

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vermikompostování s přidavkem vaječných skořápek**

**Diplomová práce**

**Bc. Victoriya Demina**

**Technologie odpadů (WASTEM)**

**prof. Aleš Hanč, Ph.D.**

**© 2024 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vermikompostování s přídavkem vaječných skořápek" jsem vypracovala 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 autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20.04.2024

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu práce prof. Aleši Hančovi, Ph.D za jeho cenné rady, čas a trpělivost při vedení mé diplomové práce, Ing. Tereze Hřebečkové a Ph.D. a Ing. Janě Najmanové, Ph.D. za odbornou pomoc při zpracování mé práce, Ing. Pavle Kolářové za skvělou spolupráci a vzájemnou podporu během laboratorních analýz. Ráda bych poděkovala také mé rodině a všem přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili.

# Vermikompostování s přidavkem vaječných skořápek

## Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo zjistit vhodnost kalu z recirkulačních akvakulturních systémů ve směsi s vaječnými skořápkami pro vermikompostování a vyhodnotit jednotlivé parametry vzniklých vermikompostů. Jako příměsi do různých variant vermikompostovacích směsí byly zvoleny hlávkový salát a proložky. Pokus byl proveden ve vermikompostovací laboratoři na pokusné stanici FAPPZ v Červeném Újezdu v roce 2022. Pro vermikompostování byl vybrán druh žížal *Eisenia andrei*. Byly založeny vždy tři vermikompostéry s jednou variantou směsi ve dvou opakováních, kdy první sada obsahovala substrát se žížalami a druhá byla kontrolní, bez žížal. Celkem bylo založeno 24 vermikompostéru. V průběhu pokusu byly odebírány vzorky po měsíci, po třech a po šesti měsících, ve kterých byly zjištěny počet a hmotnost žížal, množství kokonu a agrochemické parametry směsi: obsah sušiny, pH, měrná vodivost, poměr C/N, celkové a přístupné obsahy prvku.

Bylo zjištěno, že přítomnost žížal ve směsi pozitivně ovlivnila obsah přístupného K. Přítomnost skořápek obohatila směsi o vápník, čímž statisticky významně ovlivnila počet žížal v substrátu. Přidání proložek do vermikompostovacích směsí nemělo vliv na hmotnost (g/kg) a počet žížal (počet žížal/kg), ale ovlivnilo obsah přístupných B, Fe, Mg, Mn, Ni ve vermikompostu. Přidáním salátu byly navýšeny hodnoty téměř u všech stanovených agrochemických parametrů, kromě EC, přístupného B, přístupného Cd a přístupného Cu.

Mezi variantami, které neobsahovaly ve svých směsích proložky bylo zaznamenáno překročení limitních hodnot některých rizikových prvků, hlavně Zn. Proto vermikompost z akvakulturního kalu se skořápkami a vermikompost z akvakulturního kalu ve směsi se skořápkami a salátem nejsou doporučeny pro aplikaci na zemědělskou půdu. Přidání materiálů s vysokým obsahem uhlíku a vaječných skořápek do akvakulturního kalu může být prospěšné pro výsledný vermikompost.

**Klíčová slova:** vermikompostování, žížaly, akvakultura, kal, vaječné skořápky

# Vermicomposting with the addition of eggshells

## Abstract

The aim of this master thesis was to assess the suitability of sludge from recirculating aquaculture systems mixed with eggshells for vermicomposting, to evaluate the individual parameters of the resulting vermicompost. Lettuce and paper pallets were chosen as additives to various vermicomposting mixtures. The experiment was conducted in 2022 at the vermicomposting laboratory of the FAPPZ experimental station in Červený Újezd. *Eisenia andrei* earthworms were selected for vermicomposting. Three vermicomposters were set up for each of our mixture variant, with two replications; the first set contained worm bedding, while the second was a control group without worms. In total, 24 vermicomposters were established. Samples were collected during the experiment after one, three, and six months. From samples were determined the number and weight of earthworms, the number of cocoons and the agrochemical parameters: dry matter content, pH, electrical conductivity, C/N ratio, total and available element contents.

It was found that the presence of worms in the mixture positively influenced the content of available potassium. The presence of eggshells enriched the mixture with calcium, significantly affecting the quantity of worms in the substrate. While the addition of paper pallets to vermicomposting mixtures had no effect on the weight (g/kg) and number of worms (n.w/kg) in vermicompost, it did affect the content of available boron, iron, magnesium, manganese, and nickel. Adding lettuce increased the values of almost all determined agrochemical parameters, except for electrical conductivity, available boron, cadmium, and copper.

Among the variants that did not contain paper pallets in their mixtures, the exceeding of limit values for some hazardous elements, mainly zinc, was observed. Therefore, vermicompost of aquaculture sludge with eggshells and vermicompost of aquaculture sludge with eggshells and lettuce are not recommended for application on agricultural land. Adding materials with high carbon content like paper pallets and eggshells to aquaculture sludge may be beneficial for the resulting vermicompost.

**Keywords:** vermicomposting, worms, aquaculture, sludge, eggshells

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Biologicky rozložitelný odpad</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Kompostování</b>	<b>11</b>
3.2.1	Fáze procesu kompostování	12
<b>3.3</b>	<b>Vermikompostování</b>	<b>12</b>
3.3.1	Podmínky pro správný průběh vermikompostování	13
3.3.2	Fáze vermikompostování	14
3.3.3	Složení a využití vermikompostu	14
<b>3.4</b>	<b>Vermikompostovací systémy</b>	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>Žížaly</b>	<b>15</b>
<b>3.6</b>	<b>Vaječné skořápky</b>	<b>16</b>
<b>3.7</b>	<b>Akvakulturní kal</b>	<b>16</b>
<b>3.8</b>	<b>Nasávaná kartonáž (proložky)</b>	<b>17</b>
<b>3.9</b>	<b>Listový salát</b>	<b>17</b>
<b>3.10</b>	<b>Matoliny</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>18</b>
<b>4.1</b>	<b>Materiál a odběr vzorků</b>	<b>18</b>
4.1.1	Kaly z akvakultury, proložky, rostlinné zbytky a skořápky	18
4.1.2	Schémata pokusu	20
4.1.3	Odběr vzorků	22
<b>4.2</b>	<b>Laboratorní analýzy</b>	<b>23</b>
4.2.1	Stanovení pH a EC	24
4.2.2	Stanovení obsahu sušiny	25
4.2.3	Stanovení celkových obsahů prvků	25
4.2.4	Stanovení přístupných prvků metodou CAT	26
4.2.5	Stanovení celkového obsahu uhlíku a dusíku	26
4.2.6	Statistické šetření a zpracování dat	26
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Objemová hmotnost</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Obsah NH<sub>3</sub> v průběhu vermikompostování</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Obsah sušiny</b>	<b>29</b>
<b>5.4</b>	<b>Porovnání hodnot pH</b>	<b>31</b>
5.4.1	Založení pokusu	31

5.4.2	Druhé měření.....	31
5.4.3	Třetí měření .....	31
5.4.4	Ukončení pokusu .....	31
<b>5.5</b>	<b>Porovnání hodnot měrné elektrické vodivosti .....</b>	<b>33</b>
5.5.1	Založení pokusu .....	33
5.5.2	Druhé měření.....	33
5.5.3	Třetí měření .....	33
5.5.4	Ukončení pokusu .....	33
<b>5.6</b>	<b>Porovnání celkových obsahů prvků .....</b>	<b>35</b>
5.6.1	Založení pokusu .....	35
5.6.2	Druhé měření.....	36
5.6.3	Třetí měření .....	36
5.6.4	Ukončení pokusu .....	37
<b>5.7</b>	<b>Porovnání přijatelných obsahu prvků (v CAT) .....</b>	<b>38</b>
5.7.1	Založení pokusu .....	38
5.7.2	Druhé měření.....	38
5.7.3	Třetí měření .....	39
5.7.4	Ukončení pokusu .....	39
<b>5.8</b>	<b>Stanovení celkového obsahu uhlíku a dusíku .....</b>	<b>40</b>
5.8.1	Založení pokusu .....	40
5.8.2	Třetí měření .....	41
5.8.3	Ukončení pokusu .....	42
<b>5.9</b>	<b>Počet a hmotnost žířal.....</b>	<b>42</b>
<b>5.10</b>	<b>Statistické šetření.....</b>	<b>43</b>
5.10.1	Hypotéza č. 1.....	43
5.10.2	Hypotéza č. 2.....	45
5.10.3	Hypotéza č. 3.....	46
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>47</b>
6.1	Objemová hmotnost.....	47
6.2	Obsah NH <sub>3</sub> .....	47
6.3	Obsah sušiny .....	47
6.4	pH .....	47
6.5	Měrná elektrická vodivost .....	48
6.6	Celkové obsahy prvku.....	48
6.7	Přijatelné obsahy prvku .....	49
6.8	Celkové obsahy C a N.....	49
6.9	Počet a hmotnost žířal.....	50
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>50</b>

<b>8 Literatura.....</b>	<b>52</b>
<b>9 Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>56</b>
<b>10 Samostatné přílohy.....</b>	<b>I</b>



# 1 Úvod

Biologicky rozložitelné odpady jsou významnou skupinou odpadů, která v případě uložení na skládku může ohrožovat složky životního prostředí vypouštěním skleníkových plynů a škodlivých průsaku do podzemních vod. Pokud odpady ukládáme jen do směsného odpadu, končí na skládce nebo ve spalovně. Je to ztráta velkého množství cenného materiálu, který by mohl být použit k dalším účelům, například jako velice kvalitní hnojivo pro použití na zemědělskou půdu. Jestli chceme biologické odpady využít, musíme je předem správně roztřídit a následně vhodným způsobem zpracovat. Mimo jiné způsoby zpracování BRO, jako kompostování a bioplynové stanice, další velice prospěšnou technologii se jeví vermikompostování. Vermikompostování je metoda kompostování, kdy dochází k rozkladu organického materiálu pomocí žížal a mikroorganismů. Vermikompostování se jeví jednou z důležitých způsobů, jak minimalizovat množství organického odpadu a rychle připravit ho pro následující použití. Žížaly spolu s mikroorganismy rozkládají organickou hmotu, významně redukuje objemovou hmotu a obsah polutantu ve směsi. Hotový vermikompost lze velice efektivně použít na zemědělskou půdu.

Velkou část biologicky rozložitelného odpadu tvoří odpad ze zemědělství a chovatelských stanic. K tomuto druhu odpadu se dají odnést odpady vzniklé z intenzivního chovu ryb. Technologie intenzivního chovu ryb v recirkulačních akvakulturních systémech (RAS) se vyznačují vysokou produkcí ryb, malou zastavěnou plochou a nízkou spotřebou přítokové vody. Zpracování kalu z RAS je důležitou součástí akvakulturního systému, z důvodu velkého množství odpadního materiálu. Při správném zpracování materiálů a při vyhovujících parametrech lze z odpadního materiálu získat bohaté na živiny hnojivo. Jako jedním ze způsobů zpracování kalu z RAS může být zvolena technologie vermikompostování.

Součástí pevného odpadu z potravinářského průmyslu se jeví vaječné skořápky. Skořápky se považují za hmotu s vysokou nutriční hodnotou, která by se měla dále zpracovávat.

V tomto pokusu byla otestována možnost vermikompostování kalu z akvakultury ve směsi s vaječnými skořápkami a vhodnost výsledného vermikompostu pro další využití.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem dané diplomové práce na téma „Vermikompostování s přidavkem vaječných skořápek“ bylo popsat proces vermikompostování kalu z akvakultury s přidavkem netradičních materiálů, s důrazem na vaječné skořápky. A následně posoudit agrochemické a biologické vlastnosti daného materiálů.

