z matoliny je schopný také na sebe sorbovat ionty těžkých kovů, a to zejména  $Pb^{2+}$ . Akumulace těchto kovů není samozřejmě ve vermikompostu vhodná (snižuje kvalitu kompostu a může také působit toxicky na žížaly). Zvažuje se však využití této vlastnosti při odstraňování olova v lokálních čistírnách odpadních vod (Petrovic, *et al.* 2016).

### 3.3.2 Jablečné výlisky

Dalším vhodným materiálem pro vermikompostování jsou jablečné výlisky, jež vznikají jako sekundární produkt při vylisování ovoce v moštárnách. Jsou tvořeny slupkami, semeny, stopkami a mohou představovat až jednu třetinu celkové hmotnosti lisovaného ovoce. (Mamma, *et al.*, 2009). Hanč, *et al.* (2014), dále tvrdí, že se projevily jako velmi vhodné ke kompostování, jelikož zde dochází k rapidnímu úbytku hmoty a tím pádem ke koncentraci živin. Jejich nevýhodou je však vysoký podíl vody, jenž přispívá k nekontrolovatelnému mikrobiálnímu procesu, a tedy k znehodnocení materiálu. Vzhledem

k vysoké vlhkosti je jejich sušení, které by vedlo k snížení patogenity, extrémně ekonomicky náročné, což je dáno vlastnostmi vody (zejména měrnou tepelnou kapacitou) (Mamma, *et al.* 2009). Jablečné výlisky obsahují vysoký obsah vlákniny (přes 50%), a to zejména celulózy (dále např. lignin). Obsah polyfenolů (jinak známých také jako antioxidanty) byl stanoven na 6g v jednom kilogramu sušiny (Juskiewicz, *et al.*, 2016). Dají se také využít jako krmivo hospodářských zvířat, a to zejména u hrabavých ptáků. Podíl výlisků v krmivu působil kladně na jejich konverzi díky vláknině, jež převážně mechanicky působí v prostředí tenkého střeva, a tak má za následek zlepšení trávení. Vláknina zároveň snížila v ptačích exkrementech podíl amonných látek a také obsah krátkých mastných kyselin, jež mají tendenci hnít, a tím zvyšovat patogenitu prostředí. Jakožto krmivo dosahovaly jablečné výlisky nejlepších výsledků v porovnání například s výlisky z jahod, bezsemenných jahod či černého rybízu. (Juskiewicz, *et al.*, 2016).

### **3.3.3 Chlévský hnůj**

Jde o zušlechtěnou směs podestýlky, pevného a kapalného skupenství produktů defekace, tedy cíleného vyměšování odpadních látek hospodářskými zvířaty (v našem případě koní). Snadno se zamění s tzv. mrvou, což je tentýž materiál pouze nezušlechtěný, který ještě neprošel fermentací (Anon., 2010). Chlévský hnůj má v hnojení velký význam pro svůj obsah uhlikatých a dusíkatých látek, které jsou snadno vstřebatelné do půdy. Také je zde značné množství mikroorganismů, údajně až 1,5kg na 100kg hnoje. Při fermentaci pak ztrácí 10-20 % uhlikatých a dusíkatých látek (Heinonen-Tanski, *et al.*, 2006). Některé zdroje uvádí, že v průběhu vermikompostování došlo ke změně poměru C: N, a to ve prospěch dusíku (Kaushik, *et al.*, 2003). Přes všechny své klady není vhodné přidávat do vermikompostu čerstvý hnůj, jelikož při určité fázi fermentace dochází k silné exotermní reakci (vzniku tepla), jež žízálam neprospívá. Hnůj má nejdříve zrát na hromadách vysokých alespoň 2 metry po dobu až 6 měsíců, přičemž se musí alespoň jednou za 14 dní kompletně mechanicky promíchat (Zajonc, 1992). Další studie poté potvrzuje jeho pozitivní vlastnosti při hnojení či výrobě bioplynu. Dodává však, že jeho vlastnosti výrazně ovlivňuje hned několik faktorů, jako je například druh krmiva, jeho množství, pobyt zvířat ve výběžích (tento faktor má přímý vliv na rychlost jejich trávení i obohacení krmiva o pastvu), typ a výška podestýlky a celková doba její fermentace (Hadin, *et al.*, 2016). Vzhledem k tomu, že se však přijímané N- látky vylučují nejen ve formě exkrementů a moči, ale i ve formě plynné, což má za následek negativní dopad na životní prostředí. Je moderním trendem snižovat celkový obsah dusíku v krmivu, a tedy i v následných metabolických produktech. Z pohledu následného užití při

hnojení je samozřejmě tento vývoj negativní, jelikož se zde sníží obsah již zmíněných látek, které jsou hlavním pilířem ve vývoji rostlin (Bott, *et al.*, 2016).

### 3.4 Vhodné druhy žížal pro vermikompostování

Pro kvalitní a efektivní tvorbu vermikompostu lze užít pouze vybraných druhů žížal, ty pak musí splňovat hned několik kritérií, jako jsou například vysoká reprodukční schopnost, široká valence k fyzikálním a chemickým faktorům, jež ovlivňují vermikompostování, jako je teplota, vlhkost atd., ale hlavně rychlý metabolismus, který vede k rychlé přeměně bioodpadu na vermikompost (Edwards, *et al.*, 2010). Prokázalo se, že všechny tyto podmínky splňuje 5 druhů žížal, a to *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrodena veneta*, *Perionyx excavatus* a *Eudrilus eugeniae*, z čehož jsou nejhojněji používané první dva z vyjmenovaných, tedy žížala hnojní a žížala kalifornská (jedná se o hybrid žížaly hnojní) (Edwards, *et al.*, 2010).

Tabulka 6: Porovnání vlastností žížal vhodných k vermikompostování

|                             | <i>E. fetida</i> | <i>E. andrei</i> | <i>P. excavatus</i> | <i>D. veneta</i> | <i>E. eugeniae</i> |
|-----------------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|--------------------|
| Doba dospívání (dny)        | 28-30            | 21-28            | 28-42               | 65               | 40-49              |
| Délka životního cyklu (dny) | 45-51            | 45-51            | 40-50               | 100-150          | 120-170            |
| Počet kokonů (dny)          | 0,35-0,5         | 0,35-0,5         | 1,1-1,4             | 0,28             | 0,42-0,51          |
| Inkubace (dny)              | 18-26            | 18-26            | 18                  | 42               | 13-16              |
| Samooplození                | +                | +                | -                   | -                | -                  |
| Natalita %                  | 73-80            | 72               | 90                  | 20               | 75-84              |
| Velikost dospělců mm        | 4-8x 50-100      | 4-8x 50-100      | 4-5x 45-70          | 5-7x 50-80       | 5-7x 80-190        |
| Velikost kokonů             | 4,8x 2,8         | 4,8x 2,8         | -                   | 3,1x 1,9         | -                  |
| Barva                       | hnědá            | červená          | červeno-hnědá       | červena-fialová  | červeno-hnědá      |

Autor: (Edwards, *et al.*, 2010)

U druhu *Eisenia fetida* není patrný pigment mezi jednotlivými segmenty, jsou tedy viditelné nažloutlé pruhy. Díky tomu získala přezdívku „tiger earthworm“. *Eisenia andrei* je naopak plně červená. Až na tyto vizuální rozdíly pak tyto druhy vykazují téměř shodné vlastnosti a vyžadují podobné podmínky prostředí, což dokazuje i tabulka č. 6 (Domínguez, *et al.*, 2010 ; Domínguez *et al.*, 1997 ). Zaznamenala se však u nich náchylnost na změnu zastoupení iontů v kompostovaném substrátu (Pommeresche, 2010). Optimální vlhkost pro tyto druhy se pohybuje okolo 85 %, vhodná teplota je pak v rozmezí od 24-27 °C, i když jsou značně teplotně tolerantní. pH neutrální (tedy 7) (Domínguez, *et al.*, 2010).

Obrázek 1: Rozdíl mezi *E. fetida* a *E. andrei*



Zdroj: The Garden forum, 2007

### 3.5 Vodný výluh z vermikompostu

V dnešní době, kdy se snaží zemědělci co nejvíce omezit aplikaci průmyslových hnojiv a pesticidů a naopak se vrátit k bio hnojení, vystupují do popředí vodné výluhy kompostů. Výluh lze definovat jako vodný extrakt z již přetvořených vermikompostů. Dochází zde pak k přesunu živin a mikroflóry z pevných částí kompostu do vody (Arancon, *et al.*, 2012). Zde se jedná o takzvaný vermitea, tedy cíleně připravený roztok, u něhož je snaha o maximální uvolnění živin z pevného substrátu do výluhu (Hanč, *et al.*, 2016). Výluh však můžeme také definovat jako kapalinu, jež vytéká ze spodní vrstvy vermikompostů vlivem kondenzace H<sub>2</sub>O při nadměrné vlhkosti. Tato látka pak obsahuje ve značné míře žízáli hlen, který není příliš

nutričně bohatý (Garg, *et al.*, 2009). Tento samovolně vznikající roztok, jehož obsah přenesených živin ze substrátu je způsoben pouze promýváním substrátu kondenzovanou vodou, poté nazýváme vermiwash (Hanč, *et al.*, 2016).

### 3.5.1 Výroba výluhu

Dle Edwardse, *et al.* (2010) jde o vodu s přidaným vermikompostem, jenž se louhuje určitý čas. Arancon dále dodává poměr přidané pevné látky do vody. Ten je pak v rozpětí od 33 % do 0,5 %, tedy od 1: 3 do 1: 200 (Arancon, 2007). Edwards, *et.al.*, (2010) tento poměr surovin specifikuje úžeji, a to 1: 20 až 1: 5. Nádoby, v nichž vzniká výluh, musí obsahovat tepelný zdroj pro regulaci teploty, případně měrná zařízení pro stanovení významných veličin. Dříve se užívaly i výluhy bez mechanického míchání, to však bylo velmi neefektivní, jelikož zde byla velmi pomalá difúzní výměna nutrientů mezi vermikompostem a vodou (Edwards, *et al.*, 2010). Je tedy vhodné výluhy pravidelně promíchávat např. magnetickou míchačkou. (Arancon, *et al.*, 2012). Výluhy můžeme také aerovat, tedy přidávat vzduch, ty pak označujeme zkratkou ACT (aerated compost teas), nebo ponechat bez přidávání kyslíku. Takto neaerované výluhy mají zkratku NCT (nonaerated compost teas) (Scheuerell, *et.al.*, 2002). Doba extrakce pak společně s teplotou přímo ovlivňuje množství živin a mikroorganismů v roztoku (Arancon, *et al.*, 2012). Vhodná teplota výluhu závisí na požadavcích výluhu. Pokud je roztok příliš teplý, dochází ke snížení rozpuštěného O<sub>2</sub> do vody, který je nezbytný pro aerobní organismy (prospěšné i patogenní). Takto zvýšená teplota ale také zvyšuje rozpustnost solí, a to jak pozitivních, tak negativních pro rostliny (Edwards, *et al.*, 2010). V pokusu, jenž popisuje metodika, byly do výluhu cíleně přidány kvasinky. Vhodná teplota v tomto případě bude tedy přibližně 20 °C. Vermikompost pak můžeme extrahovat v rozmezí od hodiny až po 48 hodin (Xu, *et al.*, 2016). Nejčastější délka expozice pro komerční přípravu výluhů je 24 hodin (Edwards, *et al.* 2010). Starší články však délku expozice stanovují podstatně delší, a to od 12 hodin až po 3 týdny (Arancon, 2007). Zde bych však rád zdůraznil ekonomickou stránku věci. Dle mého názoru a zároveň zkušeností inženýrky Drešlové je výluh, jenž se aeruje či pouze míchá 3 týdny, natolik náročný na výrobu, a to jak časově, tak finančně (cena energií, pokud se však nejedná o zastaralou metodu výroby výluhu, kde nedochází k promíchávání), že zde dochází ke snížení efektivity výluhu ve vztahu cena - kvalita. A tím se opět stává nezajímavým pro zemědělce (Drešlová, 2017. „osobní sdělení“).

