

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Problematika nakládání s lihovarskými výpalky**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jakub Šmolík**

**Obor studia: AMBKS**

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

**© 2017 ČZU v Praze**



### **Čestné prohlášení**

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

V Praze dne \_\_\_\_\_



## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Aleši Hančovi Ph.D. a Ing. Tereze Částkové za pomoc a ochotu při zpracování mé diplomové práce.

## **Problematika nakládání s lihovarskými výpalky**

### **Souhrn**

S rostoucí cenou nerostných surovin, konkrétně ropy, roste poptávka po alternativních zdrojích. Vhodným řešením je přidávání bioetanolu do pohonných hmot. Výroba etanolu a bioetanolu je spojená s vysokou produkcí odpadní hmoty, kterou jsou lihovarské výpalky. Problémem je vysoká produkce tohoto odpadu, a to 15 – 20 l výpalků na 1 l etanolu. Tato práce si klade za cíl představit možnosti využití výpalků jako surovinu vhodnou pro další využití, např. jako kvalitní vstupní materiál pro aerobní a anaerobní zpracování, a v pokusné části představit využití výpalků metodou vermikompostování.

Na pozemku pěstitelské pálenice v Češově byl založen pokus v exteriéru ze směsi lihovarských výpalků a slámy. V pravidelných intervalech byly přidávány jednotlivé vrstvy slámy. Ve stejný den pak byl proveden odběr ze všech vrstev a následně byly v laboratořích FAPPZ ČZU provedeny analýzy základních agrochemických parametrů.

Byly stanoveny hodnoty sušiny, pH, elektrické vodivosti, celkové obsahy prvků (N, P, K, Mg), obsahy dostupných prvků (P, K, Mg), obsahy dusíku v amonné a nitrátové formě, obsahy celkového a rozpustného uhlíku, hodnota iontovýměnné kapacity, biomasa žížal, počet žížal a množství mikroorganismů.

Ze zjištěných hodnot bylo patrné, že se stářím vermikompostu dochází ke stabilizaci lihovarských výpalků. Z kyselého pH došlo k posunu na hodnoty slabě alkalické. Zvýšil se celkový obsah prvků (P, K, Mg). Došlo k poklesu amonného dusíku a k navýšení dusíku nitrátového. Také se snížil obsah rozpustného uhlíku. K poklesu došlo také u mikrobiální biomasy a to u všech sledovaných mikroorganismů (houby, bakterie, aktinobakterie, gram pozitivní, gram negativní).

Na základě analýz bylo zjištěno, že nejhodnotnější vermikompost pocházel z nejstarší vrstvy. Ta vykazovala stabilní hodnoty agrochemických parametrů. Z celkového hlediska se vermikompostování jeví jako vhodná metoda nakládání s lihovarskými výpalky.

Ve vědecké literatuře není tato metoda ve spojení s lihovarskými výpalky ještě příliš prozkoumána. Z tohoto důvodu by mohla tato práce svými výsledky pomoci v rozšíření znalostí vermikompostování.

**Klíčová slova:** Lihovarské výpalky, sláma, vermikompostování, agrochemické parametry

## Issue of distillery residues handling

### Summary

With the rising cost of raw materials, particularly petroleum, is rising demand for alternative sources. A suitable solution is the addition of bioethanol in to the fuel. Production of ethanol and bioethanol is associated with high production of waste materials which are stillage. The problem is the high production of waste, which is around 15 up to 20 liters of stillage per 1 l of ethanol. This work aims to introduce the possibility of using the stillage as a raw material which is suitable for further use, eg. as a good input material for the aerobic and anaerobic treatment, and in the experimental part to introduce the utilising the stillage by the method of vermicomposting.

On the land grown's distilleries in Česov was based attempt in the field conditions – the mixture from stillage and straw. There were added layers in regular intervals. In same day it was taking the samples from every layer and than were these samples analyzed from basic agro – chemical parameters in laboratory FAPPZ ČZU.

There were established dry matter, pH, electrical conductivity, total content elements (N, P, K, Mg), total content available elements (P, K, Mg), content of the ammonium nitrogen and nitrate nitrogen, total content soluble carbon, content ion exchange, earthworms biomass, number of the earthworms and volume of the microorganisms.

From the measured values were find out that in the older vermicompost going to stabilized stillage. From acidic pH it was change faintly alcalic pH. It was increased the total content elements (P, K, Mg). Decrease of ammonium nitrogen and increase of nitrate nitrogen. The volume of soluble carbon was decreased too. By the all tracked microorganisms (mushrooms, bacteria, actinobacteria, gram positiv, gram negative) and microorganisms biomass.

From the analyzis it was find out, that the most valuable vermicompost is from the oldest layer. This layer showed stable values agro – chemical parameters, it was based from the results of the every single analyzis. From the whole point of view is vermicomposting quiet good method for treatment with stillage.

In the science literature this method is not well known in conection with stillage. From this reason this work can be with it's results good to extension knowledge about this method.

**Keywords:** stillage, straw, vermicomposting, agro – chemical parameters,

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Hypotézy .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Literární rešerše .....</b>	<b>3</b>
<b>3.1 Lihovarské výpalky.....</b>	<b>3</b>
3.1.1 Výroba etanolu .....	3
3.1.1.1 Výroba etanolu ze škrobnatých surovin .....	3
3.1.1.2 Výroba etanolu z cukernatých surovin .....	4
3.1.2 Suroviny pro výrobu etanolu .....	4
3.1.2.1 Suroviny obsahující přímo zkvasitelný cukr .....	4
3.1.2.2 Suroviny obsahující škrob .....	5
3.1.2.3 Suroviny obsahující celulózu .....	5
3.1.2.4 Suroviny obsahující inulin i lignin .....	5
3.1.3 Charakteristika lihovarských výpalků .....	5
3.1.4 Druhy lihovarských výpalků .....	7
3.1.4.1 Obilné výpalky .....	7
3.1.4.2 Melasové výpalky.....	10
3.1.4.3 Ovocné výpalky.....	11
3.1.5 Legislativa .....	12
3.1.6 Vliv výpalků na životní prostředí .....	13
3.1.7 Způsoby nakládání s lihovarskými výpalky .....	14
3.1.7.1 Použití výpalků jako krmiva pro hospodářská zvířata .....	14
3.1.7.2 Použití výpalků jako hnojiva .....	15
3.1.7.3 Zpracování výpalků metodou anaerobní fermentace .....	16
3.1.7.4 Zpracování aerobními metodami.....	16
3.1.7.5 Zpracování výpalků metodou kompostování .....	17
3.1.7.6 Zpracování výpalků metodou vermikompostování .....	18
3.1.7.7 Likvidace – odstraňování výpalků.....	19
<b>3.2 Vermikompostování.....</b>	<b>19</b>
3.2.1 Vermikompost .....	19
3.2.2 Žížaly .....	20
3.2.3 Faktory ovlivňující vermikompostování .....	21
3.2.3.1 Krmení.....	21



3.2.3.2	pH .....	21
3.2.3.3	Teplota.....	21
3.2.3.4	Vlhkost .....	22
3.2.3.5	Hustota žížal .....	22
3.2.3.6	Poměr C:N .....	22
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Popis experimentu.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Agrochemické a biologické rozborů .....</b>	<b>24</b>
4.2.1	Stanovení pH a elektrické vodivosti.....	24
4.2.2	Stanovení celkového uhlíku a dusíku .....	24
4.2.3	Stanovení C:N .....	24
4.2.4	Celkový obsah prvků (P, K, Mg).....	24
4.2.5	Obsah rozpustného uhlíku, amonného a nitratového dusíku.....	25
4.2.6	Obsah dostupných prvků (P, K, Mg).....	25
4.2.7	Stanovení počtu mikroorganismů.....	25
<b>4.3</b>	<b>Metody vyhodnocení výsledků.....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Obsah sušiny.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Elektrická vodivost a pH.....</b>	<b>27</b>
<b>5.3</b>	<b>Obsah celkového dusíku, uhlíku a poměr uhlíku: dusíku.....</b>	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Obsah amonného dusíku, nitratového dusíku a rozpustného uhlíku</b>	<b>29</b>
<b>5.5</b>	<b>Iontovýmiěná kapacita .....</b>	<b>29</b>
<b>5.6</b>	<b>Obsah celkového a dostupného fosforu .....</b>	<b>30</b>
<b>5.7</b>	<b>Obsah celkového a dostupného draslíku .....</b>	<b>31</b>
<b>5.8</b>	<b>Obsah celkového a dostupného hořčíku .....</b>	<b>31</b>
<b>5.9</b>	<b>Počet žížal a biomasa žížal .....</b>	<b>32</b>
<b>5.10</b>	<b>Celkový obsah prvků v tělech žížal.....</b>	<b>33</b>
<b>5.11</b>	<b>Obsah mikroorganismů .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Agrochemické parametry.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2</b>	<b>Žížaly .....</b>	<b>37</b>
<b>6.3</b>	<b>Mikroorganismy .....</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>39</b>

# 1 Úvod

V současné době rostoucích cen nerostných surovin roste poptávka po alternativních zdrojích. A tak na celém světě dochází k relevantním opatřením. Trendem posledních let je přidávání etanolu (bioetanolu) do pohonných hmot s cílem snížit spotřebu ropy. Ekonomiky jednotlivých států dotují stavby lihovarů na výrobu bioetanolu. S tím jde ruku v ruce zvyšování objemu vyprodukovaných výpalků. Které pocházejí jak z výroby konzumního lihu, tak z výroby lihu pro chemický průmysl.

Hlavním odpadním produktem výroby lihu jsou lihovarské výpalky. Problémem je vysoká produkce tohoto odpadu na množství vyrobeného lihu (etanolu). Uvádí se, že na každý 1 litr vyrobeného etanolu vzniká 15 – 20 litrů výpalků. Dalším problémem je vysoký obsah organické hmoty a hodnoty chemické spotřeby kyslíku, kyselého pH atd. Tyto kvalitativní parametry se mění v závislosti na použité surovině a použité technologii výroby etanolu.

Drtivá většina surovin pro výrobu lihu pochází ze zemědělské produkce. Při pěstování plodin k výrobě etanolu dochází k velkému odběru živin z půdy. To koreluje s rostoucí cenou anorganických hnojiv.

Nabízí se otázka jak s tak velkým objemem odpadu pocházejícího s lihovarů naložit. Je třeba se držet myšlenky udržitelného zemědělství a navracet živiny zpět do půdy. Ale nezapomenout ani na ekonomickou situaci lihovaru. Kdy metoda zpracování výpalků musí být efektivní z důvodu vysokého objemu výpalků a také ekonomicky co nejméně náročná.

Takovou možností může být metoda vermikompostování, která z lihovarských výpalků může vytvořit stabilní substrát a zároveň velmi kvalitní a hodnotné hnojivo. Výhodou je především nízká ekonomická náročnost tohoto procesu, ve kterém se žížaly o přeměnu suroviny postarají samy. Vzniklý vermikompost tak může řešit otázky zemědělců, jak kvalitně hnojit a jak zvyšovat objem půdní organické hmoty v době kdy je nedostatek statkových hnojiv.

## **2 Cíl práce**

Cílem práce je popsat problematiku nakládání s lihovarskými výpalky a ověřit jejich zpracování metodou vermikompostování.

### **2.1 Hypotézy**

1. Vermikompostování lihovarských výpalků je vhodná metoda jejich využití.
2. Budou nalezeny rozdíly v agrochemických vlastnostech vermikompostovaných vrstev různého stáří.
3. Nižší vrstvy budou hodnotnější a to jak z hlediska agrochemických vlastností tak i stupně zralosti.
4. Vyšší biomasa žížal bude nalezena v horních vrstvách.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Lihovarské výpalky

Hlavním odpadem z výroby etanolu jsou lihovarské výpalky a to kvůli jejich množství, tak obsahu anorganických a organických látek. Uvádí se, že na 1 litr vyrobeného etanolu vznikne až 20 l výpalků (Wilkie *et al.*, 2000).

#### 3.1.1 Výroba etanolu

Etanol se vyrábí fermentačním procesem a je založen na působení enzymů kvasinek rodu *Saccharomyces cerevisiae*. Tento proces probíhá anaerobně (bez přístupu vzduchu) na začátku procesu se, ale surovina provzdušňuje z důvodů rozmnožení mikroorganismů (kvasinek). V průběhu fermentačního procesu dochází k rozkladu sacharidů enzymy kvasinek (Siles *et al.*, 2011).

Kvasinky *Saccharomyces cerevisiae* patří k nejvýznamnějším a nejužívanějším mikroorganismům používaným k výrobě etanolu. Tyto kvasinky produkují v procesu kvašení (fermentace) etanol a CO<sub>2</sub>. Jejich předností je vysoká tolerance ke vzniklému etanolu a současně tvorba malého množství vedlejších metabolitů. Poté co kvasinky spotřebují přítomný kyslík nastává proces anaerobní fermentace, kdy se nejdříve štěpí přítomná glukóza na pyruvát, ten je následně dekarboxylován (glykolýza). Za vzniku acetaldehydu, který se během glykolýzy vytvoří. Vzniklý acetaldehyd je dále redukován na etanol (Hamrová, 1988).

##### 3.1.1.1 Výroba etanolu ze škrobnatých surovin

Při výrobě etanolu ze škrobnatých surovin je potřeba nejprve připravit záparu. Přípravu zápary rozdělujeme na dva základní způsoby – beztlakový způsob a tlakový neboli pařákový způsob. Nejpoužívanější je tlakový způsob, při kterém dojde k uvolnění a zmazování škrobu z hlíz nebo ze zrna. Tlakový způsob využívá teplot nad 120 °C a tlaku 0,2 – 0,5 MPa. Výhodou této metody je, že se zápara současně sterilizuje (Kučerová a kol., 2007).

Připravená zápara se uzavře ve kvasných tancích za přídavku zákvasu (čisté lihovarské kvasinky nebo kvasinky z předchozí výroby). Kvašení trvá 48 – 72 hodin a rozděluje se na tři fáze:

1. Rozkvašování – při kterém dochází k namnožení kvasinek, v tuto chvíli zápara obsahuje 4 – 5 % etanolu, je prokvašeno kolem 40 % cukrů. Doba trvání této fáze je 20 – 25 hodin.

2. Hlavní kvašení – je kvašení maltózové při kterém klesá obsah sacharidů a stoupá množství alkoholu a teplota.
3. Dokvašování – kvašení dextrinové.

Zralá zápara se destiluje za vzniku páry, která je tvořena směsí etanolu a vody (azeotropická směs). Prochází rektifikační částí, kde dochází ke koncentraci etanolových par. Poté je směs přepravena do deflegmátoru ve kterém dochází k frakční kondenzaci, následně do kondenzátoru a chladiče. Výstupem z chladiče je již zkapalněný etanol (Kučerová a kol., 2007).

### 3.1.1.2 Výroba etanolu z cukernatých surovin

Výroba z cukernatých surovin je jednodušší než výroba ze škrobnatých surovin, neboť kvasinky snadno rozkládají přítomnou sacharózu.

Výroba etanolu z cukernatých surovin zahrnuje několik fází. První fází je úprava vstupní suroviny – mytí, rozmělnění. Druhou fází je fermentace, která se provádí naočkováním kvasinkami *Saccharomyces cerevisiae* dodaných v množství odpovídající 10 % objemu kvašené suroviny. Tento proces je provozován za anaerobních podmínek při teplotě 25 – 32 °C po dobu 24 – 36 hodin, dojde tak k 95% účinnosti fermentace. V této fázi má etanol koncentraci mezi 6 – 8 % a zároveň dochází k usazování kalu, který obsahuje kvasinky. Po této fázi přichází destilace. V destilační fázi se hmota přehřeje na 90 °C pomocí výměníku tepla. Za použití kolony analyzátoru je fermentační substrát odeslán do 1. stupně destilace, kde se vytváří etanol o koncentraci 40 – 45 %. Následuje 2. stupeň destilace pomocí rektifikační kolony kde se vytvoří etanol o koncentraci až 96 %. Etanol s koncentrací 96 % se dále používá pro výrobu chemikálií a nápojů. Odpadním produktem destilační jednotky je produkt nazývaný výpalky (Syaichurrozi, 2016).