Vědecké hypotézy diplomové práce:

1. Budou nalezeny statistické rozdíly v základních agrochemických parametrech mezi materiálem zpracovaným žížalami a bez žížal
2. Složení vermikompostovacích materiálů má vliv na agrochemické parametry
3. Počet a hmotnost žížal bude vyšší ve variantách s přidavkem nasávané kartonáže než bez ní

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Biologicky rozložitelný odpad

Biologicky rozložitelné odpady představují významnou skupinu odpadu. Jedná se o odpad z potravinářského průmyslu, z gastronomie, odpad ze zeleně, papír atd. Vytvářejí se ve velkém množství a při nesprávném nakládání (skládka) může negativně ovlivnit životní prostředí. Nakládání s biologicky rozložitelným odpadem, spadá pod zákon č. 541/2020 Sb. *Zákon o odpadech* (ČESKO). Odpadem dle zákona rozumíme každou movitou věc, které se osoba zbavuje, má úmysl nebo povinnost se jí zbavit. Za biologicky rozložitelný odpad považujeme druh odpadu, který je schopen anaerobního a aerobního rozkladu. Redukce množství biologicky rozložitelného odpadu končícího na skládkách je důležitou problematikou, kterou se nyní zabývá odpadové hospodářství. V první řadě se jedná o problém uvolnění skleníkového plynu methanu do atmosféry, a vyloučení škodlivých výlohu do podzemní vody. Dle metodického pokynu, vydaného MŽP ČR (Ministerstvo životního prostředí ČR 2022) za účelem posílení oběhového hospodářství, třídění BRO v obcích přináší i další pozitivní efekty, kromě již znázorněných. Důsledné třídění zredukuje množství smíšeného komunálního odpadu, zredukuje množství skládkových odpadů a sníží výdaje za skládkování. Výrazně přispěje ke splnění cílů obcí, omezí plýtvání cennými surovinami, které je dále možné použít, čím přispěje ke zlepšování kvality půd a využívání lokálních surovin. Biologicky rozložitelný odpad může kompostovat ve své domácnosti každý obyvatel, v případě, když obyvatel bude chtít hotový kompost odevzdat, musí se řídit zákonem č. 156/1998 Sb. *Zákon o hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulantech a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)* (ČESKO). Výjimkou je biologicky rozložitelný materiál živočišného původu, se kterým se musí nakládat pouze v zařízeních k tomu určených.

Způsoby nakládání s BRO stanovuje vyhláška § 48 Vyhlášky č. 273/2021 Sb., *o podrobnostech nakládání s odpady* (ČESKO). Pro nakládání s BRO je důležité jejich třídění již na místě vzniku a následné předání k dalšímu zpracování do zařízení k tomu určené (kompostárny, vermikompostéry, bioplynové stanice). Do výše zmíněné vyhlášky zahrnuty technologické požadavky na zpracování biologicky rozložitelných odpadů při kompostování (teplota, vlhkost, monitoring), vermikompostování (teplota, vlhkost, monitoring, počet žížal.), anaerobní digesci. Jednotlivé způsoby nakládání s BRO řídí technické normy, určené pro každý způsob zvlášť. Technická norma ČSN 46 5735 platí pro obecné principy výroby, zkoušení, značení a dodávání kompostů vyráběných technologií kompostování (ČSN 46 5735). Podmínky, za kterých může být vermikompost připravován dany normou ČSN 46 5736 (ČSN 46 5736). Norma dále popisuje požadované kvalitní vlastnosti a maximální obsahy rizikových prvků u hotových vermikompostů.

### 3.2 Kompostování

Kompostování se jeví nejznámějším postupem aerobního zpracování bioodpadů. Cílem je získání stabilizovaného produktu obsahujícího humusové látky. Proces kompostování se definuje jako urychlený rozklad organické hmoty pomocí mikroorganismů za

kontrolovatelných podmínek, během kterých organický materiál prochází několika kompostovacích fázích. Charakteristickou pro proces kompostování se jeví termofilní fáze 45 °C–65 °C, což umožňuje dezinfekci odpadu a eliminaci patogenních mikroorganismů (Dominguez & Edwards 2010). Při aplikaci na půdu ji mineralizuje, zvyšuje její úrodnost a zlepšuje půdní hydrolimity (Altmann et al. 2010). Podmínky pro úspěšné vermikompostování jsou znázorněny v tabulce č.1.

Tabulka 1: Podmínky pro úspěšné kompostování (Dominguez, Edwards 2010)

Faktor	Podmínky
Poměr C: N	25:1–30:1
Velikost částic	10–15 mm (větší částice snižují rychlost procesu)
Teplota	Nejvyšší dosahující: 55 °C–70 °C (minerální fáze)
Vlhkost	55 % - 60 %
pH	neutrální > 5 a < 9 (při > 8 a < 6 může způsobit úhyn žížal)
Kyslík	0.6–1.8 m <sup>3</sup> .day.kg
Časová náročnost	4-12 měsíců (pásové hromady), 30-60 dnů (vermireaktory)

Dle technologického procesu lze kompostování rozdělit do čtyř skupin. *Kompostování na volné ploše*, kdy se jedná o volnou plochu nebo pásové hromady. Toto se jeví nejčastějším způsobem průmyslového kompostování. Další dvě skupiny jsou kompostování ve vacích, kompostování v biofermentorech. Poslední skupinou je vermikompostování.

### 3.2.1 Fáze procesu kompostování

První fází kompostovacího procesu je fáze *zakládky*. V této fázi dochází ke smísení surovin s různými biodegradačními schopnostmi a různými poměry C/N. Druhá fáze kompostovacího procesu je fáze *mineralizační (zahřátí)*. Pomocí činnosti mikroorganismů dochází k urychlené degradaci organické hmoty za vysokých teplot 55 °C–70 °C. Třetí fáze je *přeměnná* fáze. Zahrnuje rychlý rozklad uhlíku mezofilními mikroorganismy ve směsi, dochází ke snížení teploty substrátu. Poslední fáze je fáze *dozrávací*. Dochází k ubytkům hmotnosti, poklesu teploty do teploty okolního prostředí, zvýšení činnosti půdních mikroorganismů. Jako výsledek máme kvalitní humus pro aplikace do půdy (Dominguez & Edwards 2010).

## 3.3 Vermikompostování

Myšlenka zpracovávat bioodpady žížalami pochází z Japonska, kdy se na počátku 70. let začaly k odpadu přidávat žížaly. I přes prvotní nedůvěru se tato technologie rozšířila do Evropy a Spojených států amerických. Od roku 1985, za dob tehdejšího Československa, se tento způsob technologie zpracování bioodpadu rozšířil i k nám (Kalina 2004).

Vermikompostování je proces, který zahrnuje biooxidaci a stabilizaci organického materiálu pomocí žížal spolu s mikroorganismy. Mikroorganismy biochemicky rozkládají organickou hmotu, žížaly provzdušňují, upravují a fragmentují substrát, čímž zvyšují mikrobiální aktivitu (Dominguez & Edwards 2010). Nejvíce využívaný druh žížal pro

vermikompostování v České republice je žížala kalifornská (*Eisenia andrei*). Mezi další, ale ne tolik populární druhy u nás v ČR patří: žížaly hnojní (*Eisenia fetida*), žížala načervenalá (*Lumbricus rubellus*), „modrý červ“ (*Perionyx excavates*), africká dešťovka (*Eudrilus eugeniae*) (Pommeresche et al. 2007).

Vermikompostování se jeví jedním z důležitých způsobů, jak minimalizovat množství organického odpadu a rychle ho připravit pro následující použití (zredukovat objem, zbavit se rizikových prvků), popřípadě aplikovat na pole. Na rozdíl od běžného kompostování během procesu vermikompostování neprobíhá termofilní fáze a procesy aerace. Fragmentace a překopávání materiálu zde probíhá pomocí žížal. Technologie vermikompostování je velice šetrná k životnímu prostředí a patří mezi nízkonákladové systémy zpracování odpadů. Z finančního hlediska je při dlouhodobém využívání levnější než běžné kompostování. Další ekonomickou výhodou hnojení vermikompostu je jeho finanční nenáročnost v porovnání s průmyslovými hnojivy a pesticidy.

### 3.3.1 Podmínky pro správný průběh vermikompostování

Jednou z nejdůležitějších podmínek úspěšného vermikompostování je udržování optimálních podmínek prostředí pro žížaly. Tyká se to míry provzdušnění, teplotních podmínek prostředí, vlhkosti zpracovaných surovin, obsahu solí a dalších parametrů. Optimální podmínky pro úspěšné vermikompostování jsou znázorněné v tabulce č. 2 (Dominguez & Edwards 2010).

Tabulka 2: Podmínky pro úspěšné vermikompostování (Dominguez, Edwards 2010)

Faktor	Podmínky
Poměr C: N	25:1–30:1
Velikost částic	10–20 mm (větší částice snižují rychlost procesu)
Teplota	15 °C–25 °C (při <0 °C a > 42 °C může způsobit úhyn žížal)
Vlhkost	80 % - 85 % (limity: 60 % - 90 %)
pH	neutrální > 5 a < 9 (pří > 8 a < 6 může způsobit úhyn žížal)
Kyslík	udržování aerobních podmínek pro žížaly
Obsah amoniaků	<0,5 mg*g <sup>-1</sup>
Obsah soli	<0,5 %
Časová náročnost	4-12 měsíců (pásové hromady), 30-60 dnů (boxy), (vaky)

Vstupní suroviny můžou obsahovat vyhovující množství čpavku, bílkovin, pesticidů. Hlavní podmínkou pro vermikompostovací materiál je schopnost k biologickému rozkladu, a příznivé složení pro žížaly, například vysoký obsah solí ve směsi může nést nepříznivé účinky pro žížaly. Proces vermikompostování vyžaduje ochranu materiálu před vlivy počasí, jako jsou vítr, slunce a déšť. Je také důležité zabránit přírodním predátorům žížal, jako jsou ptáci, žáby, stonožky, mravenci a krty (Hanc & Plíva 2013).

### 3.3.2 Fáze vermikompostování

V mnohých vermikompostovacích systémech na začátku probíhá proces předkompostování, konkrétně fáze zahřátí. Vysoké teploty hygienizují odpadový materiál, zkracují dobu stabilizace, a zlepšují kvalitu produktu (Ndegwa & Thompson 2001). U samotného procesu vermikompostování lze rozlišit dvě fáze. Fáze aktivní, za kterou probíhá zpracování materiálu žížalami, modifikace mikrobiálního složení a fyzikálním změnám. Druhá fáze - fáze dozrávání, která se vyznačuje posunem žížal do čerstvých vrstev substrátů (Lores et al. 2006).

### 3.3.3 Složení a využití vermikompostu

Vermikompost je rozložený organický materiál, který je zpracován činností žížal. Během tohoto procesu materiál projde trávicím systémem žížal. Při vermikompostování dochází k biooxidačním a stabilizačním procesům přeměny organických materiálů (Hanc & Plíva 2013). Vermikompost je primárně využíván jako velice kvalitní hnojivo, a to díky vysokému obsahu prospěšných látek, které v procesu vermikompostování vznikají (Hanc & Plíva 2013). Zapravením vermikompostu do půdy je možné zabránit poklesu obsahu organické hmoty v půdě a s tím souvisejícím negativním vlivům jako je např. eroze.

Jak již bylo uvedeno výše, vermikompost se vyznačuje výrazně lepšími vlastnostmi ve srovnání s klasickým kompostem. Jednou z těchto výhod je zrnitost složení, což dělá strukturu vermikompostu jemnější v porovnání s hotovým kompostem (Hanc & Dreslova 2016). Další předností vermikompostu je vyšší obsah huminových kyselin, růstových hormonů a značné množství živin ve formách dostupných pro rostliny (Hanc & Dreslova 2016), vyšší obsah mikroorganismů a vyšší enzymatická aktivita (Hanc et al. 2022).

Aplikace vermikompostu na půdu výrazně zlepšuje její charakteristiky: strukturu půdy, její úrodnost, provzdušnění, navíc předchází erozi půdy a potlačuje choroby, které se můžou v půdě vyskytnout. Je bohatým zdrojem živin včetně vitaminů, enzymů a růstových hormonů, aplikace vermikompostu může poskytnout velké přínosy pro rostliny a plodiny (Kaur 2020).

## 3.4 Vermikompostovací systémy

Rozlišujeme několik základních typů vermikompostovacích technologií, které se liší svým technologickým postupem, množstvím vstupního materiálu a účelem výsledného produktu. Základními typy vermikompostování jsou domácí vermikompostování pomocí jednoduchých a složitějších technologických systémů. Dle názvu můžeme pochopit, že domácí vermikompostování najde své uplatnění v domácnosti. Slouží k vermikompostování organických kuchyňských zbytků, které vznikají v domácnosti (Hanc & Plíva 2013). Co se týče velkoprodukčního vermikompostování, rozlišujeme jednoduché a složitější systémy.