Vlastnosti výluhu tedy ovlivňují tyto faktory:

1. Přidaný vermikompost (jeho kvalita, stáří a surovina, ze které byl vytvořen)
2. Aerace nebo ponechání bez přidávání vzduchu
3. Čas, po který se roztok extrahuje
4. Kvalita vody
5. Teplota
6. pH
7. případné přidání dalších aditiv (např. kvasinek)  
(Edwards, *et al.*, 2010)

#### 3.5.1.1 Kvasinky přidávané do výluhů

V tomto projektu se přidávaly k výluhům z vermikompostů také pivovarské kvasnice *Saccharomyces uvarum*, jež ještě zvýšily mikrobiální diverzitu zeminy, a tím i zlepšily celkový stav rostlin. Jedná se o běžně užívané kvasinky rodu *Saccharomyces* kulovitého tvaru, které byly poprvé popsány roku 1898 M. W. Beijernickem, jenž je odebral z hroznů révy vinné (*Vitis vinifera*). Druh *uvarum* zastřešuje mnoho poddruhů (ty lze od sebe rozeznat pouze genetickými testy), většinu je možné užít u spodního kvašení v pivovarnictví (Nguyen *et al.*, 2000 ).

#### Spodní pivovarské kvašení

Probíhá za teploty 6-12 °C po dobu 6-12 dní v otevřených kvasných kádích. Tyto kádě jsou otevřeny hlavně proto, aby z hladiny byla odebírána pěna s mrtvými kvasinkami, tzv. deka, a ty poté nepadaly do mladého piva. Na rozdíl od svrchního kvašení probíhá spodní déle a při nižších teplotách. Nádoby, v nichž probíhá svrchní kvašení, bývají uzavřené, jelikož kvasinky zde užívané (také rodu *Saccharomyces*, ale jiného druhu) jsou náchylnější na napadení organismy z vnějšího prostředí (Kosař, 2000).

#### 3.5.2 Výhody výluhu z vermikompostu

První výhodou je koncentrace živin (dusík, draslík, železo, měď, vápník a zinek), enzymů, hormonů a mikroorganismů v roztoku, jež slouží k výživě hnojených rostlin. Tyto živiny jsou poté pomaleji, avšak kontinuálně zpřístupňovány rostlinám. Zatímco u průmyslových hnojiv aplikováním jejich obsah v půdě jednorázově prudce vzroste, ale nadále pouze klesá. Takto



vysoký jednorázový obsah živin je náchylný na degradaci vnějšími faktory, jako je například sluneční záření (Sinha, *et al.*, 2010). To se projeví zvýšenou hmotností přírůstku nadzemních částí rostlin (zvýšená hmotnost je také v sušině) a vyššími obsahy chlorofylů v listech (Xu, *et al.*, 2016). Výluhy také zlepšují výnos a kvalitu plodů (Sinha, *et al.*, 2010). Fritz (2012) dodává, že po aplikaci výluhů se ve všech případech zlepšila kvalita plodů. Výluh však nemá přímý vliv na zvýšení výnosu. Druhou výhodou je pak samotné skupenství. Díky tomu, že se jedná o kapalinu, je její aplikace do půdy podstatně jednodušší (Yardim,*et al.*, 2006). Zemina, která se zalévala výluhy z vermikompostů, vykazuje také vyšší schopnost zadržení vody, koncentraci půdních iontů a obecné zvýšení pH půdy na slabě alkalické (Xu, *et al.*, 2016). Sinha, *et al.* (2010) potvrzuje, že rostliny hnojené výluhem z vermikompostu potřebovaly méně zalévat v porovnání s ostatními hnojivy. Pokud extrahujeme kompost za přidávání vzduchu, zvyšujeme obsah mikroorganismů v supernatantu. Ty se pak přidají do půdy, a tím opět zvyšují kvalitu prostředí pro růst rostlin a chrání ji před některými druhy chorob např.: *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Plectosporium*, *Verticillium* a škůdců z kmene *Nematoda* (Arancon, 2007; Edwards, *et al.* 2010). Negativní dopad na tento kmen škůdců, a to zejména rod *Meloidogyne* a *Heterodera* (háďátka) potvrzuje také (Mishra, *et al.*, 2015). Edwards, *et al.*,(2010) poté prokázal pozitivní závislost poměru vermikompostu přidaného do výluhu ku schopnosti snížit patogenní působení některých plísní, jako je například srpovnička špičatovýtrusá (*Fusarium oxysporum*). V tomto pokusu dosahovalo napadení kořenů u rajčat neošetřených výluhy touto plísní mezi 75 – 97 %. Při aplikaci 20 % výluhu (tedy 1: 5) množství takto napadených rostlin klesl na 2 – 20 %. Výluhy však neovlivňují rostlinu pouze přes aplikaci do zeminy. Jistý experiment prokázal změnu mikrobiální biodiverzity i na listech postřikovaných plodin. Ta opět může vést k zlepšení zdravotního stavu rostliny nebo fungovat jako preventivní ochrana před parazity (Fritz, 2012). Santiago-Lopez, *et al.*, (2016) také doporučuje výluhy z kompostů a vermikompostů jako živný roztok pro hydroponické pěstování okurek setých (*Cucumis sativus* L.) ve skleníku. Zdůrazňuje zde hlavně zvýšený obsah antioxidantů v rostlině oproti anorganickým roztokům.

## 4 Metodika

V praktické části porovnáváme vlastnosti vodného výluhu a výluhu obohaceného o odpadní pivovarské kvasnice. Výluhy byly aerovány a odebírány v časových intervalech 1, 6, 12, 24 a 48 hodin (poměr vermikompostu : vodě je ve všech případech 1:9).

Takto připravené vzorky byly následně analyzovány a hodnoty statisticky zpracovány. Výsledky analýz pak lze nalézt v kapitole 5 Výsledky.

Obrázek 2: Aerátor užívaný k přípravě vodných výluhů z vermikompostu v demonstrační a experimentální stáji ČZU.



Zdroj: Autor

1 = regulace teploty, 2 = magnetická míchačka, 3 = regulace otáček magnetu, 4 = displej ukazující aktuální teplotu kapaliny, 5 = kádinka o objemu 10 l, 6 = sítěná nádoba na vermikompost, 7 = tepelný zdroj, 8 = přívod vzduchu

Význam zkratk: D = demineralizovaná voda, Č= výluhy bez přidání kvasnic J = jablečné výlisky, H = koňský hnůj, M = Matolina, K = pivovarské kvasnice

Číselné označení 100 nebo 500 udává množství přidanych kvasnic v ml.

Pro příklad vzorek označený DJČ nám představuje výluh z demineralizované vody, jehož vstupní surovinou pro přípravu vermikompostu byly jablečné výlisky a nebyly do něj přidány během výroby pivovarské kvasnice.

Veškeré statistické údaje byly zpracovány programem Statistica ver. 12.0., jedno-faktorovou ANOVA metodou - Shefféovým testem. Prvky byly stanoveny pomocí ICP

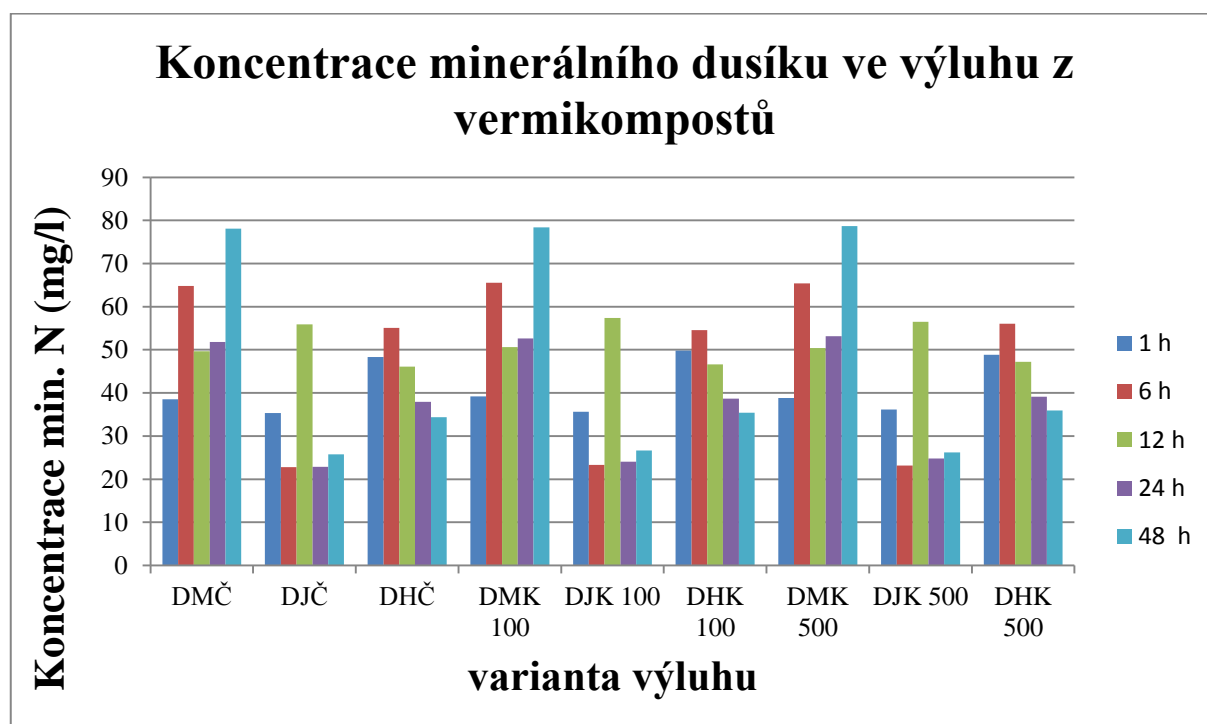
## 5 Výsledky

### 5.1 Koncentrace prvků ve vzorcích

Kapitola Výsledky hodnotí a porovnává pouze vybrané prvky. Průměrné hodnoty všech měřených prvků jsou obsahem přílohy.