### 3.1.2 Suroviny pro výrobu etanolu

K výrobě etanolu lze použít zemědělské plodiny, jako jsou obilí, cukrovka, brambory a další. Stejně tak lze využít suroviny ze zpracování dřeva a potravinářských výrob. Důležitý je obsah přímo zkvasitelných cukrů nebo polysacharidů, které můžeme převést enzymatickou reakcí případně alkalickou nebo kyselou hydrolýzou na zkvasitelné cukry (Jitkang, 2008).

#### 3.1.2.1 Suroviny obsahující přímo zkvasitelný cukr

Nejužívanější suroviny obsahující přímo zkvasitelné cukry jsou cukrová řepa, cukrová třtina, ovoce. Z potravinářských výrob melasa (odpad z výroby cukru) a dextrover (matečný

lough po krystalizaci glukózy). Výhodou těchto surovin je, že cukry jsou převedeny na etanol přímo a odpadávají tak náklady na výrobu v podobě předchozích úprav (Jitkang, 2008).

#### 3.1.2.2 Suroviny obsahující škrob

Nejpoužívanější škrobnaté plodiny jsou obilí a brambory. Velká část světové produkce konzumního a průmyslového lihu je získávána právě ze zrna (Wilkie *et al.*, 2000).

Škrobnaté suroviny obsahují polysacharid škrob, který je nutné nejprve přeměnit na zkvasitelný cukr. Což vyžaduje složitější technologii a zvyšuje ekonomické náklady (Kučerová a kol., 2007).

#### 3.1.2.3 Suroviny obsahující celulózu

Suroviny s obsahem celulózy jsou odpady ze zpracování dřeva – buničina a papír a některé zemědělské zbytky. Celulózu z těchto surovin je třeba nejprve hydrolyzovat např. působením kyseliny siřičité za vzniku monosacharidu, který je již možné zkvašovat (Jitkang, 2008).

#### 3.1.2.4 Suroviny obsahující inulin i lignin

Inulin se vyskytuje například v čekance a v topinamburech. Lignin je polysacharid obsahující fruktózu. Snáze se štěpí na výsledný monosacharid než škrob (Jitkang, 2008).

### 3.1.3 Charakteristika lihovarských výpalků

Výpalky, také nazývané lihovarské odpadní vody jsou hlavním odpadním produktem výroby etanolu. Je to vodný vedlejší produkt destilace etanolu po kvašení sacharidů (Wilkie *et al.*, 2000).

Každý litr vyráběného etanolu může produkovat 15 až 20 litrů výpalků (Handel *et al.* 1994). Středně velká výroba etanolu s produkcí 1mil. litrů ročně produkuje výpalky s úrovní znečištění ekvivalentních odpadních vod z města o populaci 500 tis. obyvatel (Lele *et al.* 1989).

Výpalky mají tmavou barvu a kyselé pH. Koncentrace celkové CHSK (chemická spotřeba kyslíku) je velmi vysoká. Rozpětí pH 3,25 – 4,97 záleží však na surovině (Syaichurrozi *et al.*, 2013).

Budyino *et al.* (2014) uvádí, že obsah CHSK výpalků je více než 100 000 mg/l.

Kvalitativní parametry lihovarských výpalků závisí na použité surovině (Mall a Kumar, 1997) a použité výrobní technologii (Wilkie *et al.*, 2000).

Lihovarské výpalky jsou řídká tekutina s viditelnými jemnými až hrubšími částicemi. Barva je závislá na použité surovině, pach typický výpalkový po zpracované surovině. Jsou to nevydestilované zbytky prokvašených zápar nebo kvasů škrobnatých a cukernatých surovin po destilaci. Podle použitých surovin k výrobě jsou výpalky bramborové, melasové, obilní (ječné, kukuřičné, ovesné, pšeničné, rýžové, žitné), ovocné, ze zadních a odpadních škrobů a z odpadů cukrovinkářské výroby, dextroveru a výroby bramborových poživatin (Zeman a Tvrzník, 2007).

V průměru obsahují výpalky: 92 - 96 % vody (Kodeš, 1989).

Výpalky obsahují také mnoho druhů organických látek, kyselinu octovou, kyselinu mléčnou, glycerol, fenoly, polyfenoly a melanoidiny (viz tabulka č. 1) (Syaichurrozi, 2016).

Budyino *et al.* (2014) ve své studii uvádí, že organické látky jako jsou kyselina mléčná, kyselina octová a glycerol mohou být snadno degradovány například použitím anaerobního zpracování výpalků. Z tohoto důvodu vzniká bioplyn z výpalků velmi snadno. Problematický je obsah fenolových sloučenin, který je těžké odstranit metodou anaerobní fermentace. Fenolové sloučeniny mají fyto toxické vlastnosti a narušují mikrobiální růst ve fermentoru.

Kučerová (2007) uvádí, že lihovarnické výpalky můžeme rozdělit dle vstupních surovin na výpalky z pěstitelských pálenic (výpalky z cukernatých surovin) a výpalky z průmyslových liho varů (výpalky ze škrobnatých surovin).

Tab. 1: Charakteristika vybraných lihovarských výpalků (Syaichurrozi, 2016)

parametr	z melasy	z třtinové šťávy	z pšeničné slámy
<b>pH</b>	3,25 - 4,97	3,75	3,6
<b>CHSK<sub>celkový</sub> (mg/l)</b>	104 640 – 299 250	68 560	150 000
<b>CHSK<sub>rozpustný</sub> (mg/l)</b>	57 390	55 830	61 000
<b>BSK<sub>5</sub> (mg/l)</b>	36 400	29 700	neanalyzováno
<b>celkový organický uhlík (mg/l)</b>	30 750	20 160	neanalyzováno
<b>betaine (mg/l)</b>	22 530	neanalyzováno	neanalyzováno
<b>glycerol (mg/l)</b>	3 333	neanalyzováno	neanalyzováno
<b>bílkoviny (mg/l)</b>	6 894	neanalyzováno	7 700
<b>tuky (mg/l)</b>	6 894	neanalyzováno	990
<b>sacharidy (mg/l)</b>	9 117	neanalyzováno	84 500
<b>celkový dusík (mg/l)</b>	153 – 4 004	102,4	1 400
<b>amoniakální dusík (mg/l)</b>	187	neanalyzováno	160
<b>celkový fosfor (mg/l)</b>	1 – 102	71	neanalyzováno
<b>celkový draslík (mg/l)</b>	4 078 – 10 705	1 733	neanalyzováno
<b>celkový vápník (mg/l)</b>	143 – 2 039	408	neanalyzováno
<b>celkový hořčík (mg/l)</b>	61 – 1 529	102	neanalyzováno
<b>celkový fenol (mg/l)</b>	469	450	61
<b>lignin (mg/l)</b>	neanalyzováno	neanalyzováno	75 600
<b>xyloza (mg/l)</b>	neanalyzováno	neanalyzováno	6 900
<b>glukóza (mg/l)</b>	neanalyzováno	neanalyzováno	10 300

### 3.1.4 Druhy lihovarských výpalků

#### 3.1.4.1 Obilné výpalky

V naší republice se můžeme nejčastěji setkat s výpalky pšeničnými, žitnými kukuřičnými a výpalky z triticales (Ondračka, 2009).

Obilné výpalky obsahují proteiny, glutén (lepek), tuky, anorganické látky a vitamíny, celkem asi 20 složek o celkové sušině 7 – 10 %. Používají se především jako kvalitní krmivo pro dobytek (Číž, 2007).



### 3.1.4.1.1 Pšeničné výpalky

Pšenice je v našich podmínkách jednou z nejvíce pěstovaných obilovin. Bezpluché pšeničné obilky se velmi dobře zpracovávají. Výtěžky lihu u pšenice s objemovou hmotností 75 až 80 kg a škrobnatostí 67 % jsou asi 390 litrů na tunu sušiny (Zeman a Tvrzník, 2007).

Chotěborská a kol. (2004) uvádí složení lihovarských výpalků ze zpracování pšenice a triticales (viz. tabulka č. 2 a 3).

Tab. 2: Analýza sušiny výpalků (Chotěborská a kol., 2004)

<b>výpalky</b>	<b>škrob (% hm.)</b>	<b>N-látky (%hm.)</b>	<b>lipidy (% hm.)</b>	<b>vláknina (% hm.)</b>	<b>popel (% hm.)</b>	<b>BNLV (% hm.)</b>	<b>výluh pH</b>
<b>pšenice</b>	0,92	31,9	5,36	39,2	3,66	44,37	3,7
<b>triticale</b>	4,31	23,3	3,79	41,5	4,30	35,78	3,74

Vysvětlivky: BNLV (bezdušikáté látky výtěžkové)

Tab. 3: Analýza sušiny výpalků (Chotěborská a kol., 2004)

<b>výpalky</b>	<b>Ca (g/kg)</b>	<b>P (g/kg)</b>	<b>Na (g/kg)</b>	<b>Mg (g/kg)</b>	<b>Zn (g/kg)</b>	<b>Mn (g/kg)</b>	<b>K (g/kg)</b>
<b>pšenice</b>	1,56	8,23	0,61	3,21	0,05	0,11	11,2
<b>triticale</b>	1,70	8,10	0,30	3,40	0,12	0,14	12,6

Krnovský lihovar charakterizuje lihovarské výpalky ze směsi pšenice a triticales jako kapalnou suspenzi hnědé barvy. S obsahem živin rostlinných zbytků jmenovaných obilovin, zejména dusík a v menším podílu fosfor, draslík a další např. hořčík (viz tab. č. 4), hodnota pH je upravena přidávkem vápna (eagri.cz).

Tab. č. 4: Směs výpalků z pšenice a triticales (eagri.cz)

<b>vlastnost</b>	<b>jednotka</b>	<b>hodnota</b>
<b>sušina</b>	% hm.	5,0 – 10,0
<b>spalitelné látky v sušině</b>	% hm.	min. 70,0
<b>celkový dusík jako N v sušině</b>	% hm.	min. 3,5
<b>celkový fosfor jako P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v sušině</b>	% hm.	min 0,5
<b>celkový draslík jako K<sub>2</sub>O v sušině</b>	% hm.	min 0,5
<b>hodnota pH</b>	% hm.	6,0 až 8,0

### 3.1.4.1.2 Žitné výpalky

Nejpoužívanější obilovinou pro výrobu konzumního lihu se stalo žito. Při výrobě lihu je ceněno pro nízký obsah vlákniny (2 – 3 %). Šarže žita s objemovou hmotností 74 kg a obsahem škrobu kolem 58 % velice dobrý výtežek 370 litrů lihu na tunu sušiny. Žádoucí je nižší obsah sušiny, který kolísá od 9 do 12 %. Škrob žita se velice dobře zcukřuje, čemuž napomáhá aktivita vlastních amylolytických a proteolytických enzymů (Zeman a Tvrzník, 2007).

Obsah živin v žitných výpalcích uvádí tab. č. 5. Lihovarské výpalky jsou v tomto případě upraveny lisováním na hodnoty sušiny 35 – 40 %. Z důvodu ekonomických z cílem snížit logistické náklady (Michal, 2006)

Tab. č. 5: Lisované žitné výpalky (Michal, 2006)

<b>vlastnost</b>	<b>jednotka</b>	<b>hodnota</b>
<b>sušina</b>	g/kg	372
<b>škrob</b>	g/kg	44
<b>vápník</b>	g/kg	0,74
<b>fosfor</b>	g/kg	3,72
<b>sodík</b>	g/kg	0,75
<b>hořčík</b>	g/kg	1,36
<b>draslík</b>	g/kg	4,72

### 3.1.4.1.3 Výpalky z tritikále

Jedná se o křížence žita a pšenice, který si zachovává důležité lihovarské vlastnosti žita. Zvýšenou aktivitu amylolytických enzymů a proteolytických enzymů. Současné pěstované odrůdy triticales navíc vykazují vysoký obsah škrobu 64 – 68 % a to je více než u klasických odrůd žita (Šimůnek, 1996).

Laboratorní zcukřovací procesy také prokázaly lepší odbouratelnost tritikálového škrobu například v porovnání s pšenicí. Výtěžky z tritikále o objemové hmotnosti 72 kg a obsahu škrobu 65 % dosahují 390 litrů na tunu sušiny. Do budoucna se dá předpokládat, že tritikále bude konkurovat žitu a bude lihovarnicky žádáno (Zeman a Tvrzník, 2007).

Také Hrubý a kol. (1997) uvádí, že tritikále má největší možnost využití při výrobě lihu. Kvalitativní parametry Tritikále jsou uvedeny v tabulkách č. 2, č. 3, č. 4.

#### 3.1.4.1.4 Výpalky z kukuřice

Výroba lihu z kukuřice je typická především pro oblast Severní Ameriky a to Spojených států amerických a Kanady. A také pro oblast Jižní Ameriky a to Brazílii, Argentinu, Chile. V Brazílii však kukuřici v rámci výroby lihu silně konkuruje cukrová třtina.

Obsah škrobu se pohybuje v rozmezí 65 – 70 % a výtěžky lihu dosahují 400 litrů na tunu sušiny. Kukuřice obsahuje 5 % tuku v zrnu což v průběhu výroby lihu zajišťuje nízkou pěnovost při kvašení. Tento tuk také zvyšuje krmnou hodnotu výpalků. Tab. č. 6 uvádí hodnoty živin v kukuřičných výpalcích (Zeman a Tvrzník, 2007).

Tab. č. 6: Složení výpalků z kukuřice (Zeman a Tvrzník, 2007)

	<b>jednotka</b>	<b>kukuřice zrno</b>	<b>výpalky tuhá frakce</b>	<b>výpalky tekutá frakce</b>	<b>výpalky tuhá a tekutá frakce</b>
<b>dušikaté látky</b>	g/kg	100	295	298	296
<b>vláknina</b>	g/kg	22	128	42	90
<b>tuk</b>	g/kg	35	80	90	84
<b>vápník</b>	g/kg	0,2	1	3	1,5
<b>fosfor</b>	g/kg	2,6	7	14	7,8

#### 3.1.4.1.5 Výpalky z ječmene a ovsu

Tyto plodiny se na líh zpracovávají jen velmi zřídka. Obsahují 25 – 35 % pluch, které způsobují problémy v procesu výroby lihu. A to zejména ucpáváním potrubí destilačního aparátu. V neprospěch ječmene a ovsu také hovoří nízký obsah škrobu. Ten u těchto plodin dosahuje hodnot do 52 %.

#### 3.1.4.2 Melasové výpalky

Kvalita melasových výpalků velmi silně kolísá (viz tab. 7) Záleží na tom, zda byla ve fermentačním procesu použita jako surovina třtinová nebo cukrová melasa a dále záleží na výrobním zařízení různých výrobců a jimi používaných kvalitativních parametrů. Melasové výpalky vznikají jako vedlejší produkt po fermentaci melasy při výrobě např. alkoholu, kvasnic, kyseliny citronové a glutamanu sodného. V Evropě vznikají melasové výpalky skoro výhradně při výrobě alkoholu a kvasnic. Podle kvality jsou výpalky používány v různých oblastech, např. jako krmivo, prachový tmel, hnojivo (edfman.de).

Tab. č. 7: rozpětí parametrů melasových lihovarských výpalků (edfman.de).

<b>hrubá bílkovina</b>	12 až 33 %
<b>popel</b>	14 až 21 %
<b>sušina</b>	50 až 72 %
<b>draslík</b>	2 až 11%

Makama *et al.* (2005) zjistili, že melasové výpalky jsou výborným zdrojem fosforu, draslíku, dusíku, síry, vápníku, hořčíku a stopových prvků. Wynne *et al.* (2002) uvádí, že hnojení melasovými výpalky podporuje také obsah organické hmoty a mikrobiální aktivitu a má pozitivní vliv na agregaci půdních částic. Kučera a kol. (2015) publikovali obsah látek v melasových výpalcích při sušině 10 %; celkový N 1,08 %; P 0,25 g.kg<sup>-1</sup>, K 12,19 g.kg<sup>-1</sup>, Ca 1,89 g.kg<sup>-1</sup>, Mg 0,22 g.kg<sup>-1</sup>, S 0,16 g.kg<sup>-1</sup>.