Mezi jednoduché technologické systémy patří vermikompostování plošné a vermikompostování v ohraničených prostorech, tzv. boxové vermikompostování. Vermikompostování plošné je tradiční metodou, při které vermikompostovací materiál je venkovně uspořádán v ohraničených záhonech nebo v pásových hromadách. Tato technologie není náročná na investici, ale má své nevýhody. Vyžaduje velké plochy půdy pro velkovýrobu

a je poměrně pracná, i když se používají stroje k přidávání materiálů, zalévání a sklizeň produktů (Dominguez & Edwards 2010). Další nevýhodou je citlivost systému k podmínkám prostředí (vítr, déšť, sucho) (Hanc & Plíva 2013). Dalším klasickým způsobem vermikompostování organického materiálů je vermikompostování v pásových hromadách na volné ploše. Tento způsob vyžaduje mnoho pracovních operací kvůli neustálému přísunu surovin a sledování vlhkosti, protože vyžaduje periodické zavlažování materiálů (Hanc & Plíva 2013). Vermikompostování v ohraničených záhonech má řadu výhod, hlavní výhodou je ochrana vermikompostovacích materiálů před povětrnostními podmínkami a prodlužuje proces vermikompostování i v chladnějším počasí. Nejnáročnější část práce je oddělování žížal ze substrátu na konci procesu vermikompostování.

Složitější technologické systémy ve svých procesech využívají speciální vermikompostovací zařízení zvané vermireaktory. Tyto systémy přinášejí několik výhod, jako urychlení celého procesu, využití menší plochy, minimalizace vlivu podmínek prostředí, možnost sběru výluhu a schopnost monitorovat a řídit celý proces vermikompostování. Ke složitějším technologickým systémům je možné přiřadit vermireaktory s kontinuálním procesem, či kompostování ve dvoumodulovém vermireaktoru (Hanc & Plíva 2013). Modulový vermireaktor je složen z několika nádob – modulu: dvoumodulový vermireaktor má dva stejné moduly, každý modul používán samostatně. V jednom modulu probíhá proces předkompostování, zatímco ve druhém modulu probíhá proces vermikompostování. Tyto moduly jsou propojeny sponkovým systémem, aby byl umožněn přesun žížal mezi nimi (Hanc & Plíva 2013). Velice perspektivní technologie pro velkoprodukční vermikompostování jsou kontinuální „průtokové“ vermireaktory. Pojmem kontinuální jsou označovány vermireaktory se souvislým procesem, ve kterých zpracovaný bioodpad protéká od shora dolů. Celý proces je řízený automaticky. Materiály jsou nakládány shora pomocí modifikovaného rozmetadla, zatímco hotový vermikompost je odebírán ze spodní části zařízení. Provozdušnění je zajištěno tím, že vzduch je tlačěn zespodu nahoru skrze kompostní hmotu (Dominguez & Edwards 2010)

### 3.5 Žížaly

Zásadní role v procesu vermikompostování hrají žížaly, které dokážou přeměnit organický odpad na živinami bohaté hnojivo. V České republice k vermikompostování se nejčastěji používají dva druhy žížal: žížala hnojní (*Eisenia fetida*) a žížala kalifornská (*Eisenia andrei*). Tyto žížaly jsou typicky 4-12 cm dlouhé, mají červenohnědá záda se světlejšími pruhy mezi tělními články. Preferují hnilé materiály a organickou hmotu bohatou na mikrobiální život. Dnes jsou tyto druhy žížal silně závislé na prostředí vytvořeném člověkem, pro nej je typická vyšší žravost, vysoká rozmnožovací a růstová schopnost (Pommeresche et al. 2007).

Hlavním úkolem žížal v procesu vermikompostování je ústním otvorem nasát jemné částice, které následně projdou trávicí trubicí a pomocí trávicích enzymů a hormonů budou dokonale rozloženy na hnojivo (vermikompost). Žížaly urychlují proces rozkladu organické hmoty na vermikompost do 1–2 měsíců, zatímco u běžného kompostování doba rozkladu trvá minimálně 5 měsíců. Pouze 5–10 % materiálu, který žížaly zkonzumují, je využito pro jejich růst, zbytek se vylučuje ve formě kvalitního vermikompostu (Kaur 2020). Obsah žížal

ovlivňuje mikrobiální aktivitu, aktivitu enzymů a celkové biochemické vlastnosti vermikompostu (Mupambwa & Mnkeni 2018). Ve srovnání s původní hmotou, hotový vermikompost je obohacen o vysoké množství živin prospěšných pro rostliny, jako je dusík, fosfor, draslík. Navíc žížaly pomáhají regulovat pH vermikompostu, snižují kyselost hnojiva, dělají ho více vhodným pro růst rostlin. Žížaly konzumují semena plevelů, patogenní organismy a omezují výskyt škůdců ve vermikompostu (Walia & Kaur 2024).

### 3.6 Vaječné skořápky

Vaječné skořápky jsou považovány za pevný bioodpad z pekáren, potravinářského průmyslu a domácností. Odpad ze skořápek vzniká v řadech několika tun denně. Považují se za hmotu s vysokou nutriční hodnotou, která by neměla být ztracena na skládce bez možnosti dalšího zpracování. Problémem vaječných skořápek končících na skládkách se jeví uvolňování některých toxických prvků do atmosféry během rozkladu. Mezi toxické plyny, které uvolňují do atmosféry během rozkladu vaječných skořápek patří amoniak ( $\text{NH}_3$ ) a sirovodík ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (Peşmen 2023). Správným nakládáním s tímto odpadem lze snížit riziko mikrobiologických problémů a náklady spojené s jejich likvidací, a navíc poskytnout lepší zdroj  $\text{CaCO}_3$  než vápenec těžený z neobnovitelných zdrojů. Další výhodou kromě toho, že skořápky jsou velkým zdrojem vápníku je jejich schopnost odstraňovat určité těžké kovy. Ve svém studiu o možnostech využití vaječných skořápek Peşmen (2023) znázorňuje, že vaječné skořápky se jeví účinným bioabsorbentem při odstraňování těžkých kovů, jako jsou  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ , z vody.

Hlavními složkami vaječných skořápek jsou uhličitany a sírany, fosfáty vápníku a hořčíku, a organická hmota. Hustota skořápky vajec je přibližně  $2,53 \text{ g/cm}^3$ . Převážnou část vaječné skořápky tvoří vápník ve formě uhličitanu vápenatého - téměř 94-95% hmotnosti suché skořápky (380 mg Ca/g), 4% sušiny tvoří organická hmota, 1% fosfát vápenatý a 1% uhličitan hořečnatý (Peşmen 2023).

Kuřecí vaječné skořápky obsahují velké množství vápníku a minerálů. Prostřednictvím vermikompostování skořápek ve směsi s dalšími odpady s nižší hodnotou pH lze dostat vysoce kvalitní hnojivo vhodné pro aplikace na půdu. Tím se zvedne hodnota pH a obsah vápníku v půdě, což se jeví velice prospěšné pro rostliny trpící chorobami kořenů (Murugesan & Annapoorani 2021a).

### 3.7 Akvakulturní kal

Rybářství a akvakultura jsou důležitými zdroji potravy, příjmu a obživy pro stovky milionů lidí po celém světě. Od roku 2014 z akvakultury pochází více než polovina veškerých ryb, určených k lidské spotřebě. Akvakulturou se nazývá chov ryb, měkkýšů, nebo řas. V našem experimentu byl použit kal z takzvaného recirkulačního akvakulturního systému neboli tzv. intenzivního chovu ryb v recirkulačních systémech (RAS). RAS se vyznačuje vysokou produkcí ryb, malou zastavěnou plochou a nízkou spotřebou přítokové vody. Její rozsah, diverzifikace, intenzifikace dělají z akvakultury jedno z nejrychleji rostoucích odvětví potravinářství ve světě (Kouba et al. 2018).



Akvakulturní systémy se skládají ze dvou důležitých částí: část určenou k chovu ryb a část pro čištění vody. Voda v celém systému cirkuluje. Znečištěná voda od ryb odtéká, prochází čistícím systémem, následně již vyčištěná voda se vrátí zpět k rybám. Důležitou součástí systému je odkalování a kalové hospodářství. Hlavní výhodou RAS oproti konvenčním technologiím, je malá spotřeba čerstvé vody, nutně dodávat cca 3% vody pro pokrytí toho, co se odpaří, a co se spotřebuje na čištění (Holan et al. 2020). Zatímco koncentrace pevných odpadů z RAS je podstatně vyšší (Kouba et al. 2018). Z důvodu vysoké produkce pevných odpadu, převážně kalu u akvakulturních systémů je vhodné jeho další využití. Produkovaný kal lze dále zpracovat a při vyhovujících parametrech využívat jako hnojivo.

Jednou z možností zpracování akvakulturních kalů se jeví vermikompostování. Protože kal z RAS má nízký obsah sušiny a vysoký obsah dusíku (N), aby byl zachován poměr C/N je potřeba do směsi přidat uhlíkatý materiál, v případě studie Kouba et al. (2018) do směsi byla přidána nasekaná pšeničná sláma. Další studie prokázaly, že pevné látky z recirkulačních systémů akvakultury smíchané se strouhaným kartónem se také zdají být vhodnými kalovými substráty pro vermikompostování (Marsh et al. 2005). Výsledný vermikompost obsahuje relativně nízké koncentrace rizikových prvků, avšak Kouba et al. (2018) ve svém studiu prokázal zvýšené koncentrace arsenu v organické formě (2,7–14,9 mg/kg) v žížalách. Byl také zaznamenán nárůst hodnot pH na konci experimentu, a snížení obsahu dusíku. Dusík pravděpodobně byl vyloučen ve formě  $\text{NH}_3$  na začátku experimentu. Byly také zaznamenány vyšší hodnoty zinku v kalech, důvodem toho je nadměrné používání zinku v komerčních krmivech (Kouba et al. 2018).

### **3.8 Nasávaná kartonáž (proložky)**

Nasávaná kartonáž je materiál používaný k balení křehkých výrobků (plata na vajíčka a ovoce, přepravky atd.). Vyrábí se z recyklovatelného papíru, skládá se převážně z celulózy. Odpadní papírové materiály, jako v našem případě jsou proložky, jsou často používány jako součást vermikompostovací směsi. Nasávaná kartonáž obsahuje vysoké množství uhlíku, ale malé množství dusíku a fosforu, proto se proložky často používají jako příměs ve vermikompostu aby bylo možné dosáhnout správného nastavení vstupního poměru C/N (Mupambwa & Mnkeni 2018).

### **3.9 Listový salát**

Locika setá (*Lactuca sativa L.*) je druh listového salátu čeledi hvězdičkovité (*Asteraceae*). Je významnou a komerčně ceněnou listovou zeleninou, která se vyskytuje po celém světě. Voda tvoří 95 % hmotností listového salátu. Locika se vyznačuje vysokým obsahem draslíku a obsahem organických kyselin (Robertson 2003).

### **3.10 Matoliny**

Hroznové matoliny jsou vedlejším produktem vinařského průmyslu. Jedná se převážně o pevnou část ovoce, která zůstává po získání moštu, jinak odpadová hmota. Pokud je správně zpracována, může být použita jako živinami bohatá organická příměs, kterou bude možné

aplikovat do půdy. Proces vermikompostování je jedním ze způsobů zpracování zbytků z vinařského průmyslu. Hroznový matoliny, se jeví jako optimální substrát pro krmení žížalami, poskytující optimální podmínky pro jejich růst a reprodukci (Gómez-Brandón et al. 2020). Hotový vermikompost má velmi dobré vlastnosti pro použití jako hnojivo, čím budou navracené živiny a organická hmota do půdy, ideální na vinici (Částková & Hanč 2019). V našem žížaly byly dodány v matolině jako substrátu.

## 4 Metodika

Experimentální část diplomové práce byla provedená ve Výzkumné stanici FAPPZ ČZU v Červeném Újezdu. Samostatné zpracování, měření a vyhodnocení vzorků bylo provedeno na Katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin na ČZU v letech 2022 až 2023. Založení pokusu proběhlo 24. března 2022, ukončení 7. září 2022.

V laboratorních podmínkách byl založen pokus s vermikompostováním kalu z akvakultury ve směsi s nasávanou kartonáží, listovým salátem a vaječnými skořápkami v různých poměrech surovin. Žížalí substrát byl umístěn z boku, odděleně od vermikompostovacích materiálů. Bylo tak učiněno z důvodu zamezení ovlivnění výsledků a umožnění volného pohybu žížal mezi substrátem a vermikompostovanými surovinami. Jako žížalí substrát byla použita matolina, která již částečně prošla procesem vermikompostování. Pro následující porovnání efektivity vermikompostování ve vztahu ke kompostování, bylo provedeno založení variant se stejným obsahem surovin bez žížal.

První odběr vzorku proběhl hned při zakládání experimentu 24-25. března 2022, přičemž byly odebrány jak vstupní suroviny zvlášť, tak i v pokusné směsi. Následující odběr proběhl za měsíc 28. dubna 2022, další odběr po dvou měsících 30. června 2022 a poslední odběr při ukončení pokusu 6-7. září 2022. V průběhu posledního odběru byl navíc odebrán substrát se žížalami.