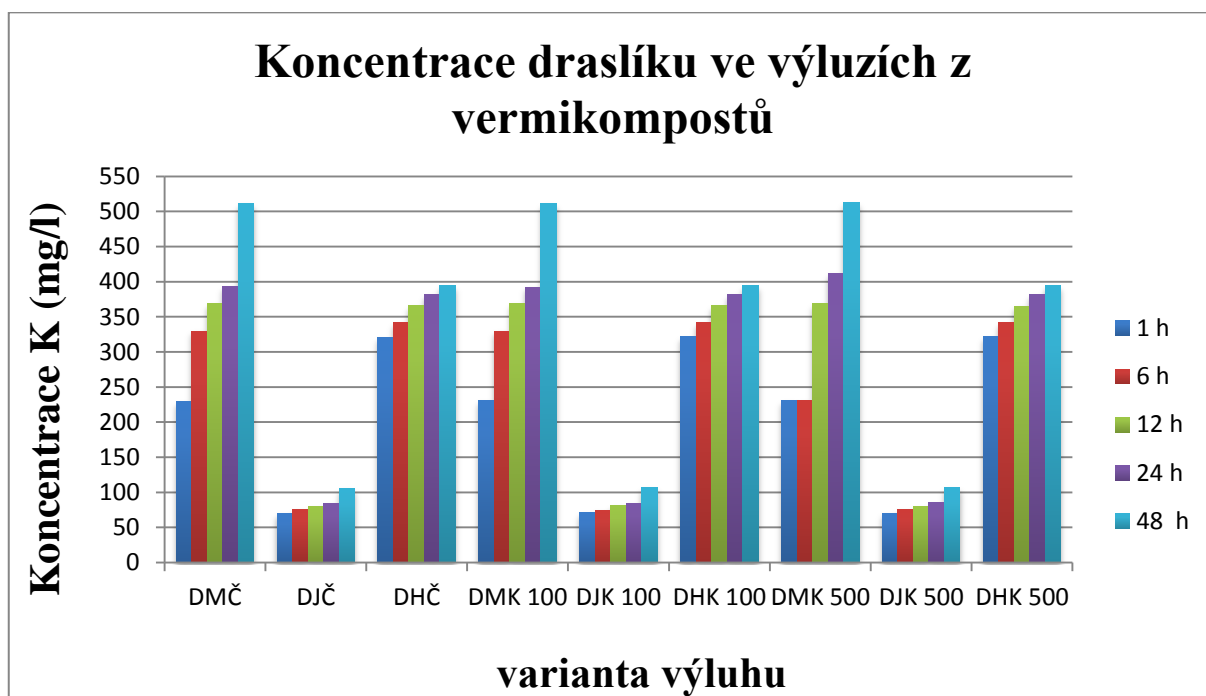
#### 5.1.1 Grafické zpracování koncentrace vybraných prvků ve výluzích

Graf 3: Grafické zpracování koncentrace minerálního N ve výluzích



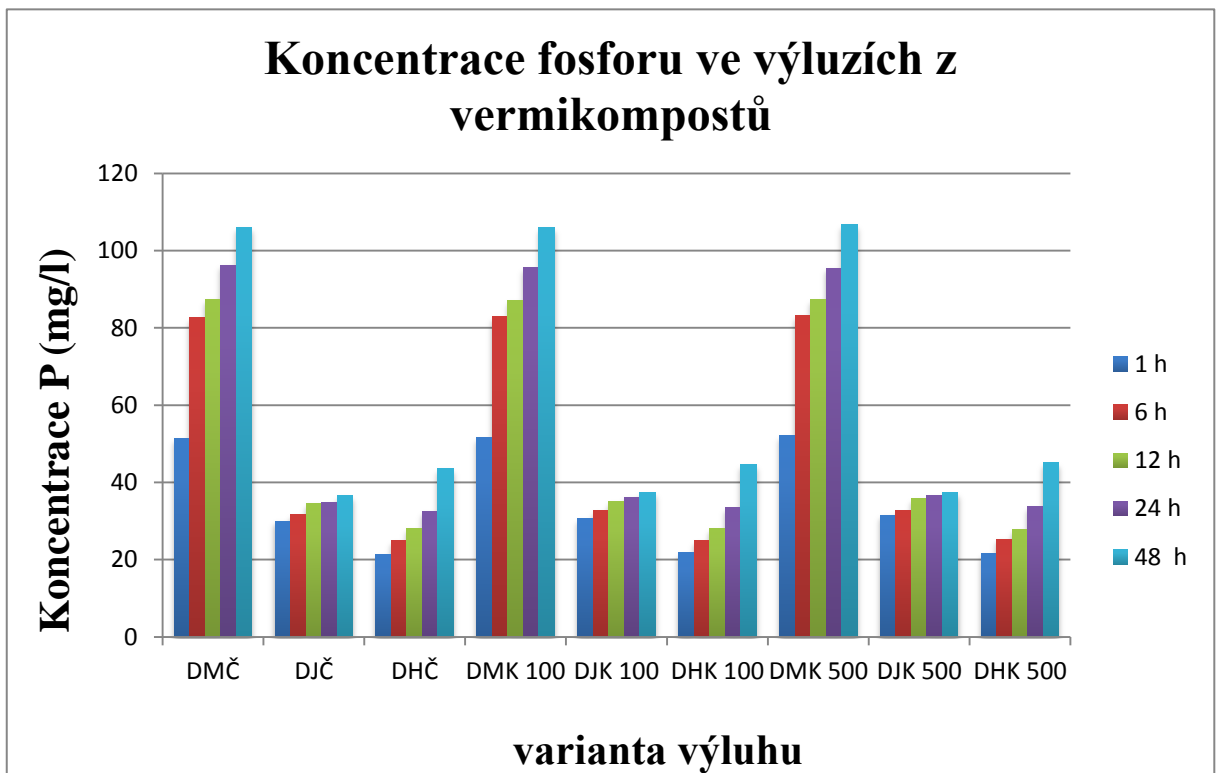
Graf vykazuje výkyvy v koncentracích minerálního dusíku. Nelze tedy říci, že se jeho koncentrace s délkou louhování zvyšuje, či snižuje. Zajímavým úkazem zde je extrémní zvýšení dusíku u jablečných výlisků v 12 hodinovém odběru a jeho následné snížení na původní hodnotu.

Graf 4: Grafické zpracování koncentrace K ve výluzích



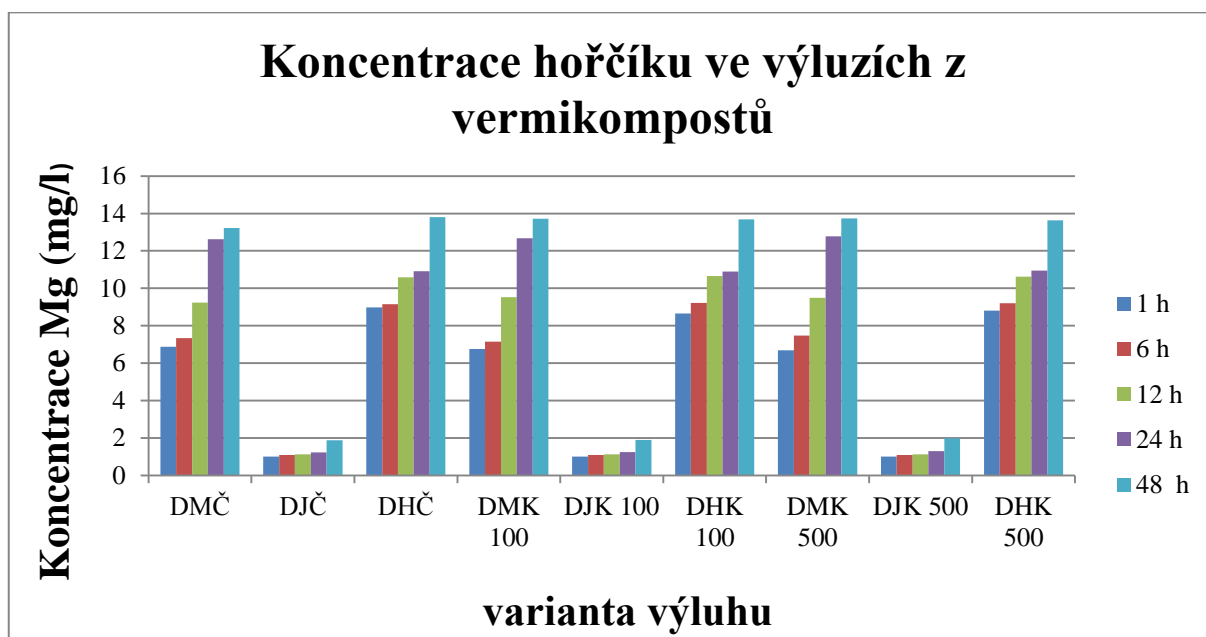
Z tohoto grafu je patrný nárůst koncentrace K ve všech vzorcích. Nejvíce draslíku bylo obsaženo v pozdních odběrech výluhů z matoliny. Naopak nejméně v jablečných výliscích. Zároveň je zde u matoliny významný rozdíl v koncentraci po 24 a 48 hodinách.

Graf 5 : Grafické zpracování koncentrace P ve výluzích



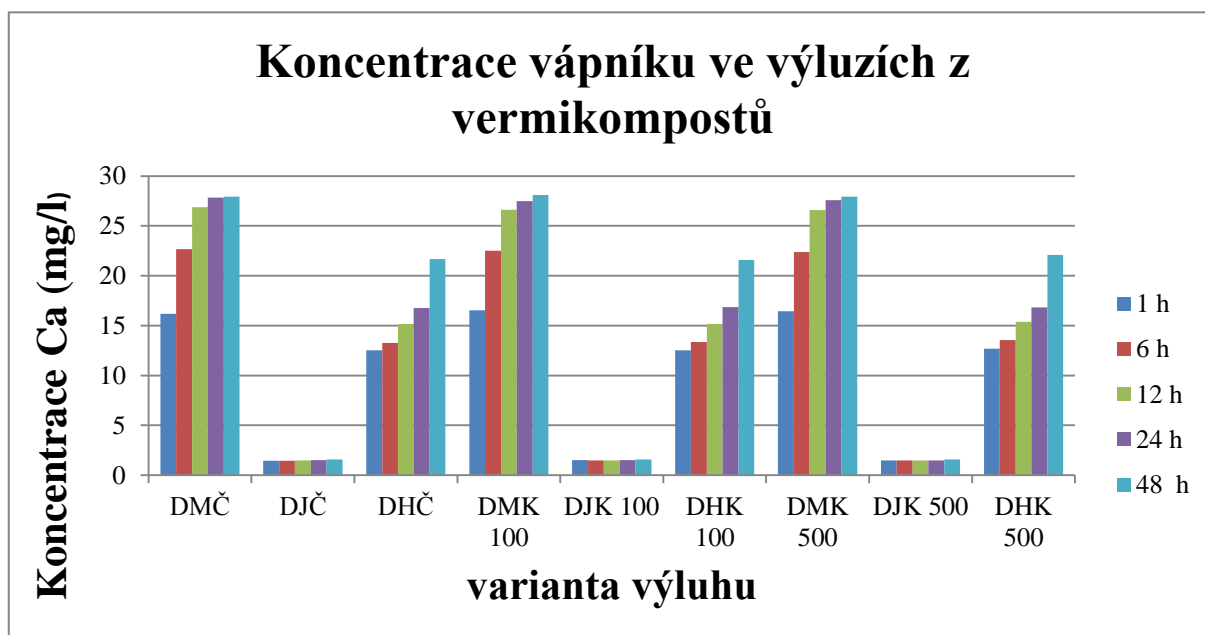
Stejně jako u draslíku i u fosforu byla nejvyšší koncentrace ve výluzích z matoliny, v tomto případě je však nejvyšší nárůst koncentrace již mezi 1. a 6. hodinou. Nejmenší rozdíl mezi koncentracemi poté vykazovaly jablečné výlisky.