Hodnota pH se pohybuje mezi 3,5 - 5,1. Damodara a Viraraghavan (1985) uvádí pH pro melasové výpalky mezi 3,5 – 3,7. Sanchez *et al.* (1985) uvádí hodnoty pH 4,6 – 5,1.

#### 3.1.4.3 Ovocné výpalky

Ovocné výpalky jsou charakteristické nižším pH oproti výpalkům z ostatních plodin. Robertiello (1982) uvádí hodnoty pH kolem 3,4 pro jablečné a hruškové výpalky.

Stadlbauer (1992) *et al.* uvádí hodnoty pH 2,7 – 2,9 pro třešňové výpalky a hodnoty pH 2,9 – 3,8 pro výpalky z malin.

Výpalky z ovoce jsou charakteristické nižší výživovou hodnotou což způsobuje nízký obsah bílkovin oproti ostatním druhům výpalků, jak dokládá tab. č. 8 a č 9 (Vondráček, 2017)).

Tab. 8: Složení ovocných a klasických lihovarských výpalků ve vlhkých výpalcích. Hodnoty jsou uváděny v procentech (Vondráček, 2017).

	<b>třešně</b>	<b>švestky</b>	<b>borůvky</b>
<b>voda</b>	81,1	93,4	92,1
<b>sušina</b>	18,9	6,6	7,9
<b>bílkovina</b>	1,6	0,4	0,7
<b>tuk</b>	0,9	0,2	0,3
<b>buničina</b>	7,0	0,6	1,5
<b>bezduškaté extrahovatelné látky</b>	8,4	4,8	4,8
<b>minerální látky</b>	1,0	0,6	0,6

Tab. 9: Složení ovocných a klasických lihovarských výpalků v sušině. Hodnoty jsou uváděny v procentech (Vondráček, 2017).

	<b>třešně</b>	<b>švestky</b>	<b>borůvky</b>
<b>bílkoviny</b>	8,5	6,1	8,9
<b>tuky</b>	4,8	3,0	3,8
<b>buničina</b>	37,0	9,1	19,0
<b>bezdušikaté extrahovatelné látky</b>	44,4	72,7	60,8
<b>minerální látky</b>	5,3	9,1	7,6

### 3.1.5 Legislativa

Nakládání s lihovarskými výpalky se musí řídit platnou legislativou České republiky a Evropské unie. Lihovarské výpalky hodnotíme jako biologicky rozložitelný odpad, pokud nejsou registrovány jako hnojiva a nepodléhají tak zákonu o hnojivech.

Podle jedné z řady definic je biologicky rozložitelným odpadem (BRO) jakýkoli odpad, který podléhá aerobnímu nebo anaerobnímu rozkladu (Sirotková, 2006).

Právní předpisy (Sirotková, 2006):

1. Zákon o životním prostředí č. 17/1992 Sb., ve znění pozdějších předpisů.
2. Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění.
3. Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb., kterou se vydává Katalog odpadů a další seznamy odpadů a států pro účely dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů), novelizovaná vyhláškou č. 503/2004 Sb.
4. Směrnice Rady 1999/31/ES z 26. dubna 1999 o skládkách odpadů.
5. Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a o změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
6. Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění.
7. Vyhláška ministerstva životního prostředí č. 376/2001 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, novela č. 502/2004 Sb.

8. Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky č. 197/2003 Sb.
9. Usnesení vlády České republiky č. 18/2005, o opatřeních k provedení nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky, a o spoluúčasti ministerstev na jejich plnění.
10. Usnesení vlády České republiky č. 1621/2005, o opatřeních k provedení nařízení vlády č. 197/2003 Sb., o Plánu odpadového hospodářství České republiky, a o spoluúčasti ministerstev na jejich plnění (II.) etapa.
11. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů.
12. Vyhláška č. 400/2004 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků, ve znění vyhlášky č. 477/2000 Sb.

### **3.1.6 Vliv výpalků na životní prostředí**

Lihovarské výpalky jsou surovina bohatá na organické látky, vyznačující se vysokým obsahem BSK (biochemická spotřeba kyslíku) a CHSK (chemická spotřeba kyslíku). Z tohoto důvodu nemůže být vypouštěna do vodních recipientů. Kde by oxidační bakterie začaly okamžitě rozkládat BSK a CHSK za spotřeby rozpuštěného kyslíku a způsobily by tak smrt vodní bioty (Sumardiono *et al.*, 2013).

Silně kyselé pH výpalků způsobuje remobilizaci těžkých kovů v půdě (Garcia *et al.*, 1997).

Výpalky mají i negativní vliv na životní prostředí a to zejména svou barvou, která je tmavá a brání tak pronikání slunečního záření do vodních toků a znemožňuje tak vodním rostlinám fotosyntetizovat (Fitzgibbon *et al.*, 1995).

Rozpustné soli ve výpalcích mohou způsobit salinitu půdy. Zhoršuje se struktura půdy a ta se může stát až neúrodnou (Syaichurrozi, 2016).

Vlyssides *et al.* (1997) uvádí, že vysoká koncentrace živin ve výpalcích jako je fosfor a dusík mohou způsobit eutrofizaci ve vodním prostředí.

Výpalky vystupují z destilační fáze v teplotách mezi 65 – 105 °C. Proto nesmí být vypouštěny přímo do vodních toků, kde by mohly zvýšit teplotu ve vodním recipientu a narušit tak aktivitu a reprodukci ryb (Jimenez *et al.*, 2005).

### 3.1.7 Způsoby nakládání s lihovarskými výpalky

#### 3.1.7.1 Použití výpalků jako krmiva pro hospodářská zvířata

Výpalky jsou velmi vodnaté krmivo obsahující jen asi 4 - 6 % sušiny. Zůstává v nich zachována značná část organických živin z původní suroviny až na bezdusíkaté látky výtažkové, které byly zkvašeny. Dusíkaté látky mají vysokou biologickou hodnotu, protože v nich zůstává část kvasinek. Jsou chudé na vápník. Stravitelnost organických živin je průměrná. Největší hodnotu mají obilní výpalky, nižší bramborové, podřadné jsou řepné. Snadno se kazí, a proto se mají zkrmovat čerstvé a teplé. Protože jsou chutné, lze jimi polévat krmiva ve žlabech nebo podávat jako nápoj. Působí příznivě na produkci mléka i hmotnostní přírůstek skotu. Zkrmují se především skotu ve výkrmu a dojnicím. Nejsou vhodné pro plemence, mladý chovný skot, jehňata a prasata (Zeman a Tvrzník, 2007).

Použití výpalků ve výživě hospodářských zvířat je omezené a možnosti využití záleží především na vzdálenosti od lihovaru, protože se musejí denně dovážet čerstvé (Kováč, 1989). K jejich výživné hodnotě přispívá také vysoký obsah vitamínů, zejména skupiny B, enzymů a růstových látek (Pelikán a kol., 1996).

U čerstvých lihovarských výpalků kolísá vláknina od 0,8 – 1,2 %, u výpalků sušených od 10 – 16 %. Výpalky jsou vesměs chudé na vápník, neboť se touto vlastností vyznačuje i surovina (brambory, obilí, melasa). Výpalky bramborové a melasové jsou bohaté na draslík. Lihovarské výpalky mají vynikající zchutňovací vlastnosti, a proto se hodí při zkrmování balastních krmiv (sláma, plevy apod.). Současně s nimi musíme zajistit v krmné dávce dostatek minerálních krmných přísad. Sušené lihovarské výpalky jsou typickým jadrným krmivem s vysokým obsahem dusíkatých látek, z nichž značnou část tvoří amidy. Ke krmení se pro vysoký obsah draselných solí téměř nehodí samotné výpalky melasové, které se proto uplatňují jen ve směsi s bramborovými (Anonym, 1971).

Dle v současnosti používaných výrobních technologií můžeme výpalky rozdělit do několika skupin (Zeman a Tvrzník, 2007):

1. WDG (wet distillery grain) výpalky klasické, k výrobě bylo použito klasických kvasinek. Pokud jsou výpalky konzervovány silážováním, označují se jako EWDG (ensiled wet distillery grain).
2. DDG (dry distillery grain) výpalky nového typu, které byly vyrobeny za použití enzymů.
3. DDGS (dry distillery grain with solubles) sušené lihovarské výpalky.

Nejvyšší zájem ze strany chovatelů je o výpalky DDGS a to nejen kvůli jejich stabilitě oproti klasickým vlhkým výpalkům (WDG), které se rychle kazí, ale především kvůli jejich nutričnímu složení.

Zeman a Tvrzník (2007) uvádí, že kukuřičné výpalky DDGS mají stejnou sušinu a obsah energie jako kukuřičné zrno a že většina živin v DDGS je 2,5 až 3 krát koncentrovanější než v zrně. Lepší představu o složení DDGS uvádí tab. č. 10.

Tab. č. 10: Složení výpalků DDGS

<b>živina</b>	<b>jednotka</b>	<b>DDGS</b>
<b>sušina</b>	g/kg	892
<b>dusíkaté látky</b>	g/kg	316
<b>tuk</b>	g/kg	115
<b>vláknina</b>	g/kg	62
<b>popel</b>	g/kg	78
<b>BNLV</b>	g/kg	428

Legenda: BNLV (bez dusíkaté látky výtažkové)

### 3.1.7.2 Použití výpalků jako hnojiva

Pro přímou aplikaci lihovarských výpalků na zemědělskou půdu musí být splněny základní legislativní předpisy. A to zákon č. 156/1998 Sb. o hnojivech a na něj navazující vyhlášky. Dále zákon č. 254/2001 o vodách a nařízení vlády č. 103/2003 Sb. nitrátová směrnice (Klír, 2006).

Přímá aplikace lihovarských výpalků nebývá příliš častá. Je to zapříčiněno některými nevhodnými fyzikálně – chemickými vlastnostmi lihovarských výpalků a to zejména jejich nízké pH. Kromě toho v závislosti na použití surovin a technologii zpracování vykazují lihovarské výpalky větší či menší fytotoxicitu např. v závislosti na koncentraci deoxinivalenolu nebo i dalších toxických látek (Váňa a Ust'ak, 2008)

Kučera a kol. (2015) poukazují ve svém výzkumu na možná negativa přímé aplikace lihovarských výpalků. Zejména na riziko zvýšené salinity, velké množství odbouratelných cukrů, variabilní obsah živin výpalků a zvýšené riziko kontaminace při nesprávné aplikaci. Přesto ve svém výzkumu prokazují při aplikaci melasových výpalků stejnou účinnost jako při aplikaci NPK hnojiva v granulované formě. A porovnávání tvorby nadzemní biomasy a kvality zrna u ječmene.

Přímá aplikace výpalků do půdy může být tedy možností jak kompenzovat ztráty na organické hmotě a podpořit tak obsah půdních živin. Dlouholeté pokusy s přímou aplikací



tohoto hnojiva v Austrálii a Brazílii prokázaly zvýšení výnosů cukrové třtiny o 5 – 30 % (Kučera a kol., 2015).

Lihovarské výpalky se jako hnojivo nejčastěji používají k základnímu podzimnímu hnojení nebo k regeneračnímu hnojení na jaře. Hnojení se provádí rozstříkáním na strniště s následným zaoráním či rozstříkáním na pole po sklizni okopanin, cibule, zeleniny a kukuřice s následným zapracováním do půdy. Dávkování se pohybuje v rozmezí 15 až 30 tun na hektar. Dávkování je určováno nejenom druhem plodiny, ale i obsahem draslíku, dusíku, fosforu a také typem půdy. Proto se pro přesné určení dávky v konkrétních podmínkách vyžaduje posouzení kvality půdy ve vztahu k pěstované plodině (eagri.cz).

### 3.1.7.3 Zpracování výpalků metodou anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace též anaerobní digesce označuje kontrolovanou mikrobiální přeměnu organických látek bez přístupu vzduchu za vzniku bioplynu a digestátu. Produktem fermentace/digesce je digestát, který splňuje kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů (Slejška a Váňa, 2002).

Anaerobní zpracování lihovarských výpalků je považováno za jejich účinné a hospodárné využití (Scheehan a Greenfield, 1980).

Kromě toho anaerobní fermentace může využít více jak 50 % CHSK na bioplyn, který může být přeměněn na energii a významně tak šetřit energii podniku. Další výhodou jsou nižší požadavky na obsah živin pro průběh anaerobního procesu oproti procesu aerobnímu a tvorba pouze 10 % kalu na výstupu (Stafford, 1992).

U studií s využitím mezofilních teplot fermentačního procesu byla průměrná výše zpracování CHSK přes 70 %. S výtěžkem metanu okolo hodnoty 0,25 l/g CHSK. Což ukazuje, že anaerobní fermentace je vhodnou metodou pro zpracování výpalků. Protože výpalky vytékají z procesu destilace s teplotou 90 °C, je nutné jejich chlazení až do mezofilní teploty (<42 °C) předtím než vstoupí do anaerobního procesu (Wilkie, 2000).

U pokusů s porovnáním mezofilních a termofilních teplot. Byly u termofilních pokusů zjištěny nižší hodnoty zpracování CHSK a také nižší výtěžky metanu. Pro využívání termofilních teplot tedy hovoří jedině nižší náklady na technologii zchlazování výpalků po destilaci, a to pouze na teplotu pod 60 °C (Wilkie, 2000).

### 3.1.7.4 Zpracování aerobními metodami

Zpracování výpalků aerobními metodami se provádí přidáním/naočkováním vhodných druhů aerobních mikroorganismů.

Cibis *et al.* (2002) ve svém výzkumu přidává k bramborovým výpalkům aerobní bakterie rodu *Pseudomonas putida*. Hodnoty bramborových výpalků se pohybovaly v rozmezí 49 000 – 104 000 mg/l. Teplota zpracování aerobními mikroorganismy byla 50 °C – 60 °C. Došlo k odstranění až 77 % CHSK.

Pant a Adholey (2007) sledovaly parametry vinařských výpalků po naočkování bakteriemi rodu *Pseudomonas fluorescens* a *Bacillus cereus*. Tyto bakterie snížili hodnoty CHSK během 4 dnů až o 80 %. Jejich efektivita závisela na teplotě a pH výpalků.

Další mikroorganismy, které jsou schopné efektivně zpracovávat lihovarské odpadní vody, jsou řasy a sinice. Využívá se rod *Chlorella vulgaris*, *Lemna minuskula*, *Oscillatoria boryana*. Při použití těchto mikroorganismů docházelo k účinnosti čištění zbarvené odpadní vody v rozmezí 52 – 60 %. Čistí vodu oxidací organického materiálu a to tak, že uvolňují peroxid vodíku, hydroxylové ionty a molekulární kyslík. (Pant a Adholey, 2007).

Vyžití některých rodů hub začalo být zkoumáno teprve v posledních letech. Zkoušeny byly nejčastěji rody *Phanerochate chrysosporium* a *Trametes versicolor*. Účinky na odbarvení lihovarských odpadních vod byly pozorovány u obou podobné a to kolem 80 %. Houby uvolňují v průběhu čištění extracelulární enzymy peroxidasy, které působí jako oxidanty organického znečištění. Zajímavým přínosem je i zisk houbovitě biomasy bohaté na bílkoviny, která může být využita jako krmivo pro hospodářská zvířata (Pant a Adholey, 2007).

### 3.1.7.5 Zpracování výpalků metodou kompostování

Další alternativou pro zpracování lihovarských výpalků může být jejich kompostování (aerobní fermentace). Zejména kvůli snížení negativních dopadů při přímé aplikaci jako je snížení pH a počáteční imobilizace dusíku (Bustamante *et al.*, 2007).

Kompostováním dojde k biologickému vyčištění, ve kterém aerobní termofilní a mezofilní bakterie použijí organický materiál jako substrát. Výsledkem je stabilizovaný substrát bez patogenů a rostlinných semen bohatý na huminové látky (Chefetz *et al.*, 1996).