Při každém odběru byly v pokusu zjišťovány fyzické parametry substrátu: výška a hmotnost, aby bylo možné dále stanovit objemovou hmotnost. K tomu byly zjišťovány i biologické parametry žížal jako celkový počet, hmotnost před a po vyprázdnění, množství kokonů. V laboratorních podmínkách na Katedře agroenvironmentální chemie a výživy rostlin na ČZU byly zjišťovány agrochemické vlastnosti vzorku z odběru: sušina, pH, měrná vodivost, procentuální zastoupení uhlíku (C) a dusíku (N), celkové a přijatelné obsahy prvků.

### 4.1 Materiál a odběr vzorků

#### 4.1.1 Kaly z akvakultury, proložky, rostlinné zbytky a skořápky

Pro pokus byl použit akvakulturní kal z filtrace vody (obrázek č.1) z chovu ryb (od firmy Tilapia, Hroby), vaječné proložky a namleté vaječné skořápky. Jako rostlinná součást naší směsi byl zvolen salát – *Lactuca sativa L.*, který byl předem nakrájen (obrázek č.2). Nasávaná kartonáž (vaječné proložky, obrázek č.3) byly předem rozdrceny na menší části a následně namočený v poměru 1:2 (proložky s 5,9% vlhkosti: voda). Při zakládání pokusu bylo odebráno 500 g od každého ze vstupních materiálů zvlášť ve třech opakováních. Substrát s žížalami rodu *Eisenia andrei* byl vložen na jednu stranu u variant 5,6,7,8 (tabulka č.3). Varianty bez žížalího substrátu sloužily jako kontrolní varianty k porovnání efektivity vermikompostu (varianty: 1,2,3,4).

Obrázek 1: Příprava vstupních surovin – odvodněný akvakulturní kal z RAS



Obrázek 2: Příprava vstupních surovin – salát



Obrázek 3: Příprava vstupních surovin – proložky



#### 4.1.2 Schémata pokusu

Pro pokus byly použity vermikompostovací misky (40x40x20). Spodní část misky byla perforovaná pro odtok výluhu. Případný výluh byl zachycován v umístěné pod miskou kovové misce. Ve spodní části misky byla umístěná síťovaná tkanina, aby nedocházelo k uniku žížal a zpracovaného materiálu z misky. V některých miskách byl také umístěn teploměr (vždy B varianta směsi). Vrchní část misky byla překryta netkanou geotextilií s kovovým víkem. Vermikompostovací misky byly umístěny v kovové konstrukci v jedné řadě po třech (obrázek č.4). Teplota v pokusní místnosti byla cca 20-21 °C, vlhkost cca 86 %.

Obrázek 4: Kovová konstrukce s vermikompostovacími miskami



Celkem pro každou variantu směsi bylo namícháno 21 kg materiálů. Varianty směsi jsou znázorněny v tabulce č. 3. Hmotnosti jednotlivých složek směsi jsou v tabulce č. 4. Následně 21 kg směsi byly rozděleny na 3 misky, 7 kg materiálů na každou misku (A, B, C). První část vzorku neobsahovala žížalí substrát, dále v pokusu materiál bez žížal bude uveden jako kontrolní varianta (KV). Pro zachování stejné velikosti prostředí mezi varianty směsí, které obsahovaly žížalí substrát na straně a varianty směsí, které žížalí substrát neobsahovaly, do misek 1,2,3,4 byla vložena vložka z polystyrénu.

Tabulka 3: Schémata pokusu – složení

Varianty	Složení	Opakování	Žížaly
<b>1</b>	kal + skořápky	A, B, C	-
<b>2</b>	Kal + proložky + skořápky	A, B, C	-
<b>3</b>	Kal + salát + skořápky	A, B, C	-
<b>4</b>	Kal + proložky + salát + skořápky	A, B, C	-
<b>5</b>	kal + skořápky	A, B, C	3 l. substrátu z boku
<b>6</b>	Kal + proložky + skořápky	A, B, C	3 l. substrátu z boku
<b>7</b>	Kal + salát + skořápky	A, B, C	3 l. substrátu z boku
<b>8</b>	Kal + proložky + salát + skořápky	A, B, C	3 l. substrátu z boku

Tabulka 4: Schémata pokusu – hmotnost jednotlivých surovin v poměru: kg/3 opakování

Varianty	Kal (kg/3 op.)	Navlhčené proložky (kg/3 op.)	Salát (kg/3 op.)	Skořápky (kg/3 op.)	Celkem (kg/3 op.)
1	20	0	0	1	21
2	5	15	0	1	21
3	18	0	2	1	21
4	8	10	2	1	21
5	20	0	0	1	21
6	5	15	0	1	21
7	18	0	2	1	21
8	8	10	2	1	21

Obrázek 5: Zakládání pokusu (Červený Újezd)



#### 4.1.3 Odběr vzorků

Vzorků z jednotlivých variant směsí byly odebírány v den založení pokusu, měsíc od založení pokusu, po 3 měsících od založení pokusu a po 6 měsících od založení pokusu. Odběry probíhaly pro každou variantu ve třech opakováních. Mezi jednotlivými odběry byly změřeny hodnoty  $\text{NH}_3$  pomocí osobního jednonálového detektoru plynů GasMan. Detektor byl

umístěn pod geotextilií, kterou byl zakryt povrch surovin, a byl aktivován po dobu 30 sekund pro zjištění hodnoty pH.

Z každé misky bylo odebráno 200 g materiálu. Tento materiál byl odebrán z pěti různých míst v misce pro zajištění co nejlepší reprezentace hodnot, tj. 5x40 g. Odebraný materiál byl ručně oddělen od žížal a žížalích kokonů. Kokony byly spočítané a vrácené zpátky do materiálu. Separované žížaly byly omyty, zváženy a umístěny na Petriho misku s navlhčeným filtračním papírem na 24 hodin, aby došlo k jejich vyprázdnění. Druhý den již vyprázdněné žížaly byly znovu zváženy a pro analýzu dalších parametrů lyofilizovány. Při odběru u žížal byly zjištěné následující parametry: počet žížalích jedinců v daném vermikompostu (ks), hmotnost (g), hmotnost žížal po vyprázdnění (g), množství kokonů (ks). Žížaly sloužily k posuzování biologických parametru našeho vermikompostu. Z již separovaného od žížal vzorku bylo odebráno 150 g materiálu, který byl uložen do sáčku nebo baňky a následně se zmrazily, aby se omezilo degradaci materiálu do doby jejich lyofilizace (obrázek č. 6). Dalších 20 g ze zbylých vzorků bylo odebráno a umístěno do menších sáčků, které byly uloženy v lednici na kratší dobu, a sloužily ke stanovení pH a EC.

*Obrázek 6: Vzorky připravené pro lyofilizace*



## 4.2 Laboratorní analýzy

První část analytických stanovení byla zaměřena na zjišťování hodnot pH a měrné elektrické vodivosti. Analýzy se uskutečnily v následujících dnech po odběru, k tomu se používaly materiály, které před tím byly umístěné v ledničce. Druhá část analytických stanovení zahrnovala stanovení celkových obsahu prvků, hodnoty přístupných prvků a obsahy

C a N. Druhá část stanovení, stejně jako první probíhala po všech odběrech, k tomu byly použity zmrazené materiály.

#### 4.2.1 Stanovení pH a EC

Hodnota pH a měrné elektrické vodivosti (EC) odrážejí obsahu rozpustných solí v našem materiálu. Většina vzorku byla předem rozdrcena mixerem pro lepší analýzu. Hodnoty byly měřeny v navážce 8 g čerstvého substrátu z lednice, který byl zalit 40ml demineralizované vody. Tyto vzorky byly následně třepány po dobu 15 minut na mechanické třepačce (110 otáček za minutu), tím dojde k jejich dokonalé homogenizaci, aby bylo možné provádět následující měření. Hodnota pH byla měřena v suspenze, která vznikla po třepání, na pH metru WTW pH 340i s přesností 0,02 (obrázek č. 7). Hodnota měrné vodivosti se měřila ve filtrátu. Pro přípravu filtrátu suspenze ze zkumavek byla převedena do 50ml centrifugačních zkumavek. Centrifugace probíhala v automaticky chlazené centrifuze s vysokorychlostním rotorem po dobu 5 minut při rychlosti RPM 9 000. Ke stanovení hodnoty elektrické vodivosti EC v odstředěné suspenzi byl použit konduktometr WTW cond 730. Hodnoty byly měřeny v jednotkách -  $\mu\text{S}/\text{cm}$  nebo  $\text{mS}/\text{cm}$ . Pro vyhodnocení výsledků byly všechny hodnoty převedeny na  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Obrázek 7: Měření pH v suspenze





#### 4.2.2 Stanovení obsahu sušiny

Sušina je neodpařitelný zbytek látky. Pro stanovení obsahu sušiny byly použity vzorky zbavené veškerého obsahu vody. Jednotlivé vzorky byly zváženy na laboratorních vahách. Pro jejich snazší analýzu vzorky po zvážení bylo nutné rozdrtit. Ke drcení vzorků obsahujících nasávanou kartonáž sloužily ruční tyčové mixéry. Pro rozmletí dalších druhů vzorků neobsahujících proložky, jako bez příměsí nebo namixované mezi sebou kal a salát byly použity tloučky a třecí misky.

#### 4.2.3 Stanovení celkových obsahů prvků

Připravené rozdrčené vzorky po stanovení sušiny následně byly použity k analýze obsahů prvků metodou extrakce rozpouštědlem. Do teflonových nádob bylo naváženo 0,4-0,5 g suchého rozmlétoho materiálu a do každého vzorku bylo pipetováno 10 ml roztoku kyseliny chlorovodíkové (HCl) a kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>). Směs kyseliny chlorovodíkové (HCl) a kyseliny dusičné (HNO<sub>3</sub>) se nazývá lučavkou královskou, která byla připravená v poměru 3:1 (HCl:HNO<sub>3</sub>). Vzorky byly podrobeny mikrovlnnému rozkladu v přístroji Milestone ETHOS 1 (obrázek č. 8). Po 10 nádobách najednou s 1 kontrolním blankem, který obsahoval čistě lučavku královskou bez přidání stanovovaného materiálu. Po každých 40 vzorcích k analýze byl použit referenční materiál. Obsah kádinky po každém rozkladu byl pomocí malého množství demineralizované vody převeden do teflonových kádinek, které byly umístěny do odparky po dobu 90 minut. Po odpaření byl zbylý obsah přelit do zkumavek a doplněn demineralizovanou vodou na objem 25 ml. Hotové vzorky byly analyzovány pomocí optického emisního spektrometru s indukčně vázanou plazmou ICP-OES.

Obrázek 8: Vzorky v Milestone ETHOS 1 s rotorem HPR-1000/10S



#### 4.2.4 Stanovení přístupných prvků metodou CAT

Obsah přijatelných živin se stanovuje ve vyluhovacím činidle CAT. Pro přípravu 8,5 litru vyluhovacího roztoku bylo naváženo 7,62g  $\text{CaCl}_2 \times 5 \text{H}_2\text{O}$  a 3,95 g DTPA (diethylentriaminpentaacetát) DTPA. Suchá směs byla doplněna demineralizovanou vodou a následně umístěna do ultrazvukové lázně pro dokonalejší rozpuštění na pár minut. Z celkového množství roztoku bylo použito 5 litrů pro zpracování 120 vzorků, včetně slepých vzorků.

Byly naváženy 4 g usušeného materiálu do PVC baněk, které se zalily 40 ml roztoku CAT. Tyto vzorky byly následně třepány po dobu 60 minut na třepačce. Zatím byly vzorky převedeny do centrifugálních zkumavek a po dobu 5 minut centrifugovány při RPM 4000 (4000 otáček za minutu). Správně by bylo nechat naši směs zfiltrovat, ale vzhledem k tomu že obsah nasávané kartonáže se jeví jako problematický pro filtrace, byla zvolena metoda odstředění na centrifuze. Tekuté podíly zatím byly převedeny do 10 ml zkumavek s víčkem a následně zanalyzovány pomocí emisní spektrometrie s indukčně vázanou plazmou (ICP OES).