Graf 6: Grafické zpracování koncentrace Mg ve výluzích



U hořčíku lze zaznamenat v 48 hodinovém odběru podobné koncentrace jak u výluhu z matoliny, tak u koňského hnoje. Nejméně hořčíku poté obsahovaly jablečné výlisky (a to téměř 5x méně než-li ostatní suroviny)

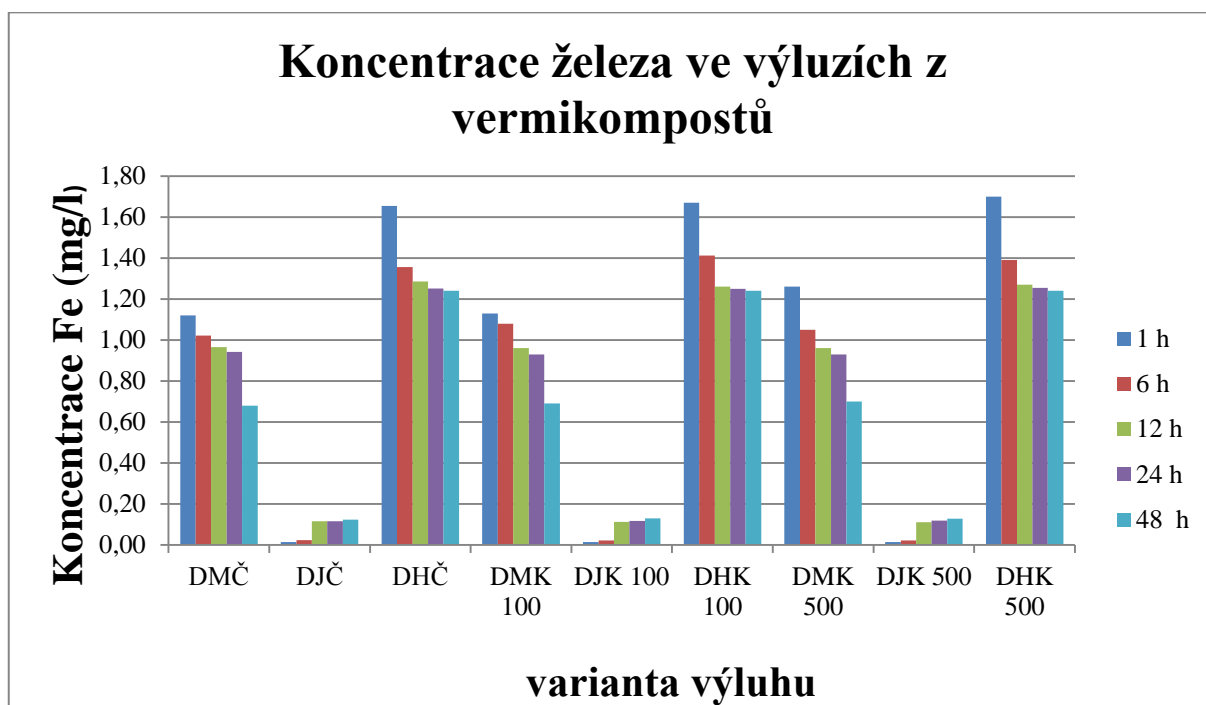
Graf 7: Grafické zpracování koncentrace Ca ve výluzích



V případě vápníku byl naměřen maximální rozdíl v koncentraci v matolině u časných odběrů. Naopak v případě koňského hnoje je nejvyšší rozdíl nárůstu vápníku ve výluhu mezi 24 a 48 hodinami odběru. Jablečné výlisky zde nárůst prakticky nevykazují a zároveň je jejich koncentrace naměřeného vápníku minimální.

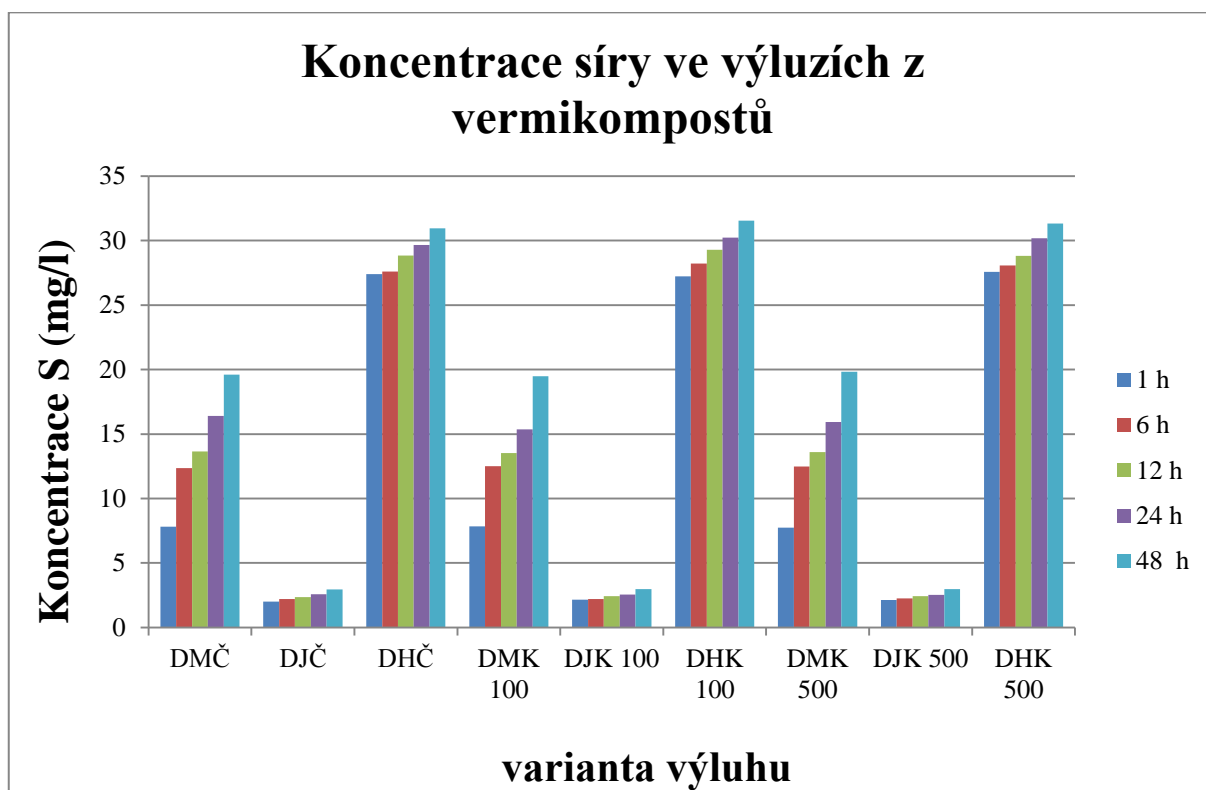


Graf 8: Grafické zpracování koncentrace Fe ve výluzích



Železo jako jediné z vybraných prvků naopak vykazuje pokles koncentrace v průběhu extrakce, a to jak u matoliny, tak u koňského hnoje. U jablečných výlisků se koncentrace naopak zvýšila. Přesto však je jeho konečná koncentrace v porovnání s ostatními variantami minimální.

Graf 9: Grafické zpracování koncentrace S ve výluzích



Koncentrace síry rostla u všech měřených variant v závislosti na době aerace. Nejvíce síry poté obsahovaly výluhy z hnoje, a to ve všech variantách (obohacených i neobohacených).

## 6 Diskuze

Dle námi naměřených výsledků jsou v součtu nejméně bohaté na živiny jablečné výlisky. Naopak nejlepších výsledků dosahovala matolina. V případě matoliny byla rovněž naměřena u varianty DMK 500 48h nejvyšší koncentrace minerálního dusíku (78,7 mg/l). Koncentrace N min. však byla u všech vzorků dosti nepravidelná, nelze tedy říci, že se jeho koncentrace zvyšuje přímo délkou expozice v aerátoru. Lazcano, et al. (2010) však udává 178 mg minerálního N za stejných podmínek při aeraci králičího hnoje po dobu 24 hodin. Tedy více jak dvojnásobnou hodnotu. Draslík vykazoval nejvyšší koncentrace rovněž u matoliny, a to zejména u vzorků odebraných po 48 hodinách extrakce (DMK 500- 512,88 mg/l), tato hodnota je pak mnohonásobně vyšší, nežli udává Santana et al. (2015) (přibližně 120mg/l). Drešlová et al. (2016) však říká, že v případě aerace výluhu dosahovala koncentrace draslíku až 507 mg/l, tedy podobných výsledků, jako je tomu v případě výsledků této práce. Rovněž zde byl zaznamenán u všech variant růst koncentrace K v závislosti na délce expozice. U výluhů z koňského hnoje a jablečných výlisků je zvyšování koncentrace pravidelné, zatímco u matoliny je značný rozdíl mezi vzorky z 24h (392 – 411 mg/l) a 48h (510 – 512 mg/l). Patch et al.(2009) poté udává 180 mg/l z 24h aerovaného výluhu z drůbežního hnoje. Tedy hodnoty výrazně nižší, nežli jsme získali z námi připravených surovin. U fosforu se rovněž zvyšovala koncentrace v závislosti na době louhování, nejmenších změn zde bylo dosaženo u jablečných výlisků (min. 30 mg/l (DJČ 1h), max. 37 mg/l (DJK 500 48h)), avšak jejich celkový obsah v roztoku byl vyšší než u koňského hnoje až do 48h extrakce (DJK 500 48h - 45 mg/l), který rovněž vykazoval pravidelný růst, a to zejména mezi variantami 24h a 48h. Tato hodnota je velmi vysoká v porovnání s výluhem připraveným z drůbežního hnoje (16 mg/l) (Patch, et al., 2009). Celkově však nejvyšší koncentrace u námi měřených surovin opět dosahovala matolina (DMK 500 48h – 106 mg/l ). Tato hodnota je zřetelně vyšší, nežli uvádí Drešlová et al. (2016) tedy 43,2 mg/l u výluhu s aerací. V případě síry rovněž vykazovaly všechny suroviny růst, nejvyšších hodnoty zde byly naměřeny u koňského hnoje DHK 100 48h - 31,5 mg/l . Naopak nejnižší u jablečných výlisků max. DJK 500 48h – 3 mg/l . Matolina zde dosahovala nejvyšších hodnot u varianty DMK500 – 19,8 mg/l, tedy přibližně o 1mg/l více než u Drešlové et al. (2016) . Rovněž byl u matoliny naměřen nejvyšší rozdíl koncentrací mezi jednotlivými odběry. Koncentrace železa se u matoliny a koňského hnoje naopak snižovala (max.: DHK 500 1h – 1,7 mg/l, min.: DHK 500 48h 1,2 mg/l). Nárůst byl však zaznamenán u jablečných výlisků, přesto však byly tyto hodnoty nejnižší z námi sledovaných vzorků. Nejvíce železa po 48h extrakce byl schopný zadržet koňský hnůj, a to konkrétně 1,24 mg/l ve všech měřených