Hlavními aspekty posouzení kvality kompostu je jeho stabilita a zralost. Tyto vlastnosti silně závisí na kvalitativních parametrech vstupní suroviny a použitém systému kompostování (He *et al.*, 1995)

K posouzení stability a zralosti kompostu existuje velké množství parametrů. Jako jsou kationtová výměnná kapacita a její podíl na celkový organický uhlík, poměr C/N, ve vodě rozpustný uhlík a jeho poměr k organickému dusíku, obsah ATP a aktivita enzymů. Kompostováním výpalků dochází ke zvýšení pH na hodnoty 7,0 – 8,3, ke zvýšení kationtové

výměnné kapacity, snížení organického zatížení a snížení poměru C/N viz tabulka. č. 11 (Bustamante *et al.*, 2009).

Tab. č. : 11 Kvalitativní parametry výpalků a výpalků po kompostování (Bustamante *et al.*, 2009).

parametr	surové výpalky	výpalky po kompostování
<b>pH</b>	4,84	7,14
<b>OM (%)</b>	91,9	79,2
<b>C/N</b>	33,4	17,7
<b>N org. (g N/kg)</b>	14,5	23,7
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	219	58
<b>WSC (%)</b>	5,12	2,62
<b>POL (mg/kg)</b>	11 863	742
<b>CEC (meq/100g OM)</b>	93	190

Legenda: OM – organická hmota, WSC – ve vodě rozpustný uhlík, POL – ve vodě rozpustné polyfenoly, CEC: kationtová výměnná kapacita.

### 3.1.7.6 Zpracování výpalků metodou vermikompostování

Vermikompostování je druh kompostovacího procesu používající žížaly probíhající za aerobních podmínek (Reinecke *et al.*, 1992).

Žížaly mají schopnost konzumovat širokou škálu organických materiálů jako čistírenské kaly, živočišné odpady, rostlinné zbytky (Hartenstein a Bisesi, 1989).

V některých případech nemůžeme provést přímou aplikaci lihovarských výpalků na zemědělskou půdu. Z důvodů obsahu některých komponent (dusík, fosfor, kovy alkoholy atd.), které by mohli vést k emisím skleníkových plynů, vliv na růst rostlin a půdní bioty, nebo dokonce ke kontaminaci okolních ekosystémů. Aby se zabránilo možnému riziku škodlivých komponent a biologické transformaci organických látek, je vhodné výpalky stabilizovat. Například metodou vermikompostování nebo kompostováním a následným vermikompostováním (Molina *et al.*, 2013).

Jednou z nejvíce používaných žížal je rod *Eisenia fetida*. Snáší široký rozsah teplot a je schopna se přizpůsobit různým vlivům prostředí pH, vlhkost atd. (Singh a Suthar, 2012).

Domingues a Edwards (1997) uvádí, že žížaly dávají přednost substrátu bohatému na obsah dusíku. Přidáváním výpalků zvyšujeme obsah dusíku, ale také snižujeme poměr C:N ve směsi. Což usnadňuje žížalám krmení a vede ke zvýšené rychlosti rozkladu organické hmoty.

Pramanik a Chunk (2011) ve svém pokusu vermikompostování lihovarských výpalků prokázali, že výpalky jsou touto metodou úspěšně recyklovány a přeměněny na substrát bohatý na živiny. Stejně tak došlo ke zvýšení mikrobiální biomasy. Přítomnost žížal v substrátu pravděpodobně vedla ke zvýšení obsahu celulolytických hub a aktivity celulázy což vedlo ke snadnějšímu rozkladu obtížně rozložitelných substrátů jako je celulóza.

Pozn. Vermikompostování bylo součástí praktické části pokusu této diplomové práce. Proto o něm bude podrobněji napsáno v části 3.2 Vermikompostování.

#### 3.1.7.7 Likvidace – odstraňování výpalků

V České republice je nejčastějším způsobem likvidace výpalků jejich vypouštění do kanalizace což způsobuje problémy na čistírnách odpadních vod. Odvoz výpalků do nádrží v areálu čistíren odpadních vod a jejich využití na výrobu bioplynu. Odvoz výpalků na skládku. Ve všech případech se vždy jedná o technologicky a ekonomicky nákladné operace s minimálním přínosem pro lihovar. A ve všech případech likvidace je vždy nutné dodržet legislativní podmínky České republiky.

## 3.2 Vermikompostování

Vermikompostování je nízkonákladové, ekologicky efektivní metoda zpracování organického materiálu, která zvyšuje stabilizaci a humifikaci prostřednictvím netermofilního procesu. V průběhu vermikompostování žížaly udržují aerobní podmínky, zkrmuji organický materiál a vylučují částečně stabilizovaný produkt. Kombinace metod kompostování a vermikompostování produkuje vysoce kvalitní huminový materiál, který může být fyzicky, nutričně a biochemicky lepší než kompost (Ndegwa a Thompson, 2001).

Při vermikompostování žížaly prostupují materiálem a tím ho mechanicky míchají, provzdušňují a rozmělnují, snižují obsah C:N. To všechno zlepšuje podmínky pro mikrobiální aktivitu a díky tomu dochází k lepšímu rozkladu organické hmoty (Orozco *et al.*, 1996).

Senapati (1999) formuluje vermikompostovací proces jako děj vzájemného působení mikroorganismů a žížal za procesu zrychlené oxidace a stabilizace organické hmoty.

### 3.2.1 Vermikompost

Atiyeh *et al.* (2000) uvádí, že vermikompost je bohatý na celou řadu živin zejména pak dusík, fosfor, draslík vápník a hořčík.

Obsahuje také důležité organické frakce, jako jsou alkany, mastné kyseliny, steroly, polysacharidy a enzymy. Nezanedbatelný je také vysoký obsah huminových kyselin v sušině (Hanč a Plíva, 2010).

Adhikari (2012) uvádí, že vermikompost obsahuje také širokou řadu růstových hormonů a enzymů. Růstové hormony auxiny, cytokiny a gibbereliny a z enzymů amylázu, celulózu a chitinázu. Vermikompost se také odlišuje od ostatních organických hnojiv vysokým obsahem humusu. Huminové kyseliny obsažené ve vermikompostu vytvářejí vazebná místa pro navázání živin a to zejména fosforu, draslíku, vápníku železa a síry. Vermikompost aplikovaný na půdu může dokonce zlepšovat využití aplikovaných chemických hnojiv.

Sinha *et al.* (2010) považuje vermikompost za jedno z nejlepších organických hnojiv na světě, který se může vytvořit z široké škály organických materiálů. Také uvádí, že výroba vermikompostu může být až o 75 % levnější než výroba chemických hnojiv.

Další z pozitivních vlastností vermikompostu je schopnost uchovávat důležité živiny po delší dobu a postupně je uvolňovat rostlinám (Singh *et al.*, 2011).

Nancarrow a Taylor (1998) ve svých studiích dochází k závěrům, že obsahy živin ve vermikompostu nelze zobecňovat. A že na výsledném obsahu živin se vždy projeví, jaký substrát byl vermikompostován.

Vermikompost má široké uplatnění jak v zemědělství, tak v zahradnictví. Stimuluje u rostlin růst, tvorbu plodů, rozvoj kořenové soustavy, klíčení semen a kvetení (Adhikari, 2012).

### 3.2.2 Žížaly

Na celém světě existuje přes 3200 druhů žížal patřící do čeledi *Lumbricidae*. Ty se přizpůsobily různým životním podmínkám na planetě (Mahajan a Gupta, 2009)

Pro účely vermikompostování se využívají epigeické druhy. Tyto žížaly žijí ve svrchních vrstvách půdy a živí se organickou hmotou a humusem z povrchu půdy (Mc Lean a Parkinson, 1998).

Z epigeických žížal našly při vermikompostovacím procesu největší uplatnění žížala hnojní (*Eisenia fetida*), evropská dešťovka (*Dendrobaena veneta*), kalifornský vyšlechtěný druh (*Eisenia andrei*), žížala načervenalá (*Lumbricus rubellus*), africká dešťovka (*Eudrillus eugenie*) a takzvaný modrý červ (*Perionyx excavatus*) (Zajonc, 1992).

### 3.2.3 Faktory ovlivňující vermikompostování

#### 3.2.3.1 Krmení

Krmení hraje důležitou roli nejen v růstu a rozmnožování žížal během vermikompostování, ale také v rychlosti výroby samotného vermikompostu. Rychlost krmení je ovlivněna různými faktory, jako je vlhkost, velikost částic a obsah organických látek přidávaného substrátu (Neuhauser *et al.*, 1979).

Při vermikompostovacím procesu jsou žížalami konzumovány anaerobní mikroorganismy spolu s organickou hmotou. Velké nebo časté přídavky krmného substrátu snižují aktivitu žížal a zvyšuje anaerobní aktivitu mikroorganismů (Hartenstein a Bisesi, 1989).

Pokud jsou v krmném substrátu obsaženy toxické látky např. kovy, může dojít ke snížení rychlosti vermikompostovacího procesu, případně až k úhynu žížal. Vždy však záleží na tom, v jaké formě se toxická látka vyskytuje (Gupta *et al.*, 2005).

#### 3.2.3.2 pH

Pro řádné fungování žížal je vhodné neutrální pH, ale příznivý rozsah je pozorován i v rozmezí pH 4,5 – 9. Většinou se rozhoduje podle citlivosti použitého druhu žížal a fyzikálně chemických parametrech zpracovávaného materiálu (Edwards a Lofty, 1977).

Yada a Garg (2011) a také Garg *et al.* (2006) ve svých pokusech prokázali schopnost žížal dostat pH v průběhu vermikompostovacího procesu na neutrální hodnoty. A to z kyselých nebo zásaditých vstupních materiálů.

#### 3.2.3.3 Teplota

Optimální teplotní rozmezí pro fungování žížal může být 25 – 37 °C, které podporuje činnost, růst, metabolismus, dýchání, rozmnožování a také vyhovuje mikroorganismům fungujícím se žížalami (Usman *et al.*, 2015).

Pro přežití žížal jsou dokumentovány různé teplotní rozsahy a to od 0 – 40 °C (Nagavallem *et al.*, 2004).

Různé druhy žížal prokázali odlišnou toleranci vůči teplotě. Například *Eisenia fetida* roste optimálně při teplotách kolem 25 °C s tolerancí 0 – 35 °C. *Dendrobaena veneta* ukázala optimální růst při nižší teplotě a menší tolerance vůči extrémním teplotám. *Eudrilus eugeniae* a *Perionyx excavatus* také ukázaly optimální růst při teplotě kolem 25 °C, nicméně jejich teplotní tolerance byla mezi 9 – 35 °C (Edwards, 1988).

Vermikompostování ve srovnání s procesem kompostování, je značně ovlivněno vlivem extrémních teplotních podmínek, to znamená nízké nebo vysoké teplotě. Například vysoké teploty v procesu vermikompostování jsou odpovědné za ztrátu dusíku jeho odpařováním jako  $\text{NH}_3$ . Při nižších teplotách nedochází ke zničení patogeních mikroorganismů (Ndegwa a Thomson, 2001).

#### 3.2.3.4 Vlhkost

Rychlost růstu žížal souvisí s vlhkostí substrátu. Jako optimální rozsah vlhkosti pro vermikompostování je považována hodnota 50 – 80 % (Neuhauser *et al.*, 1979).

Noehr *et al.* (1979) pozorovali účinnost vermikompostovacího procesu až do hodnot 90 %.

Kaplan *et al.* (1980) uvádějí optimální vlhkost 70 – 80 %. Jako vlhkost pro dosažení maximální biomasy žížal.

#### 3.2.3.5 Hustota žížal

Hustota žížal je ovlivněna několika faktory. Počáteční kvalitou podkladu a množstvím podkladu, teplotou, vlhkostí, půdní strukturou a texturou (Edwards *et al.*, 1996).

Reprodukce žížal je na vysoké úrovni ve fázích s nižší hustotou žížal. Zatímco se snižuje, pokud se hustota blíží nosnosti podkladu. Bylo zjištěno, že hustota osazení červy v množství  $1,60 \text{ kg/m}^2$  je optimální pro vermikompostování (Usman *et al.*, 2015).

#### 3.2.3.6 Poměr C:N

Poměr C:N hraje roli při syntéze buněk, růstu a metabolismu žížal. Pro správnou výživu by měli být přítomny substráty se správným poměrem uhlíku a dusíku (např. odleželá tráva C:N 20:1). C:N je jedním z nejdůležitějších ukazatelů stabilizace organických odpadů, který je široce používán pro hodnocení kvality kompostu. Pro optimální začátek procesu vermikompostování je nejlepší poměr C:N 25:1 (Ndegwa *et al.*, 2000.).

## 4 Metodika

### 4.1 Popis experimentu

V provozních podmínkách Pěstitelské pálenice Češov (okres Jičín, kraj Královohradecký, GPS: 50.3391044N, 15.3603228E) byl založen pokus s vermikompostováním lihovarských výpalků s přídavkem slámy. K vermikompostování byly využity žížaly rodu *Eisenia andrei*.

Vermikompostovací plocha byla založena na začátku dubna 2014 na ploše 6 x 8 m stojící na rovném travnatém povrchu. Podestýlka s biologickým materiálem byla umístěna jako první a byly do ní naočkovány žížaly v množství asi 50 ks na litr. V období května 2014 byla položena první vrstva slámy (pozn. jednotlivé vrstvy se počítají nad podestýlkou) o šířce cca 50 cm a prolita lihovarskými výpalky. V půlročních intervalech byly přidány další tři vrstvy (viz tab. č. 12). Díky vlivu srážek, aplikace výpalků a přeměny organické hmoty docházelo k sesedání vrstev na šířku cca 30 cm u každé z nich. Celkem byly vytvořeny čtyři vrstvy.

V průběhu pokusu byly žížaly každých čtrnáct dní krmeny lihovarskými výpalky. Složení aplikovaných výpalků odpovídalo právě pálenému ovoci v pálenici. To se odvíjelo od vegetačního období a právě dozrávajících ovoce. Pálenice zpracovávala nejvíce jablka, hrušky, švestky, třešně a v menší míře i drobné ovoce. Výpalky z výroby byly skladovány ve sběrné jámce – aplikována byla tedy směs. Aplikované výpalky dosahovaly průměrných hodnot pH 4,08 a 650  $\mu\text{S cm}^{-1}$  měrné vodivosti.

Tab. č. 12: Rozložení pokusu

vrstva	šířka vrstvy	stáří vrstvy
<b>I.</b>	0 – 30 cm	18 – 24 měsíců
<b>II.</b>	31 – 60 cm	12 – 18 měsíců
<b>III.</b>	61 – 90 cm	6 – 12 měsíců
<b>IV.</b>	91 – 120 cm	0 – 6 měsíců

Odebrání vzorků proběhlo 4. 5. 2016. Rýčem byly udělány stěny v každé ze 4 vrstev a z každé vrstvy byly odebrány vzorky ve 4 opakováních. Žížaly ze vzorků byly odděleny, spočítány, váženy a lyofilizovány. Vzorek bez žížal se dále upravil dle potřeb laboratorní analýzy. Jedna část vzorku vermikompostovaného materiálu byla uložena v chladničce při teplotě 4 °C, do doby než mohla být určena hodnota pH a elektrická vodivost. Druhá část vzorku vermikompostovaného materiálu byla sušena při teplotě 30 °C do konstantní hmotnosti zeminy a sloužila pro analýzu celkového a dostupného obsahu prvků a iontovýměnné kapacity. Třetí část



vzorku se zmrazila a lyofilizovala a byla použita pro stanovení skupin mikroorganismů ve vermikompostovaném materiálu.

## **4.2 Agrochemické a biologické rozbory**

### **4.2.1 Stanovení pH a elektrické vodivosti**

Rozemletý suchý vzorek vermikompostovaného materiálu (10,0 g) byl navážen do třepacích baněk a zalit deionizovanou vodou (50,0 ml). Tato směs se nechala po dobu 10 min. třepat na třepacím přístroji a vzniklá suspenze byla zfiltrována. Roztok po filtraci byl dále měřen.