#### 4.2.5 Stanovení celkového obsahu uhlíku a dusíku

Pro stanovení celkového obsahu uhlíku (C) a dusíku (N) bylo navažováno 20 mg jemně namletého materiálu do kalíšků. Navážený materiál byl opatrně zabalen do fólie pomocí pinzety, aby nedošlo k ztrátám nebo kontaminaci vnějšími vlivy. Vzorek byl analyzován prostřednictvím kvantitativního rozkladu za vysokých teplot technologií Advanced Purge and Trap (APT). Analýza probíhala v elementárním analyzátoru CHNS vario MACRO cube s vysokoteplotní spalovací jednotkou. Materiál byl postupně dávkován a spalován tryskovým vstříkáváním kyslíku při teplotách až 1200 °C. Uhlík (C), dusík (N), síra (S) a vodík (H) jsou oxidovány za vzniku plynných reakčních produktů ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ). Plyny, které vzniknou v procesu, prochází skrz spalovací trubici, která zabraňuje tvorbě netěkavých  $\text{SO}_3$  a váže prvky II. A skupiny.  $\text{SO}_3$  a  $\text{NO}_x$  jsou následně redukovány v redukční trubici a zachyceny těkavé halogenové sloučeniny. Plyny jsou vysávány do kolon, kde se jednotlivé složky oddělují, s výjimkou dusíku ( $\text{N}_2$ ). Poté jsou tyto složky přepravovány směsí nosného plynu k detektoru tepelné vodivosti (TCD). TCD má dvě oddělené komory, kterými prochází směs nosného plynu a analyzovaných plynů. Pokud je v analyzované směsi přítomen  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{SO}_2$  nebo  $\text{H}_2\text{O}$ , vznikne elektrický signál, který je následně digitalizován. Podle charakteru signálu poté se určuje druh a koncentrace měřené látky.

#### 4.2.6 Statistické šetření a zpracování dat

Pro provádění statistického šetření byl zvolen k použití program TIBCO Statistika – v níž byly testovány vědecké hypotézy, které se týkaly toho, jak složení směsi ovlivní agrochemické vlastnosti materiálu. Pro výpočty průměru se směrodatnou odchylkou, vytváření tabulek s výsledky, a vytváření grafu znázorňující změny obsahu jednotlivých prvků v čase byl použit program Microsoft Excel.

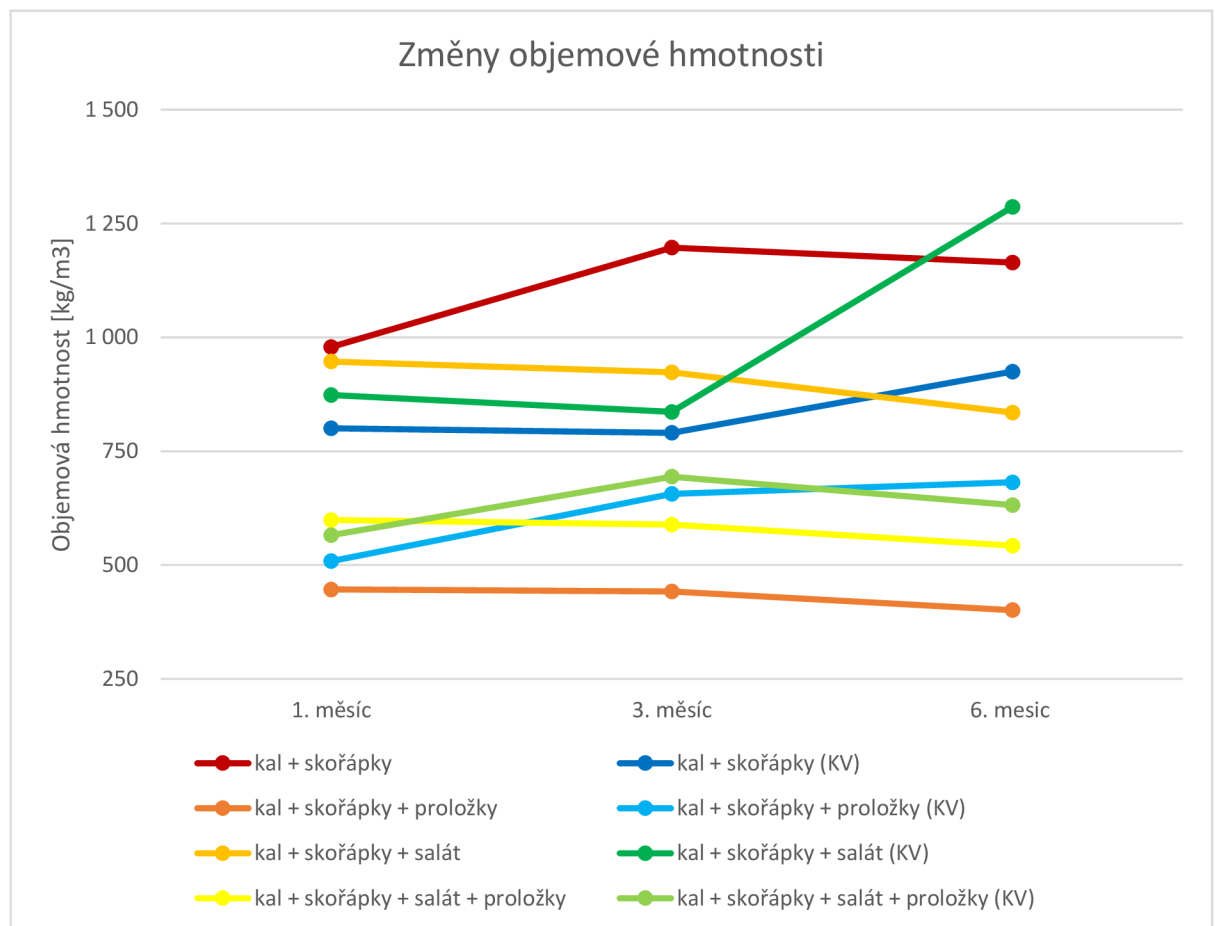
## 5 Výsledky

Experiment zahrnoval varianty s přidáním žížalího substrátu a bez něj. Varianty bez žížal nadále budou označovány jako kontrolní varianty.

### 5.1 Objemová hmotnost

Změny objemové hmotnosti byly stanoveny po měsíci, po 3 měsících a po 6 měsících od založení pokusu. Během měření bylo zjištěno, že nárůst objemové hmotnosti byl zaznamenán v případě vermikompostovací směsi kal + skořápky. Další vermikompostovací směsi měly spíš mírný pokles ve své objemové hmotnosti. Naopak v kontrolních směsích byl zaznamenán nárůst objemové hmotnosti. Nejvýznamnější nárůst byl v kontrolní směsi kal + skořápky + salát. U ostatních variant došlo ke snížení objemové hmotnosti. Změny objemové hmotnosti jsou znázorněny na grafu č. 1.

Graf 1: Změny objemové hmotnosti v průběhu experimentu:



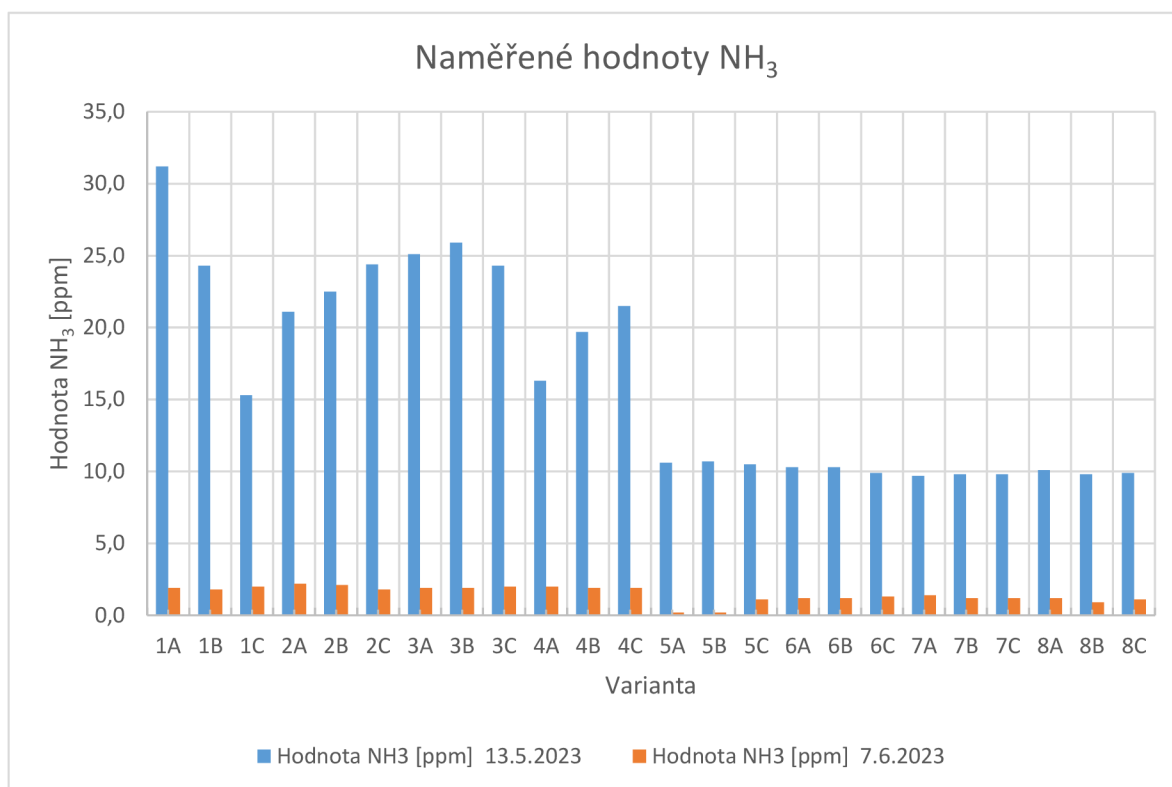
## 5.2 Obsah NH<sub>3</sub> v průběhu vermikompostování

Výsledky měření dusíku ve formě amoniaku ukázaly že NH<sub>3</sub> byl přítomen v každé námi změřené variantě vermikompostu (tabulka č.5). Nejvyšší hodnoty byly dosaženy v prvním měření, nejvyšší hodnoty byly zaznamenány u variant neobsahujících žížaly (kontrolní varianty), nejvíce NH<sub>3</sub> obsahovaly směsi kal, skořápky a směs kal, skořápky a salát. Varianty směsi s žížalami ukázaly nižší hodnoty NH<sub>3</sub> i v průběhu prvního měření. Při posledním měření byl pozorován náhlý pokles hodnot ve všech směsích. Existuje souvislost mezi tím, jak klesly hodnoty uvolňovaného NH<sub>3</sub> a poklesu hodnot pH (graf č.2 a graf č.4). Korelační koeficient mezi hodnoty pH (2. měření, 3. měření) a NH<sub>3</sub> se rovnal 0,699, výsledkem se ukázalo, že existuje středně silná pozitivní lineární korelace mezi dvěma proměnnými. Všechny naměřené hodnoty NH<sub>3</sub> jsou znázorněny v tabulce č.5 a na grafu č.2.

Tabulka 5: Naměřené hodnoty NH<sub>3</sub>

Varianta	Opakování	Hodnota NH <sub>3</sub> [ppm] 13.5.2023	Průměrná hodnota NH <sub>3</sub> [ppm] 13.5.2023	Hodnota NH <sub>3</sub> [ppm] 7.6.2023	Průměrná hodnota NH <sub>3</sub> [ppm] 7.6.2023
1	A	31,2	24 ± 8	1,9	2 ± 0,1
	B	24,3		1,8	
	C	15,3		2,0	
2	A	21,1	23 ± 1,7	2,2	2 ± 0,2
	B	22,5		2,1	
	C	24,4		1,8	
3	A	25,1	25 ± 0,8	1,9	2 ± 0,1
	B	25,9		1,9	
	C	24,3		2,0	
4	A	16,3	19 ± 2,6	2,0	2 ± 0,1
	B	19,7		1,9	
	C	21,5		1,9	
5	A	10,6	11 ± 0,1	0,2	1 ± 0,5
	B	10,7		0,2	
	C	10,5		1,1	
6	A	10,3	10 ± 0,2	1,2	1 ± 0,1
	B	10,3		1,2	
	C	9,9		1,3	
7	A	9,7	10 ± 0,1	1,4	1 ± 0,1
	B	9,8		1,2	
	C	9,8		1,2	
8	A	10,1	10 ± 0,2	1,2	1 ± 0,2
	B	9,8		0,9	
	C	9,9		1,1	

Graf 2: Naměřené hodnoty NH<sub>3</sub>



### 5.3 Obsah sušiny

V rámci experimentu byl stanovován obsah sušiny ve vstupních surovinách, které byly odebrány na začátku pokusu, a zpracovávaných směsí, které byly odebrány v průběhu vermikompostování a na konci experimentu. Obsah sušiny (tabulka č. 6) u akvakulturního kalu se pohyboval okolo 13,6 %. Je vidět, jak se zvyšuje obsah sušiny mezi samotným kalem a kalem s přidáním vaječných skořápek, rozdíl je cca 5 %. Nejchudší na sušinu se jevil listový salát, nejlíp se ukázaly samotné proložky, nebo proložky ve směsi s akvakulturním kalem a skořápkami.