variantách (DHC, DHK 100 i DHK 500), tato hodnota se od 12 hodin louhování téměř nezměnila. Po 48h dosahovala matolína koncentrace (DMK 500- 0,7 mg/l) a jablečné výlisky (DJK 500 – 0,1 mg/l). Vápník poté u jablečných výlisků nevykazoval prakticky změny, a to jak mezi vzorky čistými a obohacenými, tak mezi délkou odběrů (min. konc.: DJČ 1h – 1,45 mg/l, max. konc.: DJK 100 48h 1,59 mg/l). Hodnoty mezi 0,9 až 2,6 mg/l rovněž zaznamenal u výluhů z jablečných výlisků Hanč et al. (2016). U matoliny, jež vykazovala nejvyšší koncentrace, byl poté nejvýznamnější nárůst mezi 1. až 6. hodinou expozice. Drešlová et al. (2016) zaznamenala v tomto případě pravidelný, avšak minimální růst. Koňský hnůj naopak vykazoval nejvyšší rozdíl v koncentraci vápníku mezi 24. až 48. hodinou, na rozdíl od matoliny, u níž byl mezi těmito intervaly nárůst koncentrace minimální u všech variant. Tyto hodnoty odpovídají v případě matoliny výsledkům Drešlové et al. (2016) a v případě koňského hnoje jsou přibližně o 5 až 15 mg/l vyšší, nežli uvádí Hanč et al (2016), zároveň jsou však nižší, nežli drůbeží hnůj (49 mg/l) (Path, *et al.*, 2009). U hořčíku dosahoval v průměru u odběrů do 6 hodin nejvyšších hodnot koňský hnůj (DHK 100, DHK 500- 9,2 mg/l ). Matolína však vykazovala nejvyšší rozdíl v koncentracích po 6 hodinách. Maximální naměřená koncentrace u hořčíku po 48 hodinách, poté byla u matoliny (DMK500- 13,7 mg/l) (Drešlová et al. (2016) uvádí 7,6 mg/l), zatímco u hnoje (DHK 500- 13,6 mg/l ), tedy hodnoty vyšší, nežli uvádí Hanč, et al.(2016) (2,4- 5,7 mg/l). Nejnižších hodnot zde opět dosáhly jablečné výlisky (max. konc.: DJK 500 - 2mg/l ). Tedy dvojnásob hodnoty, jež naměřil Hanč et al. (2016) (0,7 mg/l,) a zároveň nižších hodnot, nežli vykazoval vermikompost z drůbežího hnoje (44 mg/l) (Patch, *et al.*, 2009). Přidání pivovarských kvasnic mělo pozitivní vliv na koncentraci živin, avšak tento vliv byl relativně zanedbatelný. V žádném z měření se neprokázaly znatelně nižší koncentrace prvků u vzorků s přidanými kvasnicemi. Nejvyšší vliv na chemické složení výluhu měla poté délka expozice v aerátoru (Arancon, *et al.*, 2012, Patch, *et al.*, 2009).

## 7 Závěr

Při vermikompostování stejně jako při jiných biologických zpracování BRO odpovídá kvalita samotného vermikompostu kvalitě výchozí suroviny. Jestliže do vermikompostu přidáme materiál s vysokým obsahem např.  $Pb^{2+}$ , poté i následný vermikompost bude obsahovat vysoké množství olova, což snižuje jeho kvalitu. U všech vzorků, jež popisuje tato práce, byly hodnoty rizikových prvků pod hranicí stanovitelnosti. Pokud bychom dále uvažovali o aplikaci vermikompostovacích technik ve velkoprodukčních kompostárnách, je zde nevýhodou pomalejší zpracování surovin, než v klasickém kompostování, a tedy větší potřebná provozní plocha. Nespornou ekonomickou výhodou zde však je, že vermikompost se nemusí a ani nesmí překopávat, což ušetří výdaje za techniku, pohonné hmoty i pracovníky. Při sádce alespoň  $1\text{ m}^3$  přežijí průměrnou zimu v našich klimatických podmínkách žížaly beze ztrát. Samozřejmě stejně jako u všech kompostovacích technik se při nízkých teplotách rozklad zpomaluje. Stejná ekonomická otázka je i u výluhů z vermikompostů, které se sice snáze aplikují k rostlinám, ale jejich výroba spotřebovává další elektrickou energii, aerátory zabírají prostor v eventuálním zařízení a také jejich příprava vyžaduje čas. Nelze je tedy okamžitě uvést do prodeje jako je tomu u samostatného vermikompostu. V otázce snížení patogenity se názory dosti různí. Někteří tvrdí, že jelikož klasické kompostování dosahuje teploty i nad  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dochází zde k fyzikální eliminaci nežádoucích mikroorganismů teplem. Tyto teploty jsou pro žížaly smrtelné, nelze je tedy aplikovat ve vermikompostech. Ve vermikompostech se však snižuje patogenitu samotnou přítomností žížal. Mikroorganismy, které žížala pozře, následně procházejí jejím trávicím traktem, kde dochází k jejich narušení. Tyto organismy poté následně hynou. V praktické části bylo zjištěno, že výluhy skutečně vykazují významné koncentrace vybraných prvků. Tyto hodnoty poté rostly v závislosti na době louhování ve všech měřených prvcích (vyjma Fe, jehož koncentrace klesala). Zároveň bylo potvrzeno, že kvasinky nemají negativní dopad na koncentraci těchto prvků, naopak se jejich přidání jeví jako mírně pozitivní. V prvotním, předběžném pokusu, jehož obsah bude náplní mé diplomové práce, se však potvrdil nárůst biomasy po přidání kvasnic u rostlin rajčete jedlého (*Solanum lycopersicum* L.), a to až o 30% navýšení nadzemní biomasy a 40 % podzemní části biomasy. Také zde byl patrný vyšší výnos v porovnání s neobohacenými výluhy, a to o 3-5 plodů na rostlinu.

## 8 Seznam literatury

### Litertura:

Abbasi, T., Gajalakshmi, S., Abbasi, S. A. 2009. Towards modeling and design of vermicomposting systems: mechanisms of composting/vermicomposting and their implications. *Indian journal of Biotechnology*. 8 (2). 177-82.

Abbasi, S.A., Nayeem-Shah, M., Abbasi, T. 2015. Vermicomposting of phytomass: limitations of the past approaches and the emerging directions. *Journal of Cleaner Oroduction*. 93. 103-114

Anon., *Biologicky rozložitelné odpady a kompostování*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky. 2010. ISBN 978-80-86884-52-3.

Aira, M., Monry, F., Domínguez, J. 2006. Changes in microbial biomass and microbial activity of pig slurry after the transit through the gut of the earthworm *Eudrilus eugeniae* Kinberg, 1867. *Biology and fertility of soils*. 42 (4). 371-376.

Arancon, N. Q. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*. 48 (11) . 51.

Arancon, N. Q., Pant, A., Radovich, T., Hue, N. V., Potter, J. K., Converse, C. E. 2012. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (Teas). *HortScience*. 47 (12). 1722-1728.

Bhargava, N. B, Singh, A. K., Khare, D. S., Bhattacharya, S. 2004. Optimum moisture requirement during vermicomposting using *Perionyx excavatus*. *Applied ecology and environmental research*. 2 (1). 53-62.

Bott, R.C., Greene, E.A., Trotter, N.L., Williams, C.A., Wastendorf, N.L., Swinker, A.M., Masterall, S.L., Martinson, K.L. 2016. Environmental Implications of Nitrogen Output on Horse Operations. *Journal of Equine Veterinary Science*. 45. 98-106.

Domínguez, J., Brionrs, M. J. I., Mato, S. 1997. Effect on the diet on growth and reproduction of *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Pedobiologia*. 41 (6). 566.

Domínguez, J., Edwards, C. A. 2010. Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management*. 25-37.

Dominguez, J., and C. A. Edwards. 2004. Vermicomposting organic wastes: a review. *Soil zoology for sustainable development in the 21st century*, Cairo. 369-395.

Drešlová, M., Hanč, A., Jakl, M., Tlustoš, P. 2016. Vyluhovatelnost živin z různých druhů vermikompostů. *Racionální použití hnojiv 30.11.2016*, Praha. Česká Zemědělská Univerzita v Praze. 89-92. ISBN: 978-80-213-2691-0

- Edwards, C. A., Bate, J. E. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biology and Biochemistry*. 24 (12). 1683-1689.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Sherman, R. L. 2010. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management*. CRC press. 623. ISBN 978-1-4398-0987-7
- Flack, F. M., Hartenstein, R. 1984. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* on microorganisms and cellulose. *Soil Biology and Biochemistry*. 16 (5). 491-495.
- Fritz, J. I. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian journal of microbiology*. 58 (7). 836-847.
- Garg, V. K., Gupta, R. 2009. Vermicomposting of agro-industrial processing waste. In: *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Springer Netherlands. 431-456.
- Ghyasvand, S. Alikhani, H. A., Ardalan, M. M., Hatami, G. S. Y. S. 2008. Effect of pre-thermocomposting on decrease of cadmium and lead pollution in vermicomposting of municipal solid waste by *Eisenia fetida*. *Agric. Environ. Sci.* 4 (5). 537-540.
- Gupta, R., Garg, V. K. 2009. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. *Journal of hazardous materials*. 162 (1). 430-439.
- Hadin A., Eriksson O., Hillman K. 2016. A review of potential critical factors in horse keeping for anaerobic digestion of horse manure. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 65. 432-442
- Hanč, A., Chadimová, Z. 2014. Nutrient recovery from apple pomace waste by vermicomposting technology. *Bioresource technology*. 168. 240-244.
- Hanč, A., Bouček, J., Švehla, P., Drešlová, M., Tlustoš, P. 2016. Properties of vermicompost aqueous extracts prepared under different conditions. *Environmental Technology*.
- Heinonen-Tanski, H. Mohaibes M., Karinen, P. 2006. Methods to reduce pathogen microorganisms in manure. *Livestock science*. 102 (3). 248-255.
- Hixson, J.L., Jacobs, J.L., Wilkes, E.N. Smith, P.A. 2016. Survey of the Variation in Grape Marc Condensed Tannin Composition and Concentration and Analysis of Key Compositional Factors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 64 (38). 7076-7086
- Huang, K., Li F., Wei Y., Fu X., Chen X. 2014. Effects of earthworms on physicochemical properties and microbial profiles during vermicomposting of fresh fruit and vegetable wastes. *Bioresource technology*. 170. 45-52.
- Hussain N, Singh A., Saha, Kumar M.V.S., Bhattacharyya P., Bhattacharya, S.S. 2016. Excellent N-fixing and P-solubilizing traits in earthworm gut-isolated bacteria: A vermicompost based assessment with vegetable market waste and rice straw feed mixtures. *Bioresource technology*. 222. 165-174
- Imbeah, M. 1998. Composting piggery waste: a review. *Bioresource Technology*. 63 (3). 197-203.

Jin, B., Kelly, J. M. 2009. Wine industry residues. *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Netherlands. 293-311.

Juskiewicz, J., Jankowski, J., Kosmala, M., Zdunczyk, Z., Slominski, B.A., Zdunczyk, P. 2016. The effects of dietary dried fruit pomaces on growth performance and gastrointestinal biochemistry of turkey poult. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 100 (5). 967-976.

Kaushik, P., Garg, V. K. 2003. Vermicomposting of mixed solid textile mill sludge and cow dung with the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource technology*. 90 (3). 311-316.

Khare, N. B., Singh, A. K., Bhargava, D. S., Bhattacharya, S. 2005. Effect of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus* (Perrier, 1872). *Applied ecology and environmental research*. 4 (1). 85-97.

Kosař, K. 2000. *Technologie výroby sladu a piva*. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 398. ISBN 80-902-6586-3.

Lazcano, C., Sampedro, L., Zas, R., & Domínguez, J. 2010. Assessment of plant growth promotion by vermicompost in different progenies of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Compost science & utilization*. 18(2). 111-118.

Mamma, D., Topakas, E., Vafiadi, C. 2009. Biotechnological potential of fruit processing industry residues. *Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation*. Springer Netherlands. 273-291.

Mishra, S., Sipes, B.S., Wang, K.H. 2015. Effect of Vermicompost Tea on Plant-parasitic and Beneficial Nematodes. *Journal of Nematology*. 47 (3). 257.

Monry, F., Aira, M., Domínguez, J. 2008. Changes in density of nematodes, protozoa and total coliforms after transit through the gut of four epigeic earthworms (*Oligochaeta*). *Applied Soil Ecology*. 39 (2). 127-132.