Měření pH a měrné vodivosti byly provedeny za použití pH metru WTW 340 I a přístroje pro elektrickou vodivost Testo 240, v uvedeném pořadí podle mezinárodní normy EN 130337.

### **4.2.2 Stanovení celkového uhlíku a dusíku**

Pro stanovení celkového uhlíku a celkového dusíku byl použit analyzátor CHNS Vario MACRO kostka (Elementar Analysensysteme, GmbH, Německo). V tomto přístroji bylo spáleno 25 mg vzorku v katalytické peci a následně přes tepelně vodivostní detektor změřen celkový obsah uhlíku a celkový obsah dusíku.

### **4.2.3 Stanovení C:N**

Poměr C:N byl stanoven z výsledků měření celkového uhlíku a celkového dusíku.

### **4.2.4 Celkový obsah prvků (P, K, Mg)**

Stanovení probíhá na principu hydrolyzy půdních vzorků v uzavřených nádobách. Používá se zařízení s kontrolovaným mikrovlnným ohřevem a následně se spektroskopicky stanovuje obsah prvků.

Bylo naváženo 0,5 g suchého rozemletého vzorku vermikompostovaného materiálu do teflonových nádob. Do každého vzorku bylo pipetováno 8 ml HNO<sub>3</sub> (65%), dále 3 ml HCl (37%) a na konec 2 ml HF (40%). Vzorky byly umístěny do stojanu a podrobeny mikrovlnnému rozkladu, přístrojem Ethos 1 (MLS GmbH, Německo). Následovalo převedení obsahu kádinek pomocí malého množství deionizované vody do teflonových kádinek, kde se nechal obsah odpařit při 160 °C. Po odpaření se přidalo 5 ml lučavky královské (HCl:HNO<sub>3</sub> v poměru 3:1). Po 30 minutách se pomocí deionizované vody převedl celý obsah do zkumavek. Obsah zkumavek se doplnil deionizovanou vodou na objem 25 ml. Takto připravený vzorek se měřil

na optickém emisním spektrometru s indukčně vázaným plazmatem ICP – OES (Varian Vista pro, Varian, Austrálie).

#### **4.2.5 Obsah rozpustného uhlíku, amonného a nitrátového dusíku**

Pro obsah amoniakálního dusíku ( $N - NH_4^+$ ), dusičnanového dusíku ( $N - NO_3^-$ ), obsah organického uhlíku (DOC) byly vytvořeny extrakty pomocí roztoku CAT.

Výluh CAT se připravil smícháním 14,7 g  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  a 7,88 g DTPA (kyselina diethylentriaminpentaoctová ) a rozpuštěním v 800 ml horké deionizované vody po dobu 2 hodin za stálého míchání a konstantní teploty 75 °C. Po vychladnutí vzorku na teplotu 20 °C se doplní na objem 1000 ml deionizovanou vodou. Takto vzniklý koncentrát se smíchá v poměru 1 : 10 s deionizovanou vodou. Výsledkem je koncentrace 0,01 mol l<sup>-1</sup>  $CaCl_2$  a 0,002 mol l<sup>-1</sup> DTPA.

Do plastových baněk bylo naváženo 5 g vermikompostovaného materiálu a přidáno 50 ml roztoku CAT. Baňky se nechaly po dobu 1 hodiny třepat na třepacím zařízení. Po uplynutí jedné hodiny byly nádoby vyjmuty a zfiltrány.

Obsahy dusíku v amonné a nitrátové formě a také obsah organického uhlíku byly měřeny v kontinuálním průtokovém analyzátoru Skalar SANPLUS Systém (Skalar, Holandsko). Analyzátor Skalar pracuje na principu kolorimetrie. Měření jsou změny intenzity zbarvení závislé na koncentraci měřené látky. Zabarvení bylo měřeno při vlnové délce 660 nm u amonného dusíku a 540 nm u nitrátového dusíku.

#### **4.2.6 Obsah dostupných prvků (P, K, Mg)**

K měření obsahu dostupných prvků bylo naváženo 5,0 g vzorku vermikompostovaného materiálu a přidáno 50 ml roztoku CAT (postup viz kapitola 4.2.5). Výluh byl měřen na přístroji ICP – OES (Varian Vista Pro, Varian, Austrálie).

Iontovýmienná kapacita byla stanovena konduktometricky v souladu s postupem uvedeným dle Váchalové *et al.* (2004).

#### **4.2.7 Stanovení počtu mikroorganismů**

Počty mikroorganismů byly stanoveny pomocí měření množství fosfolipidových mastných kyselin (metoda PLFA). Fosfolipidové mastné kyseliny byly extrahovány směsí chloroformu, methanolu a fosfátového pufru v poměru 1 : 2 : 0,8. Extrakty byly analyzovány na plynovém chromatografu spojeném s hmotnostní spektrometrií (GC – MS, 450 - GC, 240 –

MS Varian, Walnut Creek, CA, USA). Bylo stanoveno hmotnostní spektrum methylesterů mastných kyselin a dle chemických norem od společnosti Sigma vyhodnoceno. Bakterie byly stanoveny na základě 17:0, 16:1 ω 9, 15:0 a 16:1 ω 7. Gram pozitivní na základě i14:0, i15:0, a15:0, i16:0, i17:0, a a17:0. Gramnegativní na základě 16:1ω7, 18:1ω7, cy17:0, cy19:0, 16:1ω5. 10Me-17:0, 10Me-18:0, 10Me-16:0 byly použity pro Actinobakterie. 18:2ω6,9 pro plísně a pro celkovou biomasu mikroorganismů byly použit součet všech 16:0 and 18:1ω9.

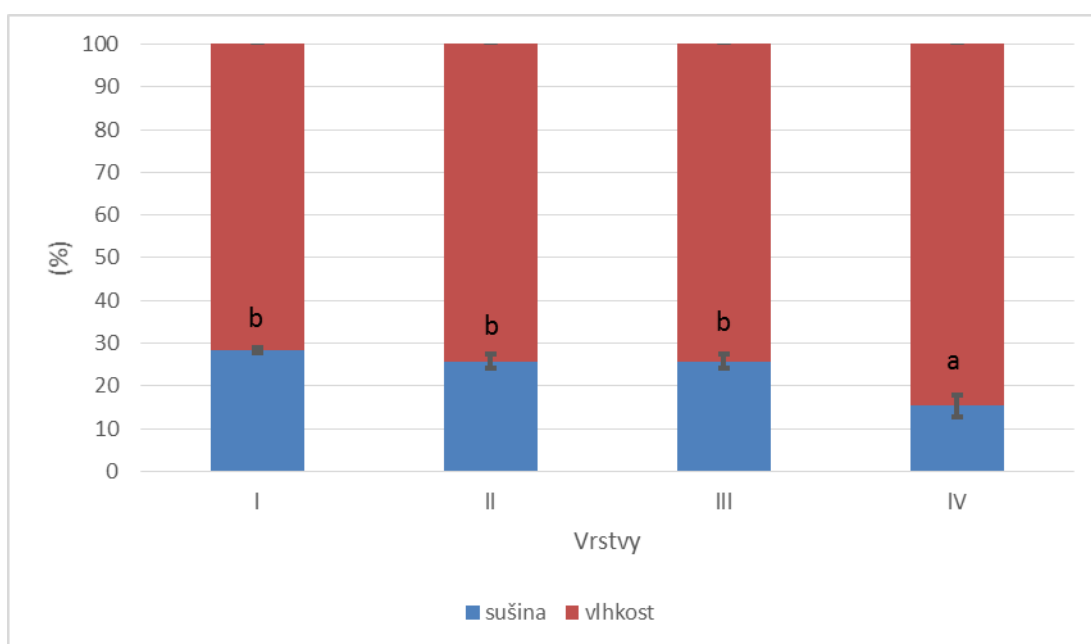
### **4.3 Metody vyhodnocení výsledků**

Pro výpočet průměrů a směrodatných odchylek byl použit program MS Excel 2013 (Microsoft, USA). Statistika byla vypracována metodou – jednosměrná ANOVA za použití Tukeyova testu s hladinou spolehlivosti 95 %, pomocí softwaru Statsoft (Tulsa, USA).

## 5 Výsledky

### 5.1 Obsah sušiny

Nejmenší obsah sušiny a tím pádem i největší obsah vlhkosti byl nalezen ve vrstvě č. IV. (15,3 % sušiny). Z grafu č. 1 je patrné zmenšování objemu sušiny a zvyšování objemu vlhkosti směrem od vrstvy č. I. (28,3 % sušiny) do vrstvy č. IV. (15,3 % sušiny) Vrstvy č. I. až č. III. (28,3 %, 25,8 %, 25,8 % sušiny) nevykazují statisticky významný rozdíl, vrstva č. IV (15,3 % sušiny) se od ostatních statisticky odlišuje.



Graf č. 1: obsah sušiny, směrodatné odchylky sušiny a statistickou podobnost jednotlivých vrstev sušiny, procentuální množství vlhkosti.

### 5.2 Elektrická vodivost a pH

Elektrická vodivost vzorků se pohybovala v rozmezí  $683 \mu\text{S cm}^{-1}$  u vrstvy č. II až po hodnoty  $1162 \mu\text{S cm}^{-1}$  u vrstvy č. IV. viz tabulka č. 13. Nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi vrstvami I. až IV.

Nejvyšší hodnota pH byla zjištěna u vrstvy č. I (pH 7,92) viz tabulka č. 14. S každou další vrstvou hodnota pH klesala – nejnižší hodnota byla naměřena u vrstvy č. IV. (pH 7,4). U vrstev II. a III. nebyl sledován statisticky významný rozdíl.

Tab. č. 13: Hodnoty pH a elektrické vodivosti pro jednotlivé vrstvy.

vrstvy	pH	elektrická vodivost ( $\mu\text{S}$ )
<b>I.</b>	$7,92^c \pm 0,091$	$760^a \pm 23$
<b>II.</b>	$7,64^b \pm 0,100$	$683^a \pm 51$
<b>III.</b>	$7,72^b \pm 0,044$	$976^a \pm 39$
<b>IV.</b>	$7,41^a \pm 0,068$	$1162^a \pm 644$

### 5.3 Obsah celkového dusíku, uhlíku a poměr uhlíku: dusíku

Nejvyšší obsah celkového uhlíku byl naměřen ve vrstvě č. IV. Jeho obsah se postupně snižoval až do vrstvy č. I viz.tab. č. 14. Mezi vrstvami č. I až č. IV nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly

Obsah celkového dusíku se zvyšoval od vrstvy č. IV až do vrstvy č. II, kde dosáhl nejvyšší hodnoty 2,73 %. Vrstva č. I vykazovala slabý pokles obsahu dusíku oproti vrstvě č. II, přesto však její hodnota patřila ke druhé nejvyšší (2,62 %). Mezi jednotlivými vrstvami nebyl v obsahu dusíku naměřen statisticky významný rozdíl.

Poměr C:N byl největší ve vrstvě č. IV (poměr C:N byl 15,30) a vykazoval klesající tendenci až do vrstvy č. I (poměr C:N byl 10,85). Statisticky nebyl zaznamenán rozdíl mezi vrstvou I., II., III. a vrstvou III. a IV. Dále je z výsledků jasně patrné, že statisticky významný rozdíl v poměru C:N byl mezi vrstvou IV a vrstvami I a II.

Tab. č. 14: Uhlík celkový, dusík celkový, poměr uhlíku : dusíku. (Odlišné indexy znázorňují statisticky průkazné rozdíly.)

vrstvy	C celkový [%]	N celkový [%]	C:N
<b>I.</b>	$28,45^a \pm 2,42$	$2,62^a \pm 0,17$	$10,85^a \pm 0,24$
<b>II.</b>	$31,94^a \pm 3,08$	$2,73^a \pm 0,25$	$11,72^a \pm 0,55$
<b>III.</b>	$29,93^a \pm 1,35$	$2,37^a \pm 0,09$	$12,64^{ab} \pm 0,76$
<b>IV.</b>	$34,01^a \pm 5,45$	$2,25^a \pm 0,35$	$15,30^b \pm 2,80$

## 5.4 Obsah amonného dusíku, nitrátového dusíku a rozpustného uhlíku

Nejnižší obsahy amonného dusíku byly nalezeny ve vrstvě č. II (21,27 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg N/kg). Nárůst amonného dusíku byl zaznamenán až do vrstvy č. IV. Statisticky se od ostatních vrstev odlišovala vrstva č. IV (162,05 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg N/kg). Vrstva č. I (22,30 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg N/kg) nevykazovala statisticky významný rozdíl vůči vrstvě č. II a také vrstvě č. III (83,66 N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg N/kg).

Obsah slámy v analyzovaném vzorku ovlivnil zjištění množství NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Tyto hodnoty byly na hranici detekce. Přesto je patrný nejvyšší obsah ve vrstvě č. I. Vrstva č. I se také statisticky odlišovala od ostatních.

Hodnoty poměru amonného dusíku s dusíkem nitrátovým vykazovaly snižování hodnot a to směrem od vrstvy č. IV do vrstvy č. I. Mezi vrstvami nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly.

Hodnoty DOC (rozpustný uhlík) se směrem od vrstvy č. IV (8 799 DOC mg C/kg) snižovaly až do vrstvy č. I (5 228 DOC mg C/kg). Statisticky se od ostatních vrstev lišily vrstvy č. III. (6 564 DOC mg C/kg) a také vrstva č. IV (8 799 DOC mg C/kg). Vrstvy č. I (5 228 DOC mg C/kg) a č. II (5 347 DOC mg C/kg) nevykazovaly statisticky významný rozdíl.

Tab. č. 15: dusík amonný, dusík nitrátový, poměr amonného dusíku s nitrátovým dusíkem, rozpustný uhlík. (Odlišné indexy znázorňují statisticky průkazné rozdíly.)

vrstvy	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg N/kg	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg N/kg	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	DOC mg C/kg
I.	22,30 <sup>ab</sup> ± 1,92	5,94 <sup>b</sup> ± 5,80	3,75 <sup>a</sup> ± 35	5 228 <sup>a</sup> ± 320
II.	21,27 <sup>a</sup> ± 4,23	0,05 <sup>a</sup> ± 0,04	425,4 <sup>a</sup> ± 4116	5 347 <sup>a</sup> ± 183
III.	83,66 <sup>b</sup> ± 21,62	0,06 <sup>a</sup> ± 0,06	1394,33 <sup>a</sup> ± 562 874	6 564 <sup>b</sup> ± 379
IV.	162,05 <sup>c</sup> ± 54,45	0,45 <sup>a</sup> ± 0,58	360,11 <sup>a</sup> ± 101 894	8 799 <sup>c</sup> ± 983

Vysvětlivky: DOC rozpustný uhlík.

## 5.5 Iontovými kapacita

Mineralizace a humifikace se může projevit na změně iontovými vlastností (IEC). Hodnota IEC měla narůstající tendenci směrem od vrstvy č. IV. 55,00 (mmol<sup>+</sup>/100 g) až po vrstvu č. II. 71,25 (mmol<sup>+</sup>/100 g) ve vrstvě č. I došlo k poklesu hodnoty IEC na 57,25 (mmol<sup>+</sup>/100 g). Vrstva č. II s hodnotou 71,25 (mmol<sup>+</sup>/100 g) se jako jediná statisticky odlišovala od ostatních vrstev. Vrstvy č. I., III., IV. mezi sebou neměli statisticky významný rozdíl.

Poměr IEC a celkový uhlík (IEC/C) se pohyboval v rozmezí od hodnot 1,64 – 2,23. Tato hodnota měla opět vzrůstající tendenci a to směrem od vrstvy č. IV (1,64 IEC/C) po vrstvu č. II (2,23 IEC/C). U vrstvy č. I. pak došlo ke snížení na hodnotu 2,02 IEC/C. Vrstvy č. I, II., III. neměli statisticky významný rozdíl. Statisticky průkazně se jako jediná od ostatních vrstev odlišovala vrstva č. IV 1,64 IEC/C.