Tabulka 6: Obsah sušiny ve vermikompostovacích surovinách na začátku experimentu

Materiál	Obsah sušiny [%]
kal	13,6 ± 0,1
salát	5,5 ± 0,3
proložky	32,7 ± 1,7
kal + skořáčky	18,1 ± 0,2
kal + skořáčky + proložky	32,2 ± 1,4
kal + skořáčky + salát	17,1 ± 0,6
kal + skořáčky + salát + proložky	29,7 ± 1,3

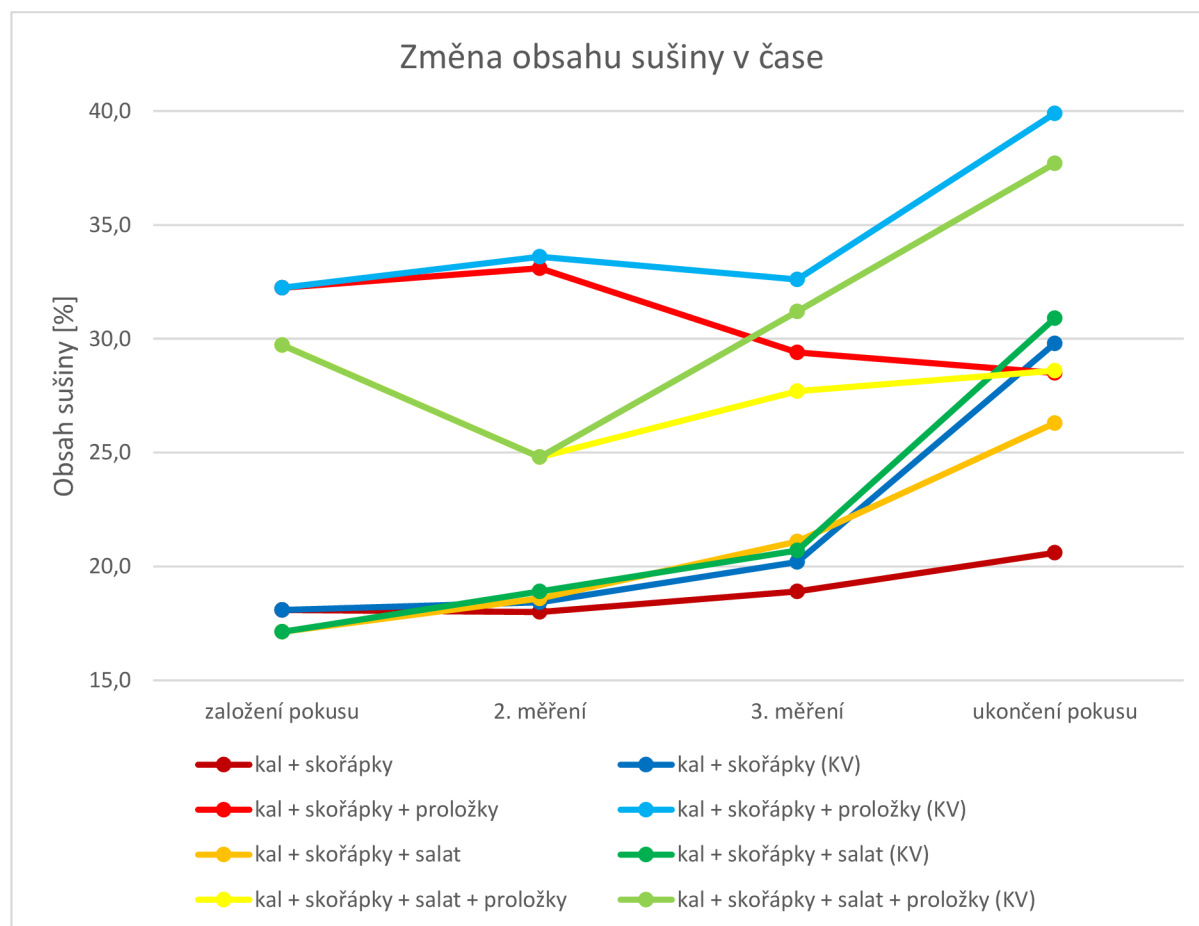
Je vidět že procentuální obsah sušiny se změnil na konci experimentu v porovnání se vstupními hodnotami (tabulka č.7). Nejvýznamnější rozdíl je vidět v případě vermikompostované směsi kalu + skořápky + salát, přírůst skoro 9 %. Při porovnání vermikompostu s kontrolní variantou směsi, můžeme zaznamenat největší rozdíl v obsahu sušiny v případě směsi kal + skořápky + proložky (+ 11,4 %). Varianta kal + skořápky + salát + proložky taky vyznačuje významně menší podíl sušiny u vermikompostu ve srovnání s kontrolní směsí (o 9 % menší obsah sušiny u vermikompostu).

Tabulka 7: Obsah sušiny na konci experimentu ve vermikompostovacích materiálech se žížalím a v kontrolních variantách

Vermikompost	Obsah sušiny [%]	Kontrolní varianta	Obsah sušiny [%]
kal + skořápky	20,6 ± 1,3	kal + skořápky	29,8 ± 2,9
kal + skořápky + proložky	28,5 ± 0,9	kal + skořápky + proložky	39,9
kal + skořápky + salát	26,3 ± 0,8	kal + skořápky + salát	30,9 ± 3,9
kal + skořápky + salát + proložky	28,6	kal + skořápky + salát + proložky	37,7 ± 1,7

Při porovnání obsahu sušiny v čase (graf č. 3), došlo ke snížení procentuálního obsahu sušiny u materiálu skládaného z kalu + skořápky + proložky, všechny ostatní varianty vykázaly spíše náhlý nárůst sušiny na konci experimentu. Mírný nárůst můžeme pozorovat u varianty vermikompostu která byla tvořena kalem se skořápkami.

Graf 3: Změny obsahu sušiny v průběhu experimentu



## 5.4 Porovnání hodnot pH

Byly naměřeny hodnoty pH po každém odběru u všech vermikompostovacích materiálů, včetně pH u vstupních surovin.

### 5.4.1 Založení pokusu

Při založení pokusu, mezi vstupní suroviny a vstupní směsí (tabulka č.8), nejnižší hodnoty pH byly naměřeny u salátu:  $6,7 \pm 0,2$ . Skořápky měly nejvyšší hodnotu pH v porovnání se všemi vstupními surovinami:  $8,2 \pm 0,02$ .

Tabulka 8: Množství pH za začátku experimentu

Materiál	Hodnoty pH
kal	$7,6 \pm 0,04$
salát	$6,7 \pm 0,2$
proložky	$7,9 \pm 0,01$
skořápky	$8,2 \pm 0,02$
kal + skořápky	$7,7 \pm 0,03$
kal + skořápky + proložky	$7,1 \pm 0,5$
kal + skořápky + salát	$7,6 \pm 0,06$
kal + skořápky + salát + proložky	$7,1 \pm 0,1$

### 5.4.2 Druhé měření

Po měsíci od založení pokusu všechny vzorky vykázaly významný nárůst hodnot pH. Největší přírůstek jak u kontrolní varianty, tak u směsi se žížalami byl zaznamenán u směsi: kal + skořápky + salát + proložky (pH:  $8,1 \pm 0,07$ ). Nejnižší přírůstek se vykázal u kontrolní varianty kal + skořápky (pH:  $8,4 \pm 0,03$ ) a u kontrolní varianty kal + skořápky + proložky (pH:  $7,8 \pm 0,2$ ). V případě směsi se žížalami nejnižší přírůstek byl u kalu se skořápkami (pH:  $8,34 \pm 0,11$ ).

### 5.4.3 Třetí měření

Třetí odběr proběhl po třech měsících od založení a po dvou měsících od druhého odběru. pH vykázalo náhlý pokles svých hodnot ve všech variantách. Největší pokles je vidět u kontrolních variant: kal se skořápkami (pH:  $7,5 \pm 0,1$ ), kal + skořápky + salát (pH:  $7,6 \pm 0,1$ ), a kal + skořápky + salát + proložky (pH:  $7,1 \pm 0,5$ ). Nejmenší pokles je u kontrolní varianty kal + skořápky + proložky (pH:  $7,3 \pm 0,2$ ). U variant se žížalím substrátem největší pokles pH byl u směsi kal + skořápky + salát + proložky (pH: 6,9). Nejmenší klesnutí bylo u vermikompostovací směsi kal + skořápky + salát (pH:  $7,6 \pm 0,1$ ) a kal se skořápkami (pH:  $7,7 \pm 0,1$ ).

### 5.4.4 Ukončení pokusu

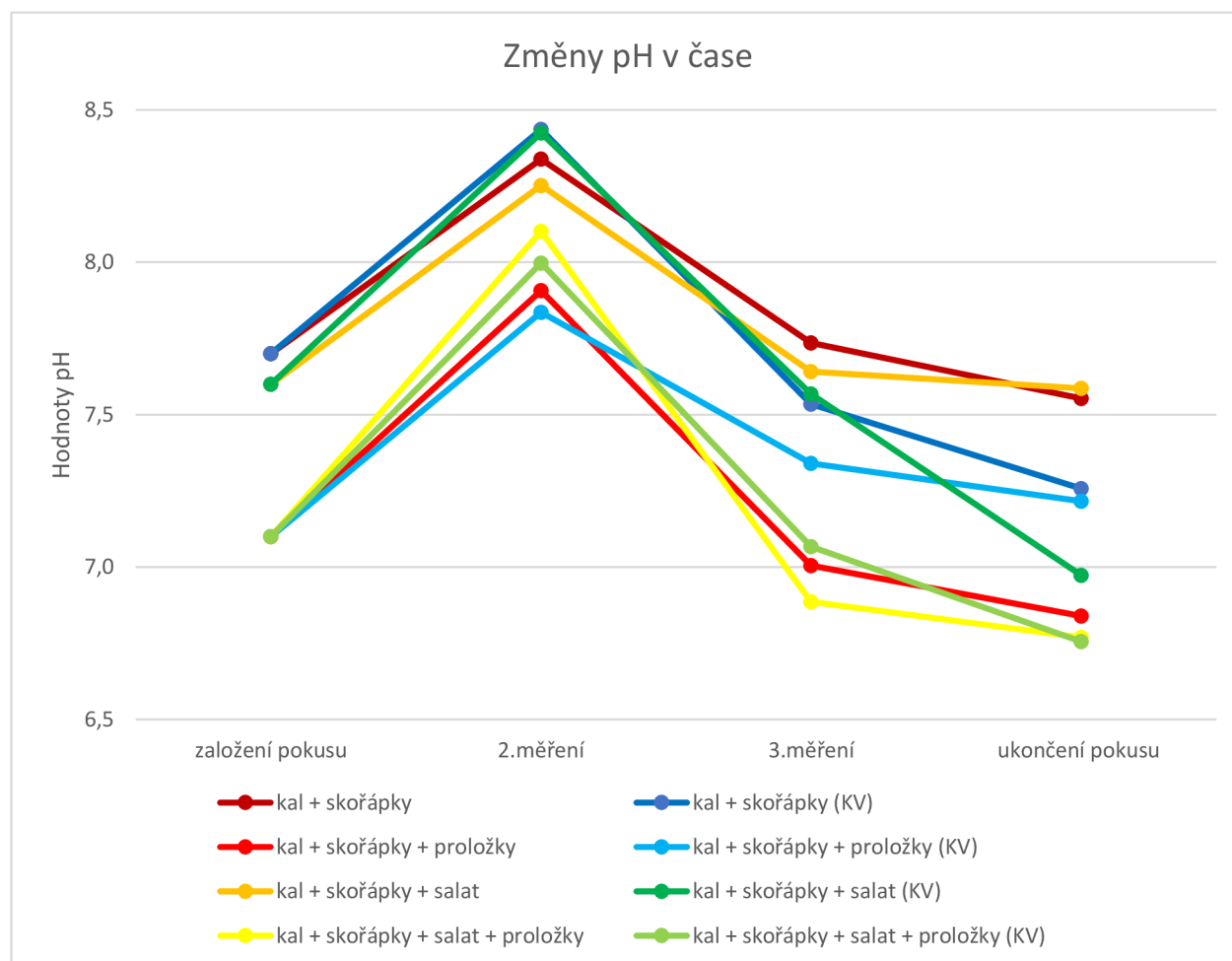
Poslední odběr proběhl po 6 měsících od založení pokusu. Všechny varianty, jak kontrolní varianty, tak i směsi se žížalím substrátem vykázaly stejný trend. Trend spočíval

v tom, že po měsíci od zakládání experimentu byl náhlý nárůst hodnot pH, ve třetím odběru náhlý pokles hodnot pH, a na konci pokusu již mírnější pokles hodnot pH (tabulka č. 9, graf č.4). Nejvyšší pokles se zaznamenal u variant kal + skořápky + salát (kontrola), v případě vermikompostovacích směsí se nejvyšší přírůst mezi prvním a poslední odběrem se ukázal u směsi kalu + skořápky + proložky. Jedna z variant ukázala malé zvýšení hodnoty pH mezi založením a ukončením pokusu: kontrolní varianta směsi kalu, skořápek a proložek.