Munroe, G. 2007. *Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture*. Organic Agriculture Centre of Canada. 39-40.

Nagavallemma, K. P., Wani, S. P., Lacroix, S., Padmaja V. V. 2004. Vermicomposting: Recycling Wastes into Valuable Organic Fertilizer. *Global Theme on Agroecosystems Report*. 8.

Natolino, A., Da Porto, C., Rodriguez-Rojo, S., Moreno, T., Cocero, M.J. 2016. Supercritical antisolvent precipitation of polyphenols from grape marc extract. *Journal of Supercritical Fluids*. 118. 54-63.

Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresource technology*. 75 (1). 7-12.



- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource technology*. 76 (2). 107-112.
- Niir B. 2004. The complete technology book on vermiculture and vermicompost. Delhi: National Institute of Industrial Research. ISBN 81-866-2381-7.
- Nguyen, H.V., Lepingle, A., Gaillardin, C. 2000. Molecular typing demonstrates homogeneity of *Saccharomyces uvarum* strains and reveals the existence of hybrids between *S. uvarum* and *S. cerevisiae*, including the *S. bayanus* type strain CBS 380. *Systematic and Applied Microbiology*. 23 (1). 71-85.
- Oliver G.S. 1937. Our freands the earthworms. Gardener's book club. 8.
- Pant, A.P., Rodovich, T.J.K., Nguyen, V.H., Talcott, S.T., Krenek, A. K. 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 Food and Agriculture*. 89 (14). 2383-2392.
- Petrovic, J.T., Stojanovic, M.D., Milojkovic, J.V., Petrovic, M.S., Sostaric, T.D., Lausevic, M.D., Mihajlovic, M.L. 2016. Alkali modified hydrochar of grape pomace as a perspective adsorbent of Pb<sup>2+</sup> from aqueous solution. *Journal of Enviromental Management*. 182. 292-300.
- Pommeresche, R. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Olomouc, Bioinstitut. ISBN 978-80-87371-02-2.
- Santana, N. A., Ferreira, P. A. A., Soriani, H. H., Brunneto G., Nicoloso, F. T., Amtonjolli Z. I., Jacques, R. J. S. 2015. Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and vermicompost on copper phytoremediation in a sandy soil. *Applied Soil Ecology*. 96. 172–182.
- Santiago-Lopez, G., Preciado-Rangel, P., Sanchez-Chavez, E., Esparza-Rivera, J.R., Fortis-Hernandez, M., Moreno-Resendez, A. 2016. Organic nutrient solutions in production and antioxidant capacity of cucumber fruits. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 28 (7). 518-521.
- Shamansouri, M. R., Pourmoghadas, H, Parvaresh, AR. 2005. Heavy metals bioaccumulation by Iranian and Australian earthworms (*Eisenia fetida*) in the sewage sludge vermicomposting.
- Scheuerell, S., Mahaffee, W. 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization*. 10 (4). 313-338.
- Singh, R. P., Embrandiri, A., Ibrahim, M. H., Esa. N. 2011. Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option. *Resources, Conservation and Recycling*. 55 (4). 423-434.
- Sinha, R. K., Agarwal, S., Chauhan, K., Valani D. 2010. The wonders of earthworms & its vermicompost in farm production: Charles Darwin's 'friends of farmers', with potential to replace destructive chemical fertilizers. *Agricultural sciences*. 1 (2). 76.

Stambuk, P, Tomaskovic, D., Tomaz, I., Maslov, L., Stupic, D., Kontic, J.K. 2016. Application of pectinases for recovery of grape seeds phenolics, 3 Biotech. 6. 224.

Váňa, J. 1994. Výroba a využití kompostů v zemědělství. Vyd. 2. Praha: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, Rostlinná výroba (Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR). ISBN 80-710-5144-6.

Xu, C.P., Mou, B.Q. 2016. Vermicompost Affects Soil Properties and Spinach Growth, Physiology, and Nutritional Value. Hortscience. 51 (7). 847-855.

Yardim, E. N., Arancon N. Q., Edwards C. A., Oliver T. J. 2006. Suppression of tomato hornworm (*Manduca quinquemaculata*) and cucumber beetles (*Acalymma vittatum* and *Diabrotica undecimpunctata*) populations and damage by vermicomposts. Pedobiologia. 50 (1). 23-29.

Zajonc, I. 1992. Chov dážďoviek a výroba vermikompostu. 1. vyd. Povoda: Animapress. ISBN 80-855-6700-8.

### **Internetové zdroje:**

Anon. *Estenia andrei* [online]. The Garden forum. 12. ledna 2007 [cit. 2016-10-11]. Dostupné z <<http://thegardenforums.org/viewtopic.php?f=42&t=17278>>.

Český statistický úřad. Produkce, využití a odstranění odpadu a produkce druhotných surovin - v roce 2015 [online]. Český statistický úřad. 27. října 2016 [cit. 2017-3-16]. Dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/cri/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-a-produkce-druhotnych-surovin-v-roce-2015>>.

### **Legislativa:**

Česko. Vyhláška č. 474 ze dne 29. prosince 2000 Vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva. In: Sbírka zákonů České Republiky 2000. Dostupné také z <<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-474>>

Česko. Zákon č. 156 ze dne 12. června 1998 o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd. In: Sbírka zákonů České Republiky. 1998. Dostupné také z <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>>.

### **Konzultace:**

Hanč A. 20. 8. 2015. „osobní sdělení“ Vlastnosti matoliny

Drešlová M. 13. 3. 2017. „osobní sdělení“ Vliv doby expozice na kvalitu výluhu a vhodné materiály k vermikompostování

## 9 Přílohy

### 9.1 Koncentrace měřených prvků

#### 9.1.1 Naměřené koncentrace prvků v neobohacených vzorcích

Seznam tabulek s průměrnými hodnotami, z nichž vyháží grafy v kapitole 5.1.1.

Tabulka 7: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z matoliny a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu   | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l | mg/l |
| DMČ      | 1 h  | 229,87 | 0,94 | <0,03 | 0,13 | 16,20 | 0,002  | 0,0070 | 0,13 | 1,12 |
| DMČ      | 6 h  | 329,74 | 1,24 | <0,03 | 0,18 | 22,66 | <0,001 | 0,0073 | 0,15 | 1,02 |
| DMČ      | 12 h | 368,88 | 1,37 | <0,03 | 0,25 | 26,86 | <0,001 | 0,0076 | 0,16 | 0,97 |
| DMČ      | 24 h | 392,84 | 1,39 | <0,03 | 0,25 | 27,84 | <0,001 | 0,0072 | 0,16 | 0,94 |
| DMČ      | 48 h | 510,98 | 1,40 | <0,03 | 0,28 | 27,95 | <0,001 | 0,0084 | 0,18 | 0,68 |

Tabulka 8: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z matoliny b

| Varianta |      | Mg    | Mn   | Mo     | Ni     | P      | Pb    | S     | Zn   |
|----------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
|          |      | mg/l  | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l |
| DMČ      | 1 h  | 6,87  | 0,04 | <0,005 | <0,005 | 51,51  | <0,02 | 7,82  | 0,17 |
| DMČ      | 6 h  | 7,33  | 0,05 | <0,005 | <0,005 | 82,79  | <0,02 | 12,37 | 0,25 |
| DMČ      | 12 h | 9,23  | 0,05 | <0,005 | 0,008  | 87,47  | <0,02 | 13,65 | 0,26 |
| DMČ      | 24 h | 12,63 | 0,06 | <0,005 | 0,008  | 96,29  | <0,02 | 16,40 | 0,25 |
| DMČ      | 48 h | 13,22 | 0,06 | <0,005 | 0,010  | 106,02 | <0,02 | 19,61 | 0,28 |

Tabulka 9: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z jablečných vylisků a

| Varianta |      | K      | Al    | As    | B    | Ca   | Cd     | Cr     | Cu    | Fe   |
|----------|------|--------|-------|-------|------|------|--------|--------|-------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l |
| DJČ      | 1 h  | 70,15  | <0,05 | <0,03 | 0,26 | 1,45 | <0,001 | <0,005 | 0,008 | 0,01 |
| DJČ      | 6 h  | 75,54  | 0,052 | <0,03 | 0,29 | 1,46 | <0,001 | <0,005 | 0,008 | 0,02 |
| DJČ      | 12 h | 80,03  | 0,118 | <0,03 | 0,41 | 1,48 | <0,001 | <0,005 | 0,006 | 0,11 |
| DJČ      | 24 h | 84,01  | 0,152 | <0,03 | 0,40 | 1,52 | <0,001 | <0,005 | 0,008 | 0,12 |
| DJČ      | 48 h | 105,80 | 0,205 | <0,03 | 0,37 | 1,58 | <0,001 | <0,005 | 0,008 | 0,12 |

Tabulka 10: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z jablečných vylisků b

| Varianta |      | Mg   | Mn     | Mo     | Ni     | P     | Pb    | S    | Zn     |
|----------|------|------|--------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
|          |      | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l   |
| DJČ      | 1 h  | 1,00 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 30,03 | <0,02 | 2,02 | <0,002 |
| DJČ      | 6 h  | 1,08 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 31,63 | <0,02 | 2,21 | <0,002 |
| DJČ      | 12 h | 1,12 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 34,68 | <0,02 | 2,36 | <0,002 |
| DJČ      | 24 h | 1,23 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 34,83 | <0,02 | 2,59 | <0,002 |
| DJČ      | 48 h | 1,87 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 36,56 | <0,02 | 2,95 | <0,002 |

Tabulka 11: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z koňského hnoje a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu    | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|-------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l |
| DHČ      | 1 h  | 321,28 | 0,15 | <0,03 | 0,11 | 12,52 | <0,001 | <0,005 | 0,033 | 1,65 |
| DHČ      | 6 h  | 341,50 | 0,18 | <0,03 | 0,11 | 13,26 | <0,001 | <0,005 | 0,035 | 1,36 |
| DHČ      | 12 h | 365,71 | 0,22 | <0,03 | 0,16 | 15,15 | <0,001 | <0,005 | 0,040 | 1,29 |
| DHČ      | 24 h | 381,27 | 0,34 | <0,03 | 0,18 | 16,76 | <0,001 | <0,005 | 0,040 | 1,25 |
| DHČ      | 48 h | 394,63 | 0,57 | <0,03 | 0,19 | 21,68 | <0,001 | <0,005 | 0,041 | 1,24 |

Tabulka 12: Množství jednotlivých prvků v neobohacených vyluzích z koňského hnoje b

| Varianta |      | Mg    | Mn    | Mo    | Ni     | P     | Pb    | S     | Zn    |
|----------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|          |      | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l  |
| DHČ      | 1 h  | 8,97  | 0,044 | 0,022 | <0,005 | 21,32 | <0,02 | 27,40 | 0,035 |
| DHČ      | 6 h  | 9,14  | 0,047 | 0,028 | <0,005 | 24,89 | <0,02 | 27,60 | 0,051 |
| DHČ      | 12 h | 10,59 | 0,048 | 0,029 | <0,005 | 28,05 | <0,02 | 28,84 | 0,069 |
| DHČ      | 24 h | 10,91 | 0,052 | 0,034 | <0,005 | 32,61 | <0,02 | 29,66 | 0,071 |
| DHČ      | 48 h | 13,80 | 0,064 | 0,042 | <0,005 | 43,70 | <0,02 | 30,94 | 0,075 |