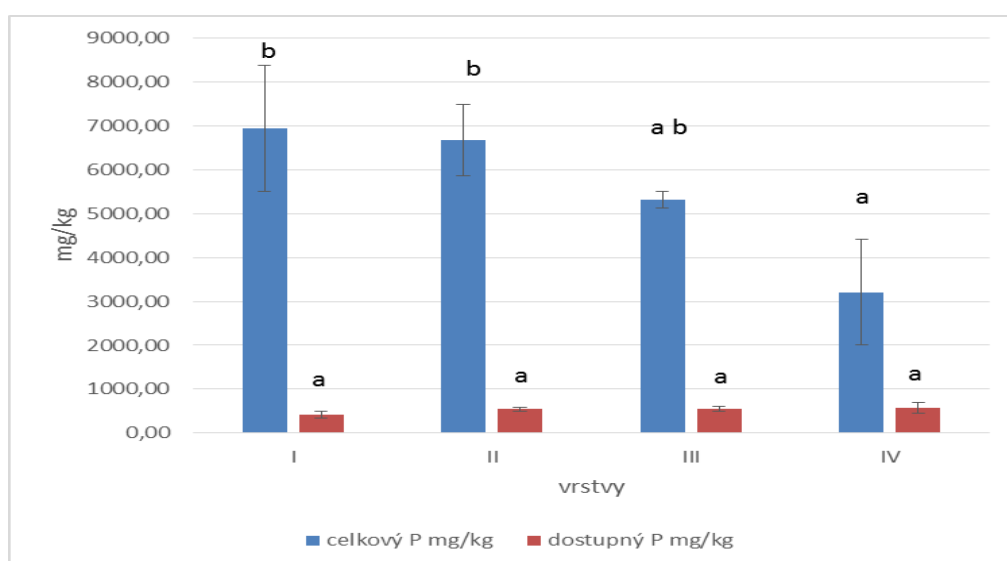
Tab. č. 17: IEC (iontovýměná kapacita), poměr iontovýměné kapacity s obsahem celkového uhlíku. (Odlišné indexy znázorňují statisticky průkazné rozdíly.)

vrstvy	IEC (mmol <sup>+</sup> /100 g)	IEC/C celkový
I.	57,25 <sup>a</sup> ± 3,20	2,02 <sup>b</sup> ± 0,24
II.	71,25 <sup>b</sup> ± 7,37	2,23 <sup>b</sup> ± 0,55
III.	60,25 <sup>a</sup> ± 2,87	2,01 <sup>b</sup> ± 0,76
IV.	55,00 <sup>a</sup> ± 3,27	1,64 <sup>a</sup> ± 2,80

## 5.6 Obsah celkového a dostupného fosforu

Z hodnot grafu č. 2 můžeme vyčíst vzrůstající obsah celkového fosforu u vrstvy č. I (6942 mg/kg) dosahuje nejvyšších hodnot. Statisticky významný rozdíl byl zaznamenán pouze u vrstvy č. IV (3212 mg/kg) v porovnání s vrstvami č. I. (6942 mg/kg) a č. II. (6682 mg /kg) Vrstvy č. I., II., III. (6942, 6682, 5322 mg/kg) mezi sebou neměly statisticky významný rozdíl. Rovněž nebyl zaznamenán statisticky významný rozdíl mezi vrstvami č. III. (5322 mg/kg) a č. IV. (3212 mg/kg).

Obsahy dostupného fosforu nevykazovaly statisticky významné rozdíly při porovnávání všech čtyřech vrstev.

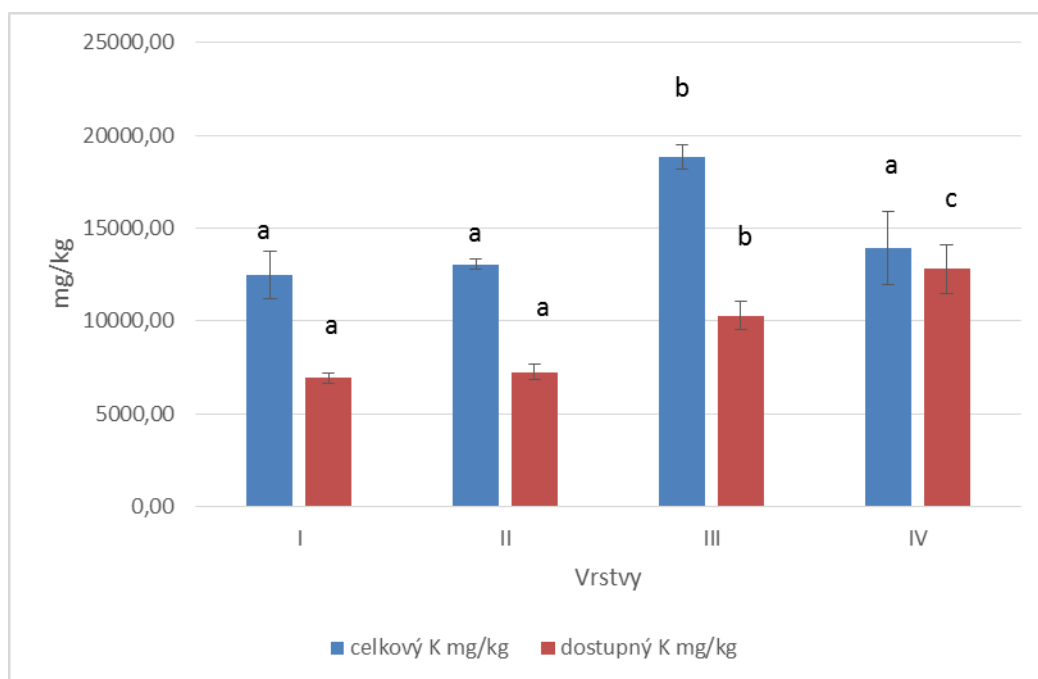


Graf č. 2: Celkový a dostupný fosfor.

## 5.7 Obsah celkového a dostupného draslíku

Nejvyšší obsah celkového draslíku byl naměřen u vrstvy č. III (18854 mg/kg). Tato vrstva se statisticky významně lišila od ostatních tří vrstev. Vrstvy č. I, II., IV. (12484, 13052, 13960 mg/kg) nevykazovaly v obsahu draslíku statisticky významné rozdíly. Z grafu je patrné, že od vrstvy č. III (18854 mg/kg) docházelo k postupnému poklesu obsahu celkového draslíku (viz graf č. 3 a tabulka č. 19).

Obsah dostupného draslíku měl sestupnou tendenci a to směrem od vrstvy č. IV (12797 mg/kg) k vrstvě č. I. (6938 mg/kg). Mezi vrstvami č. I (6938 mg/kg) a č. II. (7242 mg/kg) nebyl naměřen statisticky významný rozdíl v obsahu draslíku. Mezi vrstvami č. III (10297 mg/kg) a č. IV (12797 mg/kg) byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Vrstvy č. I (6938 mg/kg) a č. II (7242 mg/kg) byly statisticky významně rozdílné od vrstev č. III (10297 mg/kg) a č. IV. (12797 mg/kg). Jak dokládá graf č. 3.



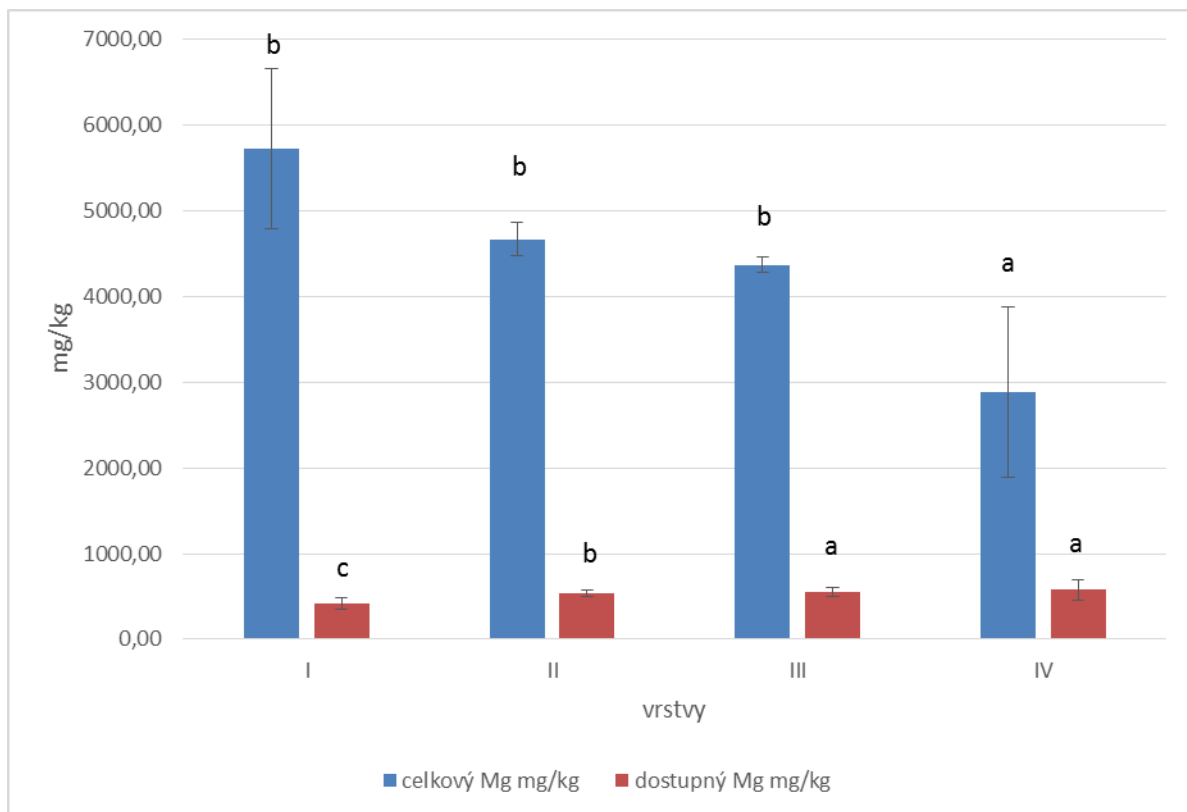
Graf č. 3: Celkový a dostupný draslík.

## 5.8 Obsah celkového a dostupného hořčíku

Obsah celkového hořčíku se postupně zvyšoval směrem od vrstvy č. IV (2884 mg/kg) k vrstvě č. I. (5724 mg/kg). U vrstev č. I, II., III. (5724, 4669, 4371 mg/kg) nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly v obsahu hořčíku. Statisticky se od těchto vrstev lišila pouze vrstva č. IV. (2884 mg/kg). Jak dokládá graf č. 4 a tabulka č. 20.



Obsah dostupného hořčíku vykazoval sestupnou tendenci od vrstvy č. IV (327 mg/kg) do vrstvy č. I (598 mg/kg). Statisticky významný rozdíl byl zjištěn u vrstvy č. I. (598 mg/kg) a také u vrstvy č. II (514 mg/kg). Vrstvy č. III (284 mg/kg) a č. IV (327 mg/kg) nevykazovaly statisticky významný rozdíl v obsahu dostupného hořčíku. Jak dokládá graf č. 4 a tabulka č. 20.



Graf č. 4: Obsah celkového a dostupného hořčíku.

## 5.9 Počet žížal a biomasa žížal

Nejvyšší hodnota parametru počet žížal v 1 kg vermikompostu byla naměřena ve vrstvě č. IV 5,9 v 1 kg, obdobných hodnot počtu žížal dosáhla také vrstva č. III s výsledkem 5,8 v 1 kg. Statisticky neprůkazný rozdíl byl naměřen mezi vrstvami č. III a č. IV 5,8 vs. 5,9 v 1 kg. U vrstvy č. I a také u vrstvy č. II byl naměřen statisticky významný rozdíl. Jak uvádí tabulka č. 21.

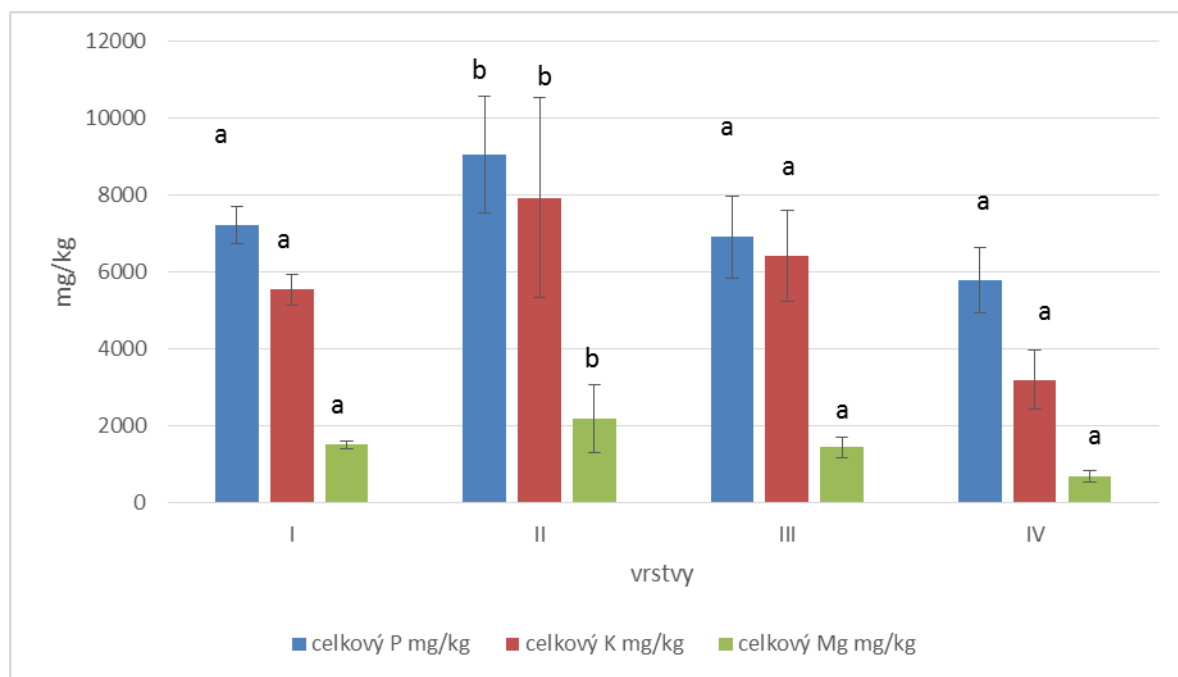
U biomasy žížal v 1 kg vermikompostu můžeme sledovat obdobný vývoj. Statisticky nevýznamný rozdíl mezi vrstvou č. I 0,4 g/kg a č. II, 0,5 g/kg a statisticky nevýznamný rozdíl mezi vrstvou č. III 2,6 g/kg a č. IV, 2,5 g/kg. Statisticky průkazně se liší vrstvy I a II od vrstev III a IV. Jak uvádí tabulka č. 18.

Tab. č. 18 : Počet žížal v 1 kg vermikompostu, biomasa žížal v 1 kg vermikompostu.

vrstvy	počet žížal v 1 kg	biomasa žížal v g/kg
I.	1,4 <sup>c</sup> ± 0,6	0,4 <sup>a</sup> ± 0,2
II.	1,6 <sup>b</sup> ± 1,7	0,5 <sup>a</sup> ± 0,7
III.	5,8 <sup>a</sup> ± 2,2	2,6 <sup>b</sup> ± 1,0
IV.	5,9 <sup>a</sup> ± 1,9	2,5 <sup>b</sup> ± 0,8

### 5.10 Celkový obsah prvků v tělech žížal

Obsahy prvků v tělech žížal měly u všech třech sledovaných prvků (draslík, fosfor, hořčík) vzestupnou tendenci a to ve směru od vrstvy č. IV po vrstvu č. III. U vrstvy č. I byl naměřen pokles přibližně na hodnoty vrstvy č. III. Statistické vyhodnocení vycházelo stejně u všech třech sledovaných prvků – statisticky nevýznamné rozdíly u vrstev č. I, č. III, č. IV. Pouze vrstva č. II se od ostatních statisticky lišila.