Tabulka 9: Množství pH za konci experimentu

Vermikompost	Hodnoty pH	Kontrolní varianta	Hodnoty pH
kal + skořápky	$7,6 \pm 0,05$	kal + skořápky	$7,3 \pm 0,1$
kal + skořápky + proložky	$6,8 \pm 0,1$	kal + skořápky + proložky	$7,2 \pm 0,1$
kal + skořápky + salát	$7,6 \pm 0,2$	kal + skořápky + salát	$6,9 \pm 0,2$
kal + skořápky + salát + proložky	$6,8 \pm 0,1$	kal + skořápky + salát + proložky	$6,8 \pm 0,15$

Graf 4: Změny pH v průběhu experimentu





## 5.5 Porovnání hodnot měrné elektrické vodivosti

Souběžně se stanovením pH vzorku v každém odběru, byly stanoveny hodnoty měrné elektrické vodivosti.

### 5.5.1 Založení pokusu

Při prvním odběru byla nejvyšší hodnota měrné elektrické vodivosti mezi samotnými materiály u kalu se skořápky ( $1663 \pm 10 \mu\text{S/cm}$ ), u směsi nejvyšší naměřené EC ukazovalo v případě kal + skořápky + salát ( $1701 \pm 30 \mu\text{S/cm}$ ). Nejnižší naměřené hodnoty byly u samotných proložek ( $405 \pm 37,2 \mu\text{S/cm}$ ), a u směsi kal + skořápky + proložky ( $546 \pm 24,4 \mu\text{S/cm}$ ). Hodnoty měrné elektrické vodivosti mohly být ovlivněny homogenitou materiálu. Hodnoty množství EC materiálů na začátku experimentu jsou znázorněny v tabulce č.10.

Tabulka 10: Množství EC na začátku experimentu

Materiál	Vodivost [ $\mu\text{S/cm}$ ]
kal	$1472 \pm 54,9$
salát	$1557 \pm 614$
proložky	$405 \pm 37,2$
skořápky	$1052 \pm 16,4$
kal + skořápky	$1663 \pm 10$
kal + skořápky + proložky	$546 \pm 24,4$
kal + skořápky + salát	$1701 \pm 30$
kal + skořápky + salát + proložky	$1018 \pm 243,2$

### 5.5.2 Druhé měření

Po měsíci od prvního odběru jsou vidět náhlé změny v elektrické vodivosti v některých materiálech. Jak v případě kontrolních variant, tak i ve vermikompostovacích směsích nejvyšší nárůst hodnot vykázal kal + skořápky (KV:  $2523 \pm 113,7 \mu\text{S/cm}$ ; VS:  $2182,7 \pm 393,9 \mu\text{S/cm}$ ). Směsi s proložkami vykázaly buď malý nárůst, nebo i pokles hodnot. Směs kal + skořápky + proložky + salát ztratily hodnoty EC jak v případě kontrolní varianty ( $877 \pm 65,9 \mu\text{S/cm}$ ), tak i ve variantách se žížalami ( $977 \pm 142,9 \mu\text{S/cm}$ ).

### 5.5.3 Třetí měření

Po třech měsících od založení pokusu nejvyšší hodnoty EC byly u směsi kal + skořápky + salát + proložky s přidavkem žížalího substrátu –  $2540 \pm 88,9 \mu\text{S/cm}$ . Nejnižší hodnoty byly u kontrolní varianty kalu s přidáním skořápek –  $829 \pm 92 \mu\text{S/cm}$ .

### 5.5.4 Ukončení pokusu

Při posledním odběru po 6 měsících bylo zjištěno, že kontrolní varianty směsi kal + skořápky + salát + proložky ukázaly nejvyšší hodnotu EC –  $3710 \pm 1130 \mu\text{S/cm}$ . Začátkem od druhého měření měla tendenci stoupat, ale největší nárůst byl zaznamenán při posledním měření. Naopak nejnižší hodnoty a tendence k poklesnutí byla zaznamenána u varianty kalu

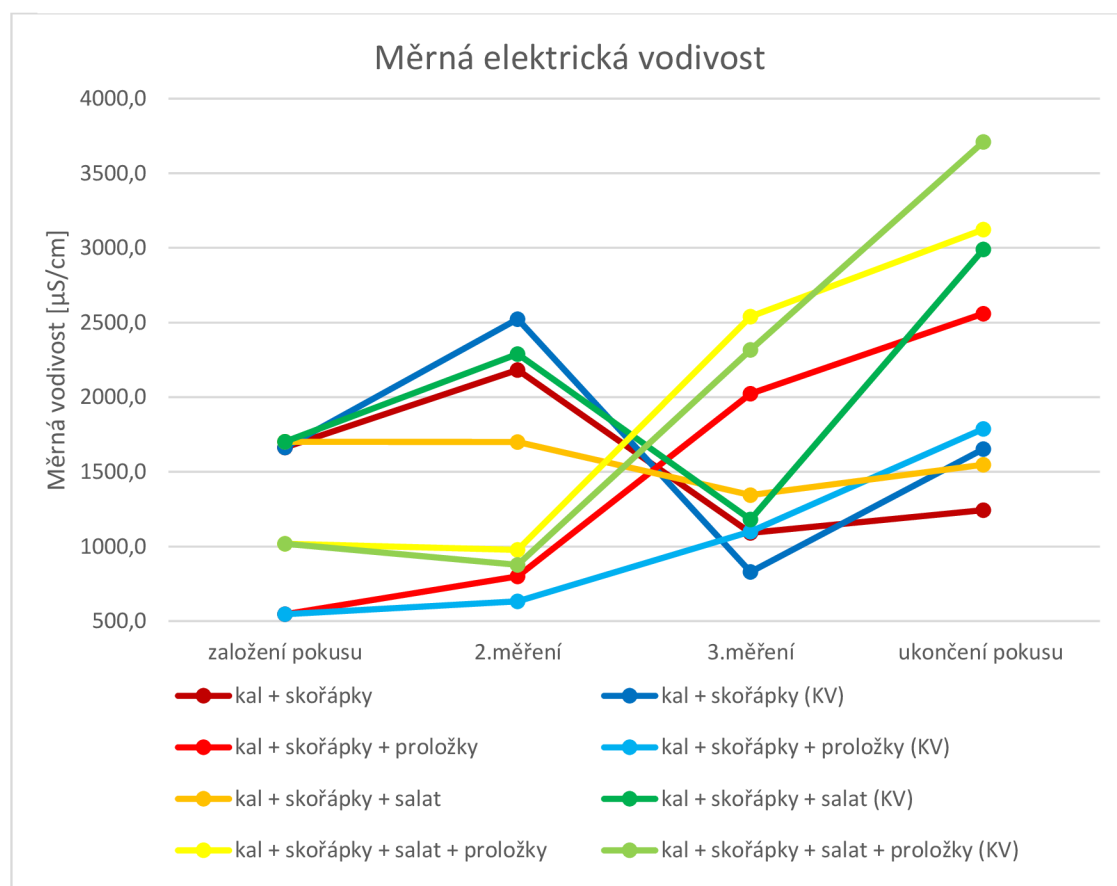
s příměsí skořápek ( $1244 \pm 211 \mu\text{S/cm}$ ). Rozdíl mezi kontrolní variantou a vermikompostovací variantou se byl cca o  $400 \mu\text{S/cm}$ . Hodnoty množství EC materiálů na konci experimentu jsou znázorněny v tabulce č.11.

Tabulka 11: Množství EC na konci experimentu

Vermikompost	Vodivost [ $\mu\text{S/cm}$ ]	Kontrolní varianta	Vodivost [ $\mu\text{S/cm}$ ]
kal + skořáčky	$1244 \pm 211$	kal + skořáčky	$1652,67 \pm 231$
kal + skořáčky + proložky	$2560 \pm 271,8$	kal + skořáčky + proložky	$1788 \pm 100,95$
kal + skořáčky + salát	$1548 \pm 100,6$	kal + skořáčky + salát	$2990 \pm 942,5$
kal + skořáčky + salát + proložky	$3123,3 \pm 120,5$	kal + skořáčky + salát + proložky	$3710 \pm 1130$

Dle grafu č. 5 je vidět, že varianty, které neobsahovaly ve svých směsích proložky buď měly minimální nárůst nebo ztrátu svých hodnot. Naopak ve směsi se salátem nebo samotný kal se skořápkami se projevil významnější nárůst hodnot měrné vodivosti. Opačná situace se objevila hned ve třetím měření, kde největší nárůst hodnot EC byl ve směsích s proložkami, zatím co hodnoty samotného kalu se skořápkami, nebo kalu se skořápkami a salátem měly významnou ztrátu hodnot. Na konci experimentu hodnoty měrné elektrické vodivosti vzrostly ve všech variantách směsí.

Graf 5: Změny množství EC v průběhu experimentu



## 5.6 Porovnání celkových obsahů prvků

Celkové obsahy prvků byly stanovovány u všech variant, včetně jednotlivých materiálů: proložek, salátu, skořápek a kalu. Při analýzách byly zjišťovány hodnoty Al, B, Ca, Fe, K, Mg, Mn, P, S a rizikové prvky: As, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Zn. Pro vyhodnocení celkových obsahů prvků všechny naměřené hodnoty byly převedeny na mg/kg dle skutečné navážky.

### 5.6.1 Založení pokusu

Největší hodnoty hliníku (Al) vykazoval kal ve směsi se skořápkou, proložky a salátem ( $9852,3 \pm 2289,6$  mg/kg), nejnižší hodnoty byly zjištěny u směsi kal, skořápkou a salát ( $567,8 \pm 75$  mg/kg). V případě boru (B) nejvyšší koncentrace prvku byla zjištěna u směsi kal, skořápkou a salát ( $22,7 \pm 3,03$  mg/kg), nejnižší u kalu ve směsi se skořápkou, proložky ( $15,9 \pm 0,2$  mg/kg). V situace s vápníkem (Ca), nejvyšší koncentrace prvku byla u samotných skořápek ( $354\,666 \pm 5\,987$  mg/kg) a pak ve směsích kalu se skořápkou ( $146303 \pm 43927$  mg/kg) a ve směsi kal, skořápkou a salát ( $146\,775,5 \pm 31\,286,3$  mg/kg). Samotný kal obsahoval malé množství prvku v porovnání se směsí se skořápkou, které obsahovali statistické významné množství vápníku. Skořápkou obsahují velké množství vápníku v porovnání s ostatními vstupními surovinami a směsmi. Obsahy prvku v jednotlivých vstupních surovinách jsou v tabulce č. 12. Z tabulky je vidět vliv jednotlivých složek na obsahy prvku ve směsi. Nejnižší koncentraci vykazoval kal ve směsi se skořápkou, proložky a salátem ( $81441,6 \pm 15414,8$  mg/kg). Kal se skořápkami obsahoval železa (Fe) nejméně v porovnání s ostatními směsmi ( $3\,429,58 \pm 911,7$  mg/kg), nejméně ho obsahovala směs jen s proložkami ( $1\,123,2 \pm 223,1$  mg/kg). V případě draslíku (K) pozorujeme nevyšší koncentraci prvku ve směsi kal, skořápkou a salát ( $5\,153,9 \pm 1\,081,5$  mg/kg), jako v případě železa, nejméně draslíku najdeme ve směsi s kalu s proložkami ( $1\,016,4 \pm 65,3$  mg/kg). Hořčíku (Mg) nejvíce najdeme u směsi kalu se skořápkou ( $2\,732,4 \pm 132,2$  mg/kg), nejmenší obsah ( $1\,375,15 \pm 293,2$  mg/kg) u směsi se skořápkou, proložky a salátem. Nejvyšší koncentrace manganu (Mn) byla zjištěna u směsi kalu se skořápkami a salátem ( $294,2 \pm 57,6$  mg/kg), nejnižší koncentrace u směsi kalu s proložkami ( $62,7 \pm 14,2$  mg/kg). Jako u manganu, u fosforu (P) a u síry (S) je vidět rozdíl v obsahu prvku mezi varianty obsahující proložky a bez nej. Nejvíce fosforu bylo u kalu se skořápkami ( $15704,1 \pm 2897$  mg/kg), nejméně ve variantě kal + skořápkou + salát + proložky ( $2\,537,8 \pm 1\,533,3$  mg/kg). Nejvíce síry (S) bylo ve směsi kal + skořápkou ( $5199,4 \pm 1065,7$  mg/kg) a kal + skořápkou + salát ( $4826,8 \pm 598,2$  mg/kg). Nejméně S bylo ve směsi kal + skořápkou + proložky ( $1467,4 \pm 330,4$  mg/kg).