### 9.1.2 Naměřené koncentrace prvků ve vzorcích obohacených o 100 ml pivovarských kvasnic

Tabulka 13: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z matoliny o 100 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu   | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l | mg/l |
| DMK 100  | 1 h  | 230,55 | 0,93 | <0,03 | 0,51 | 16,54 | <0,001 | 0,0070 | 0,12 | 1,13 |
| DMK 100  | 6 h  | 329,71 | 1,26 | <0,03 | 0,25 | 22,52 | <0,001 | 0,0074 | 0,14 | 1,08 |
| DMK 100  | 12 h | 369,19 | 1,36 | <0,03 | 0,26 | 26,62 | <0,001 | 0,0080 | 0,15 | 0,96 |
| DMK 100  | 24 h | 392,57 | 1,33 | <0,03 | 0,26 | 27,48 | <0,001 | 0,0072 | 0,16 | 0,93 |
| DMK 100  | 48 h | 511,71 | 1,45 | <0,03 | 0,29 | 28,10 | <0,001 | 0,0090 | 0,17 | 0,69 |

Tabulka 14: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z matoliny o 100 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg    | Mn    | Mo     | Ni     | P      | Pb    | S     | Zn   |
|----------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
|          |      | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l |
| DMK 100  | 1 h  | 6,75  | 0,043 | <0,005 | <0,005 | 51,65  | <0,02 | 7,85  | 0,16 |
| DMK 100  | 6 h  | 7,14  | 0,052 | <0,005 | <0,005 | 82,87  | <0,02 | 12,50 | 0,26 |
| DMK 100  | 12 h | 9,53  | 0,054 | <0,005 | 0,008  | 87,14  | <0,02 | 13,52 | 0,25 |
| DMK 100  | 24 h | 12,67 | 0,053 | <0,005 | 0,008  | 95,65  | <0,02 | 15,36 | 0,25 |
| DMK 100  | 48 h | 13,71 | 0,060 | <0,005 | 0,010  | 105,98 | <0,02 | 19,48 | 0,25 |

Tabulka 15: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z jablečných výlisků o 100 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al    | As    | B    | Ca   | Cd     | Cr     | Cu     | Fe   |
|----------|------|--------|-------|-------|------|------|--------|--------|--------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l |
| DJK 100  | 1 h  | 70,95  | <0,05 | <0,03 | 0,25 | 1,50 | <0,001 | <0,005 | 0,0080 | 0,01 |
| DJK 100  | 6 h  | 74,83  | 0,051 | <0,03 | 0,29 | 1,49 | <0,001 | <0,005 | 0,0080 | 0,02 |
| DJK 100  | 12 h | 80,99  | 0,129 | <0,03 | 0,45 | 1,48 | <0,001 | <0,005 | 0,0084 | 0,11 |
| DJK 100  | 24 h | 84,80  | 0,152 | <0,03 | 0,39 | 1,50 | <0,001 | <0,005 | 0,0084 | 0,12 |
| DJK 100  | 48 h | 107,10 | 0,221 | <0,03 | 0,37 | 1,59 | <0,001 | <0,005 | 0,0085 | 0,13 |

Tabulka 16: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z jablečných výlisků o 100 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg   | Mn     | Mo     | Ni     | P     | Pb    | S    | Zn     |
|----------|------|------|--------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
|          |      | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l   |
| DJK 100  | 1 h  | 1,01 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 30,68 | <0,02 | 2,17 | <0,002 |
| DJK 100  | 6 h  | 1,09 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 32,64 | <0,02 | 2,21 | <0,002 |
| DJK 100  | 12 h | 1,13 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 34,98 | <0,02 | 2,43 | <0,002 |
| DJK 100  | 24 h | 1,24 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 36,20 | <0,02 | 2,55 | <0,002 |
| DJK 100  | 48 h | 1,89 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 37,34 | <0,02 | 2,98 | <0,002 |

Tabulka 17: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z koňského hnoje o 100 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu    | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|-------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l |
| DHK 100  | 1 h  | 321,61 | 0,15 | <0,03 | 0,11 | 12,53 | <0,001 | <0,005 | 0,033 | 1,67 |
| DHK 100  | 6 h  | 342,15 | 0,18 | <0,03 | 0,11 | 13,36 | <0,001 | <0,005 | 0,036 | 1,41 |
| DHK 100  | 12 h | 365,67 | 0,23 | <0,03 | 0,17 | 15,15 | <0,001 | <0,005 | 0,041 | 1,26 |
| DHK 100  | 24 h | 381,73 | 0,34 | <0,03 | 0,18 | 16,86 | <0,001 | <0,005 | 0,042 | 1,25 |
| DHK 100  | 48 h | 394,47 | 0,57 | <0,03 | 0,19 | 21,59 | <0,001 | <0,005 | 0,045 | 1,24 |

Tabulka 18: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z koňského hnoje o 100 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg    | Mn    | Mo    | Ni     | P     | Pb    | S     | Zn    |
|----------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|          |      | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l  |
| DHK 100  | 1 h  | 8,65  | 0,045 | 0,023 | <0,005 | 21,79 | <0,02 | 27,22 | 0,036 |
| DHK 100  | 6 h  | 9,22  | 0,046 | 0,028 | <0,005 | 25,04 | <0,02 | 28,22 | 0,052 |
| DHK 100  | 12 h | 10,65 | 0,048 | 0,030 | <0,005 | 28,20 | <0,02 | 29,29 | 0,071 |
| DHK 100  | 24 h | 10,90 | 0,052 | 0,034 | <0,005 | 33,46 | <0,02 | 30,23 | 0,073 |
| DHK 100  | 48 h | 13,69 | 0,065 | 0,043 | <0,005 | 44,68 | <0,02 | 31,54 | 0,076 |

### 9.1.3 Naměřené koncentrace prvků ve vzorcích obohacených o 500 ml pivovarských kvasnic

Tabulka 19: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z matoliny o 500 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu   | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l | mg/l |
| DMK 500  | 1 h  | 231,34 | 0,94 | <0,03 | 0,14 | 16,45 | 0,002  | 0,0063 | 0,13 | 1,26 |
| DMK 500  | 6 h  | 231,33 | 1,25 | <0,03 | 0,21 | 22,39 | <0,001 | 0,0073 | 0,15 | 1,05 |
| DMK 500  | 12 h | 369,01 | 1,37 | <0,03 | 0,24 | 26,59 | <0,001 | 0,0083 | 0,16 | 0,96 |
| DMK 500  | 24 h | 411,54 | 1,42 | <0,03 | 0,25 | 27,59 | <0,001 | 0,0081 | 0,16 | 0,93 |
| DMK 500  | 48 h | 512,88 | 1,48 | <0,03 | 0,28 | 27,92 | <0,001 | 0,0092 | 0,17 | 0,70 |

Tabulka 20: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z matoliny o 500 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg    | Mn   | Mo     | Ni     | P      | Pb    | S     | Zn   |
|----------|------|-------|------|--------|--------|--------|-------|-------|------|
|          |      | mg/l  | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l |
| DMK 500  | 1 h  | 6,69  | 0,04 | <0,005 | <0,005 | 52,19  | <0,02 | 7,73  | 0,16 |
| DMK 500  | 6 h  | 7,47  | 0,05 | <0,005 | <0,005 | 83,27  | <0,02 | 12,48 | 0,23 |
| DMK 500  | 12 h | 9,49  | 0,05 | <0,005 | 0,008  | 87,33  | <0,02 | 13,60 | 0,25 |
| DMK 500  | 24 h | 12,78 | 0,06 | <0,005 | 0,008  | 95,52  | <0,02 | 15,94 | 0,26 |
| DMK 500  | 48 h | 13,73 | 0,06 | <0,005 | 0,011  | 106,72 | <0,02 | 19,83 | 0,28 |

Tabulka 21: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z jablečných vylisků o 500 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al    | As    | B    | Ca   | Cd     | Cr     | Cu     | Fe   |
|----------|------|--------|-------|-------|------|------|--------|--------|--------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l |
| DJK 500  | 1 h  | 70,73  | <0,05 | <0,03 | 0,25 | 1,47 | <0,001 | <0,005 | 0,0081 | 0,01 |
| DJK 500  | 6 h  | 76,06  | 0,052 | <0,03 | 0,28 | 1,47 | <0,001 | <0,005 | 0,0083 | 0,02 |
| DJK 500  | 12 h | 80,44  | 0,125 | <0,03 | 0,42 | 1,48 | <0,001 | <0,005 | 0,0084 | 0,11 |
| DJK 500  | 24 h | 85,16  | 0,152 | <0,03 | 0,39 | 1,48 | <0,001 | <0,005 | 0,0085 | 0,12 |
| DJK 500  | 48 h | 107,35 | 0,226 | <0,03 | 0,38 | 1,58 | <0,001 | <0,005 | 0,0087 | 0,13 |

Tabulka 22: Množství jednotlivých prvků v obohacených vyluzích z jablečných vylisků o 500 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg   | Mn     | Mo     | Ni     | P     | Pb    | S    | Zn     |
|----------|------|------|--------|--------|--------|-------|-------|------|--------|
|          |      | mg/l | mg/l   | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l | mg/l   |
| DJK 500  | 1 h  | 1,01 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 31,57 | <0,02 | 2,13 | <0,002 |
| DJK 500  | 6 h  | 1,09 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 32,79 | <0,02 | 2,25 | <0,002 |
| DJK 500  | 12 h | 1,13 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 35,82 | <0,02 | 2,43 | <0,002 |
| DJK 500  | 24 h | 1,29 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 36,64 | <0,02 | 2,54 | <0,002 |
| DJK 500  | 48 h | 1,97 | <0,001 | <0,005 | <0,005 | 37,44 | <0,02 | 2,98 | <0,002 |

Tabulka 23: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z koňského hnoje o 500 ml pivovarských kvasnic a

| Varianta |      | K      | Al   | As    | B    | Ca    | Cd     | Cr     | Cu    | Fe   |
|----------|------|--------|------|-------|------|-------|--------|--------|-------|------|
|          |      | mg/l   | mg/l | mg/l  | mg/l | mg/l  | mg/l   | mg/l   | mg/l  | mg/l |
| DHK 500  | 1 h  | 322,41 | 0,15 | <0,03 | 0,11 | 12,68 | <0,001 | <0,005 | 0,034 | 1,70 |
| DHK 500  | 6 h  | 342,08 | 0,18 | <0,03 | 0,11 | 13,54 | <0,001 | <0,005 | 0,036 | 1,39 |
| DHK 500  | 12 h | 365,35 | 0,23 | <0,03 | 0,17 | 15,37 | <0,001 | <0,005 | 0,041 | 1,27 |
| DHK 500  | 24 h | 382,08 | 0,35 | <0,03 | 0,18 | 16,82 | <0,001 | <0,005 | 0,043 | 1,25 |
| DHK 500  | 48 h | 394,01 | 0,57 | <0,03 | 0,19 | 22,10 | <0,001 | <0,005 | 0,047 | 1,24 |

Tabulka 24: Množství jednotlivých prvků v obohacených výluzích z koňského hnoje o 500 ml pivovarských kvasnic b

| Varianta |      | Mg    | Mn    | Mo    | Ni     | P     | Pb    | S     | Zn    |
|----------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|          |      | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l   | mg/l  | mg/l  | mg/l  | mg/l  |
| DHK 500  | 1 h  | 8,80  | 0,044 | 0,024 | <0,005 | 21,59 | <0,02 | 27,57 | 0,035 |
| DHK 500  | 6 h  | 9,20  | 0,047 | 0,028 | <0,005 | 25,38 | <0,02 | 28,07 | 0,053 |
| DHK 500  | 12 h | 10,62 | 0,049 | 0,030 | <0,005 | 27,85 | <0,02 | 28,80 | 0,072 |
| DHK 500  | 24 h | 10,95 | 0,053 | 0,035 | <0,005 | 33,83 | <0,02 | 30,17 | 0,074 |
| DHK 500  | 48 h | 13,64 | 0,067 | 0,046 | <0,005 | 45,22 | <0,02 | 31,32 | 0,078 |