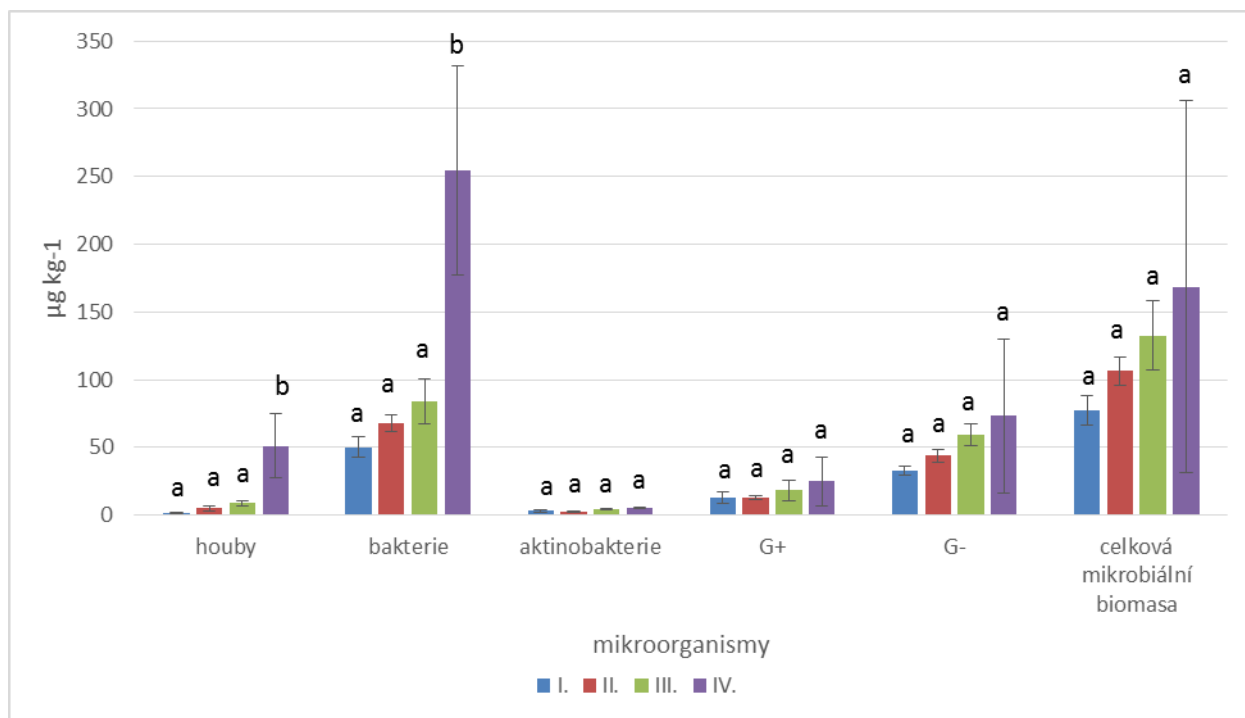
Graf č. 5: Obsah prvků v tělech žížal (fosfor, draslík, hořčík).

### 5.11 Obsah mikroorganismů

Z grafu č. 6 je patrný pokles množství mikroorganismů a to u všech námi sledovaných skupin od vrstvy č. IV (nejvyšší hodnoty) po vrstvu č. I (nejnižší hodnoty). Pokles v množství mikroorganismů v parametrech aktinobakterie, gram pozitivní, gram negativní a celkové biomasy nebyl změřen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými vrstvami.

U bakterií se statisticky lišila hodnota vrstvy č. IV (254,34  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) od ostatních vrstev. Vrstvy č. I, II., III (50,32, 67,83, 83,81  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) mezi sebou nevykazovaly statisticky významný rozdíl.

V obsahu hub dosáhla nejvyšší hodnoty vrstva č. IV (51,09  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ). U vrstev č I, II, III (1,54, 4,99, 8,85  $\mu\text{g kg}^{-1}$ ) nebyl naměřen statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými vrstvami.



Graf č. 6: Obsah mikroorganismů.

## 6 Diskuse

### 6.1 Agrochemické parametry

Obsah sušiny se se stářím vrstev postupně zvyšoval. V nejstarší vrstvě č. I byla naměřena hodnota 28,3 %, zatímco ve vrstvě nejmladší č. IV. 15,3 %. To můžeme přisuzovat charakteru a struktuře daného materiálu (sláma, lihovarské výpalky). Vyšší schopnosti sorbovat dešťové srážky u povrchové vrstvy (č. IV) a to z důvodu vysokého obsahu ještě nerozložených organických materiálů.

Hodnoty pH se ve vermikompostované hromadě pohybovaly v rozmezí 7,45 – 7,92. Nejvyšší hodnota byla naměřena u nejstarší vrstvy č. I (pH 7,92) zároveň byl pozorován nárůst hodnoty pH a to ve směru od nejmladší vrstvy k nejstarší. To může být zapříčiněno tím, že přítomné mikroorganismy a žížaly degradovali organické kyseliny a částečně je i zkonsumovali. Zároveň tyto hodnoty svědčí i o tom, že žížaly jsou schopny z původně kyselého prostředí (vlivem lihovarských výpalků) postupnou přeměnou organické hmoty zvýšit pH daného substrátu do neutrálních hodnot. To koresponduje s výsledky Singh et al. (2005), kteří v laboratorních pokusech vermikompostovali smíšené rostlinné zbytky z počátečním pH 4,3 – 6,9. Ve variantách s použitím žížal zaznamenali nárůst až na hodnoty pH 8,3, zatímco kontrolní varianty bez žížal vykazovaly mírně kyselé pH 6,8 – 6,9.

Elektrická vodivost dosáhla nejvyšších hodnot ve svrchní vrstvě (č. IV 1,162 mS.cm<sup>-1</sup>) a ve vrstvě nejstarší (č. I 0,76 mS.cm<sup>-1</sup>). To je v rozporu s údaji uváděnými v literatuře. Tognetti et al. (2005) uvádí, že žížaly během trávení mění jednotlivé formy živin a uvolňují tím minerální látky ve formě kationtů. Hodnota elektrické vodivosti by tedy měla být nejvyšší u nejstarší vrstvy, v našem případě je tomu však naopak. Vysvětlením pro nás může být salinita výpalků, která je pro výpalky z ovocných pálenic typická. Kdy v nejmladší vrstvě (č. IV) jsou výpalky ještě nedostatečně přetransformované. Lazcano et al. (2008) uvádí limitní hodnotu elektrické vodivosti 3,0 mS.cm<sup>-1</sup> pro bezpečné agronomické použití vermikompostu. Toto splňovaly všechny námi sledované vrstvy.

Obsah celkového uhlíku vykazoval nejvyšší hodnoty v nejmladší vrstvě (č. IV 34,01 %) a vykazoval postupné snižování až na nejnižší hodnotu ve vrstvě nejstarší (č. I 28,45 %). To je zapříčiněno postupnými ztrátami těkavých pevných látek ve formě CO<sub>2</sub>.

Množství celkového dusíku se se stářím vrstev postupně zvyšoval. Naměřené hodnoty však nevykazovali statisticky významný rozdíl. Nejmladší vrstva a nejmenší naměřená hodnota celkového dusíku č. IV 2,25 %, nejvyšší hodnota u nejstarší vrstvy č. I 2,62 %. Nárůst celkového

dusíku může být dle Talashilkariho *et al.* (1999) zapříčiněn postupným přidáváním dusíku žížalami ve formě slizu, který obsahuje dusíkaté látky.

Poměr uhlíku : dusíku (C:N) byl vypočten z hodnot celkového uhlíku a celkového dusíku. Naměřené hodnoty se pohybovaly v rozpětí 15,3:1 u vrstvy č. IV až na hodnoty 10,85:1 u vrstvy č. I. Ndegwa a Thompson (2000) uvádějí, že nejlepší poměr vermikompostovaného substrátu je 25:1. To v našem případě nedosáhla ani jedna z vrstev. Hodnoty nejstarší vrstvy (č. I 10,85:1 C:N) vykazují známku toho, že vermikompostovací proces je téměř dokončen.

Celkové obsahy prvků pro fosfor a hořčík vykazovaly postupné zvyšování obsahu se stářím vermikompostu. To je v souladu s pozorováním Wani *et al.* (2013), který tvrdí, že obsahy celkového fosforu, draslíku a hořčíku vzrůstají v průběhu vermikompostovacího procesu. To je spojováno s rozkladem organické hmoty. Tomuto tvrzení v námi měřeném pokusu odporuje vývoj celkového obsahu draslíku, který nejvyšších hodnot dosáhl ve vrstvě č. III (stáří vrstvy 12 – 18 měsíců) a nejnižších hodnot u nejstarší vrstvy č. I (stáří vrstvy 18 – 24 měs.).

Dostupné formy fosforu, draslíku a hořčíku vykazovaly klesající tendenci se stářím vrstev. Nejnižší hodnoty u všech těchto prvků byly v nejstarší vrstvě (č. I). Úbytek dostupného fosforu byl bez statisticky významných rozdílů. Úbytky dostupného draslíku a hořčíku vykazovaly statisticky významné rozdíly. To je v rozporu s tvrzením Garg *et al.* (2012), který tvrdí že v průběhu přeměny organického materiálu pomocí žížal dochází k přeměně na chemické formy, které jsou rostlinám lépe přístupné. Také Buchanam *et al.* (1988) ve svém pokusu vermikompostování kuchyňského odpadu prokázal zvyšování dostupných forem prvků v průběhu procesu. V našem případě může být pokles zapříčiněn vlastnostmi námi vermikompostovaného materiálu.

Stabilita vermikompostů a kompostů může být vyjádřena pomocí parametrů dusíku v amonné formě, v nitrátové formě (respektive poměrem amonného dusíku k nitrátovému dusíku) a obsahem organického uhlíku. A také iontovýměnou kapacitou a poměrem iontovýměné kapacity k obsahu celkového uhlíku (Bernal a kol., 2009).

Během procesu vermikompostování dochází k mineralizaci organických látek a tím pádem i ke změnám poměru v množství různých forem dusíku. Především ke zvyšování obsahu dusičnanové formy a ke snižování obsahu formy amonné (Gupta a Garg, 2009). Typickým znakem nezralých kompostů a vermikompostů jsou vyšší hodnoty amonného dusíku. To potvrzují i naše měření, ve kterých docházelo ke snižování obsahu amonné formy dusíku od nejmladší po nejstarší vrstvu a také nárůst obsahu nitrátového dusíku směrem k nejstarší vrstvě.

Hodnoty organického uhlíku logicky vlivem mineralizace v průběhu vermikompostování klesají (nejnižší hodnota naměřena v nejstarší vrstvě č. I). Wu *et al.* (2000) říká, že hodnota organického uhlíku je jednoduchou metodou pro stanovení zralosti kompostu. Hue a Liu (1995) navrhuji prahovou hodnotu pro určení vyžralosti vermikompostu na 1 % organického uhlíku v 1 kg vermikompostu, jako znak zralosti vermikompostu. V našem případě tomuto parametru vyhovují všechny čtyři vrstvy.

Iontovými kapacita vykazovala nejvyšší hodnoty ve vrstvě č. II ( $71,25 \text{ mmol}^+ 100\text{g}^{-1}$ ) a statisticky se významně lišila od ostatních vrstev. Vrstvy č. I, II, III vykazovaly statisticky nevýznamný rozdíl rozpětí jejich hodnot činilo  $55,00 - 57,25 \text{ mmol}^+ 100\text{g}^{-1}$ . A významně se blíží hodnotám navrženými Haradou a Ionoko (1980), kteří uvádí hodnoty pro zralý vermikompost  $60 \text{ mmol}^+ 100\text{g}^{-1}$ .

## 6.2 Žížaly

Nejvyšší počet žížal a nejvyšší biomasa žížal byly nalezeny ve vrstvách č. III a č. IV. A nejnižší ve vrstvách č. I a č. II. (č. I 18 – 24 měs., č. II 12 – 18 měs.). To odpovídá tomu, že žížaly v nejstarších vrstvách již zkonsumovaly dostupnou organickou potravu a přesouvaly se výše ve vermikompostovaném profilu. Hodnota biomasy pak logicky koresponduje s množstvím žížal v profilu.

Obsahy prvků v tělech žížal (P, K, Mg) vykazují nárůst hodnot ve směru od vrstvy č. IV do vrstvy č. II. Kdy se vrstva č. II statisticky významně odlišuje od vrstev č. I, III, IV a to pro všechny tři stanovované prvky (P, K, Mg).

## 6.3 Mikroorganismy

V průběhu vermikompostování docházelo ke snižování počtu mikroorganismů a to u všech sledovaných skupin a tím pádem i u hodnot celkové mikrobiální biomasy. To je v souladu s pokusy Gómez – Brandon *et al.* (2013), kteří pozorovali snižování množství hub (plísni) při vermikompostování králíčího hnoje. Také Castilo *et al.* (2013) pozoroval při vermikompostování matoliny pokles bakteriální a houbové biomasy. Tiunov a Scheu (2004) zaznamenali při vermikompostování pokles celkové mikrobiální biomasy. To může být zapříčiněno snižováním obsahu rozpustného uhlíku se stářím a vyžralostí vermikompostu a tedy nedostatek dostupného uhlíku v substrátu nutného pro mikroorganismy.

## 7 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, zda je vermikompostování lihovarských výpalků vhodnou metodou jejich využití. Zda budou nalezeny rozdíly v agrochemických parametrech jednotlivých vrstev různého stáří. Ověřit zda nižší vrstvy budou hodnotnější a to jak z hlediska agrochemických vlastností tak stupně zralosti. A také ověřit zda biomasa žížal se bude skutečně nacházet v horních vrstvách vermikompostu.

Ze zjištěných hodnot je patrné, že základní agrochemické ukazatele hovoří ve prospěch vermikompostování výpalků.

V nejstarší vrstvě (č. I) se prokázaly alkalické hodnoty pH (7,92) přičemž vstupní pH výpalků činilo 4,08 pH.

Snížení obsahu rozpustného uhlíku na hodnoty (5228 mg/kg) v nejstarší vrstvě (č. I.) přičemž nejmladší vrstva č. IV vykazovala hodnoty 8 799 mg/kg, také došlo ke snížení amonné formy dusíku na hodnotu 22,30 mg/kg (vrstva č. I) z původní hodnoty 162,05 mg/kg (vrstva č. IV), zvýšení hodnoty nitrátového dusíku na hodnoty 5,94 mg/kg (vrstva č. I) z původní hodnoty 0,45 mg/kg (vrstva č. IV). V nejstarší vrstvě (č. I) se také nachází nejvyšší obsah celkových prvků a to fosforu a hořčíku. Došlo pouze ke snížení obsahu celkového draslíku.

Analýzy prokázaly, že nižší vrstvy jsou hodnotnější z hlediska agrochemických vlastností vrstev různého stáří.

Došlo k potvrzení, že vyšší biomasa žížal bude nalezena ve svrchní vrstvě.

Ze zjištěných závěrů vyplývá, že vermikompostování lihovarských výpalků je vhodnou metodou jejich zpracování, díky níž dojde ke stabilizaci organické hmoty a zlepšení agrochemických parametrů pro další využití například pro hnojení na zemědělské půdě. Bez negativního vlivu na životní prostředí půdy a kvalitu spodních vod. Tato metoda se tedy dá pro nakládání s lihovarskými výpalky doporučit.

## 8 Seznam literatury

- Adhikary, S., 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review. *Agricultural Sciences*. 3(7). 905 – 917.
- Anonym. 1971. *Naučný slovník zemědělský*. (3. díl). SZN, Praha. s. 629.
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposting and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. (44). 579 – 590.
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R. 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100: 5444-5453.
- Budiyo, B., Syaichurrozi, I., Sumardiono, S., 2014. Effect of Total Solid Content to Biogas Production Rate from Vinasse. *International Journal of Engineering*, 27(2), p. 177-184.
- Buchanam, M. A., Rusell, E., Block, S. D. (1988) Chemical characterization and nitrogen mineralization potentials of vermicompost derived from differing organic wastes, Edwards CA, Neuhauser EF, *Earthworms in Environmental and Waste Management*. 231-240.
- Bustamante, M. A., Paredes, C., Moral, R., Moreno-Caselles, J., Pérez-Murcia, M. D., Pérez-Espinosa, A., Bernal, P. 2007. Co-composting of distillery and winery wastes with sewage sludge, *Water Science and Technology*, 56, pp. 187–192.
- Bustamante, M. A., Paredes, C., Morales, J. 2009. Study of the composting process of winery and distillery wastes using multivariate techniques, *Bioresource Technology*, Is. 20. p. 4766-4772.
- Castillo, J. M., Romero, E., Nogales, R. 2013 Dynamics of microbial communities related to biochemical parameters during vermicomposting and maturation of agroindustrial lignocellulose wastes. *Bioresource Technology*. 146. 345-354.
- Číž, K. 2007. Výroba palivového etanolu z různých zemědělských surovin. *Listy cukrovarnické a řepařské* 123, č. 3 (březen), s. 95 – 97.
- Damodara Rao, T., Viraraghavan, T. 1985. Treatment of distillery wastewater (spent wash) — Indian experience, *Proceedings of the 40th Industrial Waste Conference*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, Butterworth, Boston, pp. 53–57.



- Dominguez, J., Edwards, C. A. 1997. Effect of stocking rate and moisture content on the growth and maturation of *Eisenia Andrei* (Oligochaete) in pig manure. *Soil Biol. Biochem.* 29. pp. 743–746.
- Edwards, C. A., Bohlen, P. J. 1996. *Biology and ecology of earthworms*, London: Chapman and Hall, 1996.
- Edwards, C., Lofty, J. 1977. *Biology of earthworm*, London: Chapman and Hall.
- Edwards, C. A. (1988). Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms. In C. A. Edwards & E.F. Neuhauser (Eds.), *Earthworms in waste and environmental management* (pp. 21–31), The Hague: SPB Academic Publishing BV.
- Fitzgibbon, F. J., Nigam, P., Singh, D., Marchant, R. 1995. Biological treatment of distillery waste for pollution-remediation. *J. Basic Microbiol.*, 35(5), 293–301.
- Garcia-Garcia, I., Bonilla-Venceslada, J. L., Jimenez-Pena, P. R., Ramos-Gomez, E. 1997. Biodegradation of phenol compounds in vinasse using *Aspergillus terreus* and *Geotrichum candidum*. *War. Res.* 31(8).. 2005-1011.
- Garg, V. K., Suthar, S., Yadav, A., 2012. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology.* 126, 437-443.
- Garg, V., Kaushik, P., & Dilbaghi, N. 2006. Vermiconversion of wastewater sludge from textile mill mixed with anaerobically digested biogas plant slurry employing *Eisenia foetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 65. 412–419.
- Gómez-Brandon, M., Lores, M., Domínguez, J. 2013. Changes in chemical and microbiological properties of rabbit manure in a continuous-feeding vermicomposting system. *Bioresource Technology.* 128. 310-316.
- Gupta, R., Garg, V. K. 2009 Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. *Journal of Hazardous Materials* 162: 430-439.
- Gupta, S., Tewari, A., Srivastava, R., Murthy, R., Chandra, S. .2005. Potential of *Eisenia foetida* for sustainable and efficient vermicomposting of fly ash, *Water, Air, and Soil Pollution*, 163, 293–302.
- Haandel, A. C., Catunda, P. F. C. 1994. Profitability increase of alcohol distilleries by the rational use of byproducts. *Water Sci. Technol.*, 29 (8), pp. 117–124.
- Hanč, A., Plíva, P. 2010. Vermikompostování – perspektivní způsob nakládání s bioodpady. *Odpadové fórum.* (9). s. 32.
- Harada, Y., Inoko, A. 1980. Relationship between cation-exchange capacity and degree of maturity of city refuse composts. *Soil Science and Plant Nutrition* 26: 353-362.

- Hartenstein, R., Bisesi, M. 1989. Uses of earthworm biotechnology for the management of effluents from intensively housed livestock, *Outlook on Agriculture*. 18, 72–76.
- Hartenstein, R., Bisesi, M. S. 1989. Use of earthworm biotechnology for the management of effluents from intensively housed live stock. *Out Look Agricul.* 18. pp. 3–7.
- He, X. T., Logan, T. J., Trainee, S. J. 1995. Physical and chemical characteristics of selected US municipal solid waste composts, *Journal of Environmental Quality*, 24. pp. 543–552.
- Hue, N. V., Liu, J. 1995. Predicting compost stability. *Compost Science & Utilization* 3: 8-15.
- Chefetz, B., Hatcher, P. G., Hadar, Y., Chen, Y. 1996. Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste, *Journal of Environmental Quality*, 25, pp. 776–785.
- Chotěborská, P., Melzoch K., Procházková, J., Šimůnek, P., Zeman, L., Rychtera, M. 2004 Výroba bioetanolu – vliv recyklace kapalně fáze na složení a krmnou hodnotu sušených výpalků. *Kvasný průmysl*. 9 (50). 262 – 266.
- Jimenez, A. M., Borja, R., Martin, A., Raposo, F., 2005. Mathematical modelling of aerobic degradation of vinasses with *Penicillium decumbens*. *Process Biochem.* 40, 2805–2811.
- Jitkang, L. 2008 Highlighted by Environmental mikrobiology, Fermentation of ethanol.
- Kaplan, D. L., Hartenstein, R., Neuhauser, E. F., Malecki, M. R. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia foetida*, *Soil Biology and Biochemistry*. 12. 347–352.
- Klír, J. 2006. Současná a připravovaná legislativa používání hnojiv. In: Sborník příspěvků z konference. Výzkumný ústav rostlinné výroby. 26 (10). p. 44.
- Kodeš, A. a kol. 1989. Netradiční a nestandardní krmiva. MZe a výživy ČSR, Praha, 1989, 106 s.
- Kováč, M. a kol. 1989. Výživa a krmenie hospodárskych zvierat. *Priroda*. Bratislava. 536 s.
- Kučera, L., Bradna, J., Maláček J. 2015 Use of Molasses Stillage Utilization as Fertilizer for Organically Grown Cereals. *Listy Cukrovarnické a Reparské*. vol. 131, no. 12, s. 373. ISSN 1210-3306.

- Kučerová, J., Pelikán, M., Hřivna, L. 2007. Zpracování a zbožiznalství rostlinných produktů. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. Brno. 122 s. ISBN: 978-80-7375-088-6.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere*. 72 (7). 1013-1019.
- Lele, S. S., Rajadhyaksha, P. J., Joshi. J. B. 1989. Effluent treatment for alcohol distillery: thermal pretreatment with energy recovery. *Environ. Prog.*, 8 (4), pp. 245–252.
- Lihovarnické výpalkyobilné, organické hnojivo. 2017 [online].[cit. 2017-03-26]. Dostupné z <[http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa\\_31283.pdf?id=31283](http://eagri.cz/public/app/rhpub/etikety/etiketa_31283.pdf?id=31283)>.
- Mahajan, A., Gupta, R. D. 2009. Integrated Nutrient Management (INM) in a Sustainable Rice – Wheat Cropping System. Springer. p. 268. ISBN 978-1-4020-9874-1.
- Makama, J. N.; Gwebu, N. S.; Nkambule, S. V. 2005. The performance of irrigated sugarcane under stillage and granular fertiliser treatments. In *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*, 79, s. 246–248.
- Mall, I. D., Kumar, V., 1997. Removal of organic matter from distillery effluent using low cost adsorbent, *Chemical Engineering World*, XXXII (7), pp. 89–96.
- Melasové výpalky. In.: ED&F MAN [online]. [cit. 2017 – 01 – 10]. Dostupné z <<http://www.edfman.de/cs/vyrobky/melasove-vypalky/>>.
- Michal, P. Lisované lihovarské výpalky: Zajímavé krmivo pro skot vhodné i pro skladování. 2006 [online].[cit. 2017-03-26]. Dostupné z <<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ch=1&typ=1&val=46099&ids=3816>>.
- Molina, M. J., Soriano, M. D., Ingelmo, F., Linares J. 2013. Stabilisation of sewage sludge and vinasse bio-wastes by vermicomposting with rabbit manure using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*. vol. 137. s. 88. ISSN 0960-8524.
- Nagavallemma, K., Wani, S., Lacroix, S., Padmaja, V., Vineela, C., Rao, M. B., Sahrawat, K. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Theme on Agroecosystems Report No. 8, Monograph, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* (76). 107 – 112
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. 2000. Effect of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids, *Bioresour. Technol.* 75. pp. 7–12.
- Ndegwa, P., Thompson, S. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids, *Bioresource Technology*, 76, 107–112.
- Ndegwa, P., Thompson, S., & Das, K. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresource Technology*. 71. 5–12.
- Neuhauser, E., Kaplan, D., Hartenstein, R. 1979. Life history of the earthworm *Eudrilus eugeniae*. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol.* 16, 525–534.
- Ondračka, T. : V ýpalky jako krmná surovina. [online]. 2009-03-02 [cit. 2017-02-26]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vypalky-ako-krmna-surovina>>. ISSN: 1801-2655.
- Orozco, F. H., Cegarra, J., Trujilo, L. M., Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils.* (22) 162 – 166.
- Pelikán, M., Dudáš, F., Míša, D. 1996. *Technologie kvasného průmyslu*. MZLU. Brno. 135 s.
- Pramanik, P., Chung, Y. R.. 2011. Changes in fungal population of fly ash and vinasse mixture during vermicomposting by *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. Documentation of cellulase isozymes in vermicompost. *Waste Management.* vol. 31. no. 6. s. 1169-1175. ISSN 0956-053X.
- Reinecke, A. J., Viljoen, S. A., Saayman, R. J. 1992. The suitability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus* and *Eisenia fetida* (Oligochaete) for vermicomposting in southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol. Biochem.*, 24. pp. 1295–1307.
- Reinecke, A., Viljoen, S. 1990. The influence of feeding patterns on growth and reproduction of the vermicomposting earthworm *Eisenia fetida* (Oligochaeta), *Biology and Fertility of Soils.* 10. 184–187.
- Robertiello, A. 1982. Upgrading of agricultural and agro-industrial wastes: the treatment of distillery effluents (vinasses) in Italy, *Agric Wastes*, 4, pp. 387–395.

- Sanchez, R. F., Cordoba, P., Sineriz, F. 1985. Use of the UASB reactor for the anaerobic treatment of stillage from sugar cane molasses, *Biotechnol. Bioeng.*, 27 (12). pp. 1710–1716.
- Senapati, B. K., 1999. In – Soil eartworm technologies for tropical agro ecosystems. In: Lavelle, P., Brussard, L., Hendrix, P. (eds.) *Eartworm management in tropical agroecosystems*. CABI. New York. 199 – 237. ISBN: 0851992706.
- Siles, J. A., García-García, I., Martín, A., Martín, M.A., 2011. Integrated ozonation and biomethanization treatments of vinasse derived from ethanol manufacturing. *Journal of Hazardous Materials*. 188. 247–253.
- Sing. R., Embrandiri, A., Ibrahim, M. H., Esa, N. 2011. Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option. 423 – 434.
- Singh NB, Khare AK, Bhargava, DS and Bhattacharya, S. 2005. Effect of initial substrate pH on vermicomposting using *Perionyx excavatus* (Perrier, 1872). *Applied Ecology and Environmental Research* 4: 85-97.
- Singh, P., Suthar, S. 2012. Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry waste: earthworm growth, plant-available nutrient and microbial quality of end materials. *Bioresour. Technol.* 112. pp. 179–185.
- Sinha, R. K., Herat, S., Valani, D., Chauhan, K. 2010. Earthworms-the environmental engineers: Review of vermiculture technologies for environmental management and resource development. *International Journal of Global Environmental Issues*. 10 (3-4): 265 – 292.
- Sirotková, D., 2006. Legislativa biologicky rozložitelných odpadů. [online].[cit. 2017-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/legislativa-biologicky-rozlozitelnych-odpadu>>. ISSN: 1801-2655.
- Slejška, A., Váňa, J. 2002 Anaerobní digesce, fermentace, stabilizace, vyhnívání či zkvašování?. 2002-07-16 [cit. 2017-03-23]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-digesce-fermentace-stabilizace-vyhnivani-ci-zkvasovani>>. ISSN: 1801-2655.
- Stadlbauer, E. A., Achenbach, R., Doll, D., Jehle, B., Kufne, B., Oey, L. 1992. Design and performance of pulsed anaerobic digesters, *Water Sci. Technol.*, 25 (7). pp. 351–360.
- Stafford D. A. 1992. Anaerobic fermentation. *Dairy Technologies.*, 45 (3), pp. 84–89.

- Sumardiono, S., Syaichurrozi, I., Budiyo, B., Sasongko, S.B. 2013. The Effect of COD/N Ratios and pH Control to Biogas Production from Vinasse. *International Journal of Biochemistry Research & Review*. 3(4). 401-413.
- Syaichurozozzi, I. 2016. Review – Biogas Technology to Treat Bioethanol Vinasse. *Waste Technology*. vol. 4. no. 1. s. 16-23. ISSN 2338-6207.
- Syaichurrozi, I., Budiyo, B., Sumardiono, S., 2013. Predicting Kinetic Model of Biogas Production and Biodegradability Organic Materials: Biogas production from Vinasse at Variation of COD/N. *Bioresource Technology*. 149. 390-397.
- Šimůnek, P. 1996. Obiloviny pro výrobu lihu. *Úroda*. číslo 7. s. 25.
- Talashilkar, S. C., Bhangarath, P.P., Mehta, V.B., 1999. Changes in chemical properties during composting of organic residues as influenced by earthworm activities. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 47. 50-53.
- Tiunov, A. V., Scheu, S. 2004. Carbon availability controls the growth of detritivores (Lumbricidae) and their effect on nitrogen mineralization. *Oecologia* 138: 83-90.
- Tognetti, C., Laos, F., Mazzarino, M. J., Hernandez, M.T., 2005. Composting vs. vermicomposting: a comparison of end product quality. *Compost Sci. Util.* 13, 6-13.
- Váchalová, R., Borová-Batt, J., Kolář, L., Váchal, J. 2014. Selectivity of ion exchange as a sign of soil quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 45. 2673-2679.
- Váňa, J., Ust'ak, S., 2008. Nutriční obohacení statkových hnojiv vhodnými druhy odpadu ze zpracování rostlinných surovin. *METODIKA PRO PRAXI. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha*. 7s. ISBN 978-80-87011-72-0.
- Vlyssides, A. G., Israilides, C.J., Loizidou, M., Karvouni, G., Mourafeti, V., 1997. Electrochemical treatment of vinasse from beet molasses. *Water Sci. Technol.*, 36, 271–278.
- Vondráček, O., Destilace ovocných kvasů, [online]. [cit. 2017 – 01 – 10]. Dostupné z <<http://www.tech-info.cz/palenka-destilace.html>>
- Wani, K. A., Mamta, Rao, R. J. 2013. Bioconversion of garden waste, kitchen waste and cow dung into value-added products using earthworm *Eisenia fetida*. *Saudi J. Biol. Science*, 20, 149-154.
- WILKIE, A. C., Kelly J., RIEDESEL, A., OWENS, J. M., 2000. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and

cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy* [online], vol. 19, no. 2, s. 63-102. ISSN 0961-9534.

- Wu, L., Ma L. Q., Martinez, G. A., 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality*. 29: 424-429.
- Wynne, A. T.; Meyer, J. H. 2002. An economic asseement of using molasses and condensed molasses solids as a fertiliser in the south african suger industry. In *Proceedings: South African SugarTechnologists ' Association*, 76, s. 71–78.
- Yadav, A., Garg, V. K. 2011. Recycling of organic wastes by employing *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology*. 102. 2874–2880.
- Zajonc, I. 1992. Chov dážďoviek a výroba vermikompostu. Animapress. Povoda. p. 59. ISBN: 80-85567-00-8.
- Zeman, L., Tvrzník, P. 2007. Využití vedlejších produktů vznikajících při výrobě bioetanolu, Výzkumný ústav živočišné výroby, Praha, s. 27.