## 9.2 Koncentrace minerálního dusíku

Tabulka 25: Procento vyluhovatelnosti minerálního dusíku ve výluzích

| <b>Varianta</b> |      | <b>Min. N mg N/l</b> |
|-----------------|------|----------------------|
|                 |      | <b>%</b>             |
| DMČ             | 1 h  | 38,51                |
| DMČ             | 6 h  | 64,80                |
| DMČ             | 12 h | 49,64                |
| DMČ             | 24 h | 51,79                |
| DMČ             | 48 h | 78,11                |
| DMK 100         | 1 h  | 39,21                |
| DMK 100         | 6 h  | 65,57                |
| DMK 100         | 12 h | 50,62                |
| DMK 100         | 24 h | 52,67                |
| DMK 100         | 48 h | 78,43                |
| DMK 500         | 1 h  | 38,86                |
| DMK 500         | 6 h  | 65,39                |
| DMK 500         | 12 h | 50,44                |
| DMK 500         | 24 h | 53,19                |
| DMK 500         | 48 h | 78,70                |
| DJČ             | 1 h  | 35,36                |
| DJČ             | 6 h  | 22,80                |
| DJČ             | 12 h | 55,92                |
| DJČ             | 24 h | 22,88                |
| DJČ             | 48 h | 25,77                |
| DJK 100         | 1 h  | 35,67                |
| DJK 100         | 6 h  | 23,29                |
| DJK 100         | 12 h | 57,37                |
| DJK 100         | 24 h | 24,05                |
| DJK 100         | 48 h | 26,65                |
| DJK 500         | 1 h  | 36,14                |
| DJK 500         | 6 h  | 23,17                |
| DJK 500         | 12 h | 56,47                |
| DJK 500         | 24 h | 24,79                |
| DJK 500         | 48 h | 26,19                |
| DHČ             | 1 h  | 48,36                |
| DHČ             | 6 h  | 55,05                |
| DHČ             | 12 h | 46,07                |
| DHČ             | 24 h | 37,97                |
| DHČ             | 48 h | 34,35                |
| DHK 100         | 1 h  | 49,79                |
| DHK 100         | 6 h  | 54,57                |
| DHK 100         | 12 h | 46,59                |
| DHK 100         | 24 h | 38,69                |
| DHK 100         | 48 h | 35,45                |
| DHK 500         | 1 h  | 48,86                |
| DHK 500         | 6 h  | 56,08                |
| DHK 500         | 12 h | 47,21                |
| DHK 500         | 24 h | 39,13                |
| DHK 500         | 48 h | 35,90                |

### 9.3 Fotografie z probíhajícího pokusu vlivu obohacených výluhů na růst a výnos rostlin

Obrázek 3: Probíhající pokus efektivnosti obohacených výluhů o kvasinky na zvýšení biomasy a výnosu rostlin.



Zdroj: Autor

Obrázek 4: Probíhající pokus efektivnosti obohacených výluhů o kvasinky na zvýšení biomasy a výnosu rostlin



Zdroj: Autor

## **9.4 Zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd.**

### **§ 2 Vymezení pojmů**

Pro účely tohoto zákona se rozumí

- a) hnojivem látka způsobilá poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce,
- c) organickým hnojivem hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v organické formě,
- d) organominerálním hnojivem hnojivo, v němž jsou deklarované živiny obsaženy v minerální a organické formě,
- e) kapalným hnojivem hnojivo v suspenzi nebo v roztoku,
- f) tekutým hnojivem statkové hnojivo s obsahem sušiny nejvýše 13 %,
- h) statkovým hnojivem hnojivo, vznikající jako vedlejší produkt při chovu hospodářských zvířat nebo produkt při pěstování kulturních rostlin, není-li dále upravováno, za úpravu se nepovažují přirozené procesy přeměn při skladování, mechanická separace kejdy a přidávání látek snižujících ztráty živin nebo zlepšujících účinnost živin,
- i) pomocnou půdní látkou látka bez účinného množství živin, která půdu biologicky, chemicky nebo fyzikálně ovlivňuje, zlepšuje její stav nebo zvyšuje účinnost hnojiv,
- j) pomocným rostlinným přípravkem látka bez účinného množství živin, která jinak příznivě ovlivňuje vývoj kulturních rostlin nebo kvalitu rostlinných produktů,
- m) půdní úrodností schopnost půdy umožňovat rostlinám růst, vývoj a dosažení žádoucího výnosu, kvality a nezávadnosti produkce,
- n) rizikovým prvkem nebo rizikovou látkou prvek nebo látka, jež mohou nepříznivě ovlivnit vlastnosti půdy nebo kvalitu produkce nebo potravní řetězec,
- o) typem hnojiva hnojivo se stanoveným obsahem živin a se shodnou formou a rozpustností živin,

### **§ 1 Předmět úpravy**

(1) Tento zákon stanoví v souladu s právem Evropských společenství podmínky uvádění do oběhu, skladování a používání hnojiv, pomocných půdních látek, pomocných rostlinných přípravků a substrátů, podmínky agrochemického zkoušení zemědělských půd, podmínky zjišťování půdních vlastností lesních pozemků a některé podmínky používání upravených kalů, a dále podmínky uvádění do oběhu, skladování a používání sedimentů,

jakož i působnost orgánů odborného dozoru nad dodržováním povinností stanovených tímto zákonem včetně oprávnění ukládat sankce.

(2) Tento zákon se nevztahuje na:

- b) hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty poskytované v množství nezbytném pro účely výzkumu, vývoje a pokusnictví.

(4) Na hnojiva, pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty, které jsou určeny k použití jako suroviny k dalšímu zpracování, se použijí ustanovení § 7, 8, 12, 13 a § 14 až 14b.

(6) Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (dále jen „ústav“) vykonává činnosti podle přímo použitelného předpisu Evropských společenství, kterým se provádí přímo použitelný předpis Evropských společenství o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu.

### **§ 3 Uvádění hnojiv do oběhu**

1) Do oběhu se smějí uvádět pouze hnojiva, která

- a) jsou registrována podle tohoto zákona nebo jim byl udělen souhlas podle § 3a, to neplatí, pokud jde o statkové hnojivo, hnojiva ES a hnojiva, která odpovídají předpisům, které jsou pro výrobu těchto hnojiv nebo jejich uvedení na trh v některém ze států Evropské unie, Evropského hospodářského prostoru nebo Švýcarské konfederaci závazné, nebo výrobním postupům a pravidlům správné výrobní praxe používaným v některém z těchto států, pro které existuje dostatečně podrobná dokumentace, na jejímž základě je v případě potřeby možné provést dodatečná šetření,
- b) neohrožují úrodnost půdy ani zdraví lidí nebo zvířat,
- c) nepoškozují životní prostředí [odstavec 2 písm. c)],

(2) Do oběhu je nepřipustné uvést hnojivo

- a) neoznačené,
- c) u něhož obsah rizikových prvků nebo rizikových látek je vyšší, než stanoví vyhláška.

Na statkové hnojivo se ustanovení písmene a) nevztahuje, pokud je dodáváno výrobcem přímo spotřebiteli a tento na označení netrvá.

(3) Ustanovení odstavců 1 a 2 platí pro pomocné půdní látky, pomocné rostlinné přípravky a substráty (dále jen "pomocné látky") obdobně.

(4) Od hodnot chemických a fyzikálních vlastností hnojiva uvedených v rozhodnutí o registraci hnojiva [§ 5 odst. 1 písm. c)] a v označení obsahu živin, jejich formy a rozpustnosti [§ 7 odst. 1 písm. c)] jsou přípustné odchylky v rozsahu stanoveném vyhláškou. Pro hodnoty

údajů uvedené jako maximální, minimální nebo jako rozmezí hodnot nejsou odchylky povoleny. Rozsah odchylek je stanoven tak, aby zohlednil neovlivnitelné chyby vznikající při výrobě hnojiva, při odběru nebo chemickém rozboru kontrolního vzorku.

(5) Ministerstvo zemědělství (dále jen "ministerstvo") stanoví vyhláškou rizikové prvky a rizikové látky, jejich limitní hodnoty pro jednotlivé skupiny hnojiv a pomocných látek, jakož i přípustné odchylky.

### **§ 3a Ohlášení hnojiv a pomocných látek**

(2) Ohlášení podle odstavce 1 obsahuje kromě náležitostí podle správního řádu b) název hnojiva nebo pomocné látky, jeho druh a typ podle vyhlášky,

(5) Ústav vede v elektronické podobě databázi ohlášených hnojiv a pomocných látek, která obsahuje údaje uvedené v odstavci 2 a údaj o platnosti ohlášení. Databáze je veřejně přístupná způsobem umožňujícím dálkový přístup.

### **§ 4 Registrace hnojiv**

(3) Podá-li žadatel žádost o registraci hnojiva, poskytne současně ústavu potřebné vzorky hnojiva nebo umožní jejich odběr, popřípadě poskytne další podklady a informace nezbytné pro prokázání splnění požadavků podle tohoto zákona. Žadatel současně uhradí poplatek podle zvláštního právního předpisu.

(9) Ministerstvo stanoví vyhláškou typy hnojiv a pomocných látek, závazné postupy pro odběr vzorků hnojiv, pomocných látek a pro provádění chemických rozborů, biologických zkoušek a testů

### **§ 9 Používání hnojiv, pomocných látek, upravených kalů a sedimentů**

(1) Zemědělství podnikatelé jsou povinni používat hnojiva, pomocné látky, upravené kaly a sedimenty způsobem stanoveným tímto zákonem, zákonem o odpadech a zákonem o ochraně zemědělského půdního fondu. Hnojivy, pomocnými látkami a upravenými kaly nesmějí být při jejich používání vnášeny do půdy rizikové prvky nebo rizikové látky v množství, které pro hnojiva a pomocné látky stanoví ministerstvo prováděcím právním předpisem a pro upravené kaly stanoví zvláštní právní předpis. Sedimenty nesmějí být používány, pokud obsah rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu a v půdě, na kterou mají být použity, a další vlastnosti sedimentu překročí limity stanovené prováděcím právním předpisem.

(2) Hnojiva a pomocné látky nesmějí být používány na zemědělské půdě a lesních pozemcích, pokud

- a) jejich vlastnosti neumožňují rovnoměrné pokrytí pozemku,
- b) způsob jejich použití nevede k rovnoměrnému pokrytí pozemku, to neplatí v případě diferencovaného hnojení na základě údajů o vlastnostech půdy nebo stavu porostu a v případě hnojení ve zranitelných oblastech,
- c) jejich použití může vést k poškození fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností zemědělské půdy, lesního pozemku nebo pozemků sousedících s tímto pozemkem, popřípadě i jeho širšího okolí,

(9) Ministerstvo stanoví vyhláškou

- a) způsob používání hnojiv a pomocných látek na zemědělské půdě a lesních pozemcích,
- b) způsob vedení evidence o použití hnojiv, pomocných látek a upravených kalů,
- c) způsob hlášení o používání upravených kalů.