Tabulka 12: Zastoupení prvku ve vstupních surovinách

	Al [mg/kg]	B [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Fe [mg/kg]	K [mg/kg]	Mg [mg/kg]	Mn [mg/kg]	P [mg/kg]	S [mg/kg]
<b>Žížaly</b>	$132 \pm 2,4$	$15 \pm 2$	$4562 \pm 890$	$340 \pm 44$	$8592 \pm 344$	$816 \pm 44$	$12 \pm 2,8$	$8129 \pm 111$	$7052 \pm 268$
<b>Kal</b>	$876 \pm 41$	$30 \pm 2,7$	$34880 \pm 2530$	$5758 \pm 137$	$2541 \pm 77$	$2865 \pm 94$	$493 \pm 18$	$23082 \pm 517$	$6898 \pm 349$
<b>Proložky</b>	$5116 \pm 903$	$18 \pm 1$	$61756 \pm 2612$	$904 \pm 120$	$438 \pm 88$	$1475 \pm 92$	$30 \pm 2$	$277 \pm 56$	$762 \pm 59$
<b>Salát</b>	$156 \pm 19$	$42 \pm 4$	$8847 \pm 1427$	$263 \pm 38$	$79355 \pm 3636$	$5058 \pm 441$	$50 \pm 12$	$4714 \pm 154$	$2253 \pm 156$
<b>Skořápkou</b>	$24 \pm 3,5$	$2,5 \pm 0,3$	$354666 \pm 5987$	$53 \pm 4$	$2235 \pm 2357$	$3862 \pm 56$	$2 \pm 0,3$	$1763 \pm 31$	$1663 \pm 80$

Nejvíce arsenu ( $7,9 \pm 1,6$  mg/kg), kadmíu ( $0,6 \pm 0,1$  mg/kg), chrom ( $15,5 \pm 3,4$  mg/kg), niklu ( $27 \pm 7,1$  mg/kg) a zinku ( $730,2 \pm 172,5$  mg/kg) vykázal kal se skořápkami. U všech

předem zmíněných prvku nejmenší koncentrace se objevila ve směsi kalu, skořápek a proložek: As =  $2,6 \pm 0,6$  mg/kg; Cd =  $0,1 \pm 0,08$  mg/kg; Cr =  $5,4 \pm 0,6$  mg/kg; Ni =  $5,8 \pm 1,8$  mg/kg; Zn =  $114,4 \pm 38,7$  mg/kg. V případě mědi, nejvyšší jej obsah najdeme ve variantě kal, skořápky a salát ( $65,3 \pm 11,2$  mg/kg), nejmenší ve směsi kal, skořápky a proložky ( $31,63 \pm 4,4$  mg/kg). U molybdenu stejně jako u mědi nejvíce prvku najdeme u směsi kal, skořápky a salát ( $2,4 \pm 0,4$  mg/kg) a nejmíň u směsi kal, skořápky a proložky ( $1,1 \pm 0,2$  mg/kg). Nejvíce olova ( $9 \pm 3,4$  mg/kg) u varianty kal + salát + proložky, nejmíň ( $1,8 \pm 0,1$  mg/kg) u kalu s proložkami. Obsahy rizikových prvku ve vstupních surovinách jsou znázorněny v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Zastoupení rizikových prvku ve vstupních surovinách

	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Mo [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Žížaly	$8 \pm 1,2$	$0,8 \pm 0,1$	0,38	$8 \pm 0,6$	$0,56 \pm 0,09$	$0,88 \pm 0,08$	NA	$110 \pm 3$
Kal	$9 \pm 0,4$	$0,8 \pm 0,1$	$29 \pm 7$	$97 \pm 6$	$3,52 \pm 0,3$	$47 \pm 6$	NA	$1207 \pm 49$
Proložky	NA	0,2	$5 \pm 0$	$38 \pm 1$	$1 \pm 0$	$2 \pm 0$	$8 \pm 1$	$46 \pm 6$
Salát	NA	$12 \pm 17$	NA	$9 \pm 1$	$2 \pm 0$	NA	NA	$21 \pm 1$
Skořápky	$2 \pm 0,2$	NA	NA	$2,1 \pm 0,1$	NA	$0,45 \pm 0,2$	$1,7 \pm 0,2$	$5,34 \pm 0,2$

## 5.6.2 Druhé měření

Po měsíci od založení pokusu došlo k nárůstu obsahu hliníku u všech variant, jak kontrolních, tak i vermikompostovacích směsí, kromě variant obsahujících proložky. V případě boru, draslíku, manganu, fosforu a síry došlo naopak na navýšení hodnot u všech směsí kromě varianty kalu ve směsi s proložky, salátem (VS a KV). Vápník rostl u všech variant, kromě variant s kalem se skořápkami, jak u substrátu, tak i u kontrolní varianty. Fe se navýšil jen u variant, který ve směsi měly proložky. Hodnoty hořčičku vzrostly u všech variant.

V případě rizikových prvku po měsíci od založení pokusu, byla situace následující. U všech variant došlo k nárůstu As, kromě samotného kalu se skořápkami a směsí kalu se salátem (KV, a substrát), nejvíce arsenu se nachází u varianty kalu se skořápkami ( $5,5 \pm 1,4$  mg/kg). Kadmium, chrom, měď a nikl narostli u všech variant kromě směsi kal, skořápky a salát, nejvíce Cd ( $0,9 \pm 0,1$  mg/kg), Cr ( $28,3 \pm 7$ ), Cu ( $134 \pm 14,4$  mg/kg), Ni ( $38,9 \pm 3,8$  mg/kg) se nachází v kalu se skořápkami. Mo a Zn mají přírůstek hodnot ve všech variantách obsahujících proložky. Nejvíce molybdenu se nachází v kontrolní variantě kal + skořápky + salát + proložky ( $2 \pm 0,1$  mg/kg). Nejvíce Zn je ve směsi kal + skořápky + proložky ( $678,39 \pm 27,8$  mg/kg). Hodnoty Pb klesly u všech variant kromě směsi kalu, skořápek a salátu, v KV ( $8 \pm 0,9$  mg/kg), ve substrátu ( $8 \pm 0,4$  mg/kg).

## 5.6.3 Třetí měření

Množství Al v porovnání s druhým měřením vykázaly přírůstek svých hodnot u všech směsí. V případě boru došlo ke klesnutí hodnot u všech variant. Naopak u vápníku a draslíku se všechny hodnoty se navýšily. Hodnoty železa klesly jen u varianty kalu se skořápkami a salátem. Mg a Mn klesnul jen u kontrolních variant se salátem. Hodnoty fosforu a síry klesly jen u kontrolní varianty kalu se skořápkami a salátem.

Po třetím odběru mezi rizikovými prvky byly zaznamenány následující změny. Obsah As se buď zvýšil nebo zůstal beze změn u všech variant, největší obsah arsenu je u kalu se skořápky ( $7,3 \pm 1,3$  mg/kg). Množství Cd kleslo u všech variant, nejvíce kadmia obsahuje kal se skořápky ( $0,6 \pm 0,04$  mg/kg). U kontrolních variant v případě chroma došlo k nárůstu hodnot u směsí, které neobsahovaly proložky, u vermikompostovací je naopak, nárůst byl u variant s proložkami. Nejvyšší hodnoty Cr po třetím měření se objevily u kontrolní varianty kalu se skořápky ( $30,6 \pm 6,7$  mg/kg). V případě mědi byl nárůst ve variantách obsahujících salát, největší počet prvku se objevil v kontrolní variantě kalu se skořápky ( $120,5 \pm 2,3$  mg/kg). Obsah molybdenu a niklu nevykázal významný nárůst nebo klesnutí svých hodnot. Nejvíce Mo je v kontrolní variantě kalu se skořápky ( $3,07 \pm 0,5$  mg/kg), stejně jako i obsah niklu ( $49,3 \pm 2,5$  mg/kg). Nejvíce olova se nachází ve směsi kal, skořápky a salát ( $10,01 \pm 3$  mg/kg). Nejvíce Zn se objevilo u kontrolní varianty kalu se skořápky ( $943,3 \pm 28,7$  mg/kg).

### 5.6.4 Ukončení pokusu

Ve srovnání s hodnotami při založení experimentu, celkové obsahy prvků z posledního odběru vykázaly následující tendenci. Hodnoty Ca, Mg měly tendenci k nárůstu během všech měření u všech variant směsí. Al se zvýšil u variant, které obsahovaly salát. B, K, Mn, P, S se zvýšil v případě jen kalu se skořápkami nebo ve směsi s proložkami. Hodnoty posledního odběru znázorněny v tabulce č. 14.

Tabulka 14: Celkové obsahy prvku na konci experimentu

Varianta	Al [mg/kg]	B [mg/kg]	Ca [mg/kg]	Fe [mg/kg]	K [mg/kg]	Mg [mg/kg]	Mn [mg/kg]	P [mg/kg]	S [mg/kg]
1	981 ± 71	23 ± 1,4	191079 ± 20710	4784 ± 211	3459 ± 334	5748 ± 188	482 ± 15	24349 ± 551	8224 ± 459
2	13314 ± 2091	16 ± 1,8	205813 ± 13722	2206 ± 181	1359 ± 186	3601 ± 17	125 ± 8	4590 ± 609	2576 ± 119
3	936 ± 80	21 ± 1,83	204687 ± 33036	4493 ± 545	7194 ± 393	5448 ± 249	446 ± 7	22412 ± 467	7693 ± 1037
4	8390 ± 951	15 ± 0,42	216896 ± 17081	2570 ± 169	4971 ± 1989	4011 ± 165	177 ± 17	9086 ± 850	3586 ± 271
5	1051 ± 84	22 ± 1,67	178218 ± 5913	5036 ± 394	4142 ± 4415	5397 ± 457	466 ± 5	23805 ± 1371	8109 ± 880
6	13196 ± 1648	16 ± 1,08	190869 ± 12849	2135 ± 202	4114 ± 2757	3651 ± 142	137 ± 13	5195 ± 655	3033 ± 176
7	977 ± 158	22 ± 3,48	201533 ± 30687	4515 ± 275	7902 ± 5019	5298 ± 326	433 ± 22	21775 ± 914	7434 ± 939
8	10867 ± 1870	18 ± 4,09	194503 ± 13069	2840 ± 457	4359 ± 4120	4010 ± 57	180 ± 4	8052 ± 683	3572 ± 88

V případě rizikových prvků, poslední měření prokázalo buď nárůst nebo malý pokles svých hodnot téměř u všech variant směsí. As, Ni a Zn měly pokles hodnot jen ve směsi kalu se skořápkami a salátem (kontrolní varianta a vermikompostovací směs). Kadmium se navýšil u variant směsí s proložkami. Cr, Cu se zvýšil u všech variant směsí. Mo se navýšil u variant, které neměly v soustavě svých směsí salát. Pb má nárůst hodnot jen u variant s kalem, skořápkami, salátem (kontrolní varianta a vermikompostovací směs). Obsahy rizikových prvků na konci experimentu jsou znázorněny v tabulce č. 15.

Tabulka 15: Celkové obsahy rizikových prvků na konci experimentu

Varianta	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Mo [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
1	10 ± 1,7	0,49 ± 0,1	24 ± 0,8	118 ± 9	3 ± 0,3	40 ± 3	2 ± 0,2	1055 ± 38
2	4 ± 0,2	NA	11 ± 0,9	64 ± 6	1 ± 0,2	10 ± 0,6	10 ± 1	241 ± 22
3	7 ± 0,8	0,45 ± 0,09	23,5 ± 3	112 ± 16	3 ± 0,6	40 ± 5	3 ± 0,2	1023 ± 98
4	6 ± 0,7	0,08	13 ± 1	68,8 ± 3,6	1 ± 0,2	16 ± 2	6 ± 0,7	423 ± 33
5	8 ± 1,1	0,45 ± 0,02	42 ± 29	123 ± 13	3 ± 0,3	43 ± 3	3 ± 0,6	1064 ± 114
6	3 ± 0,7	NA	12 ± 0,6	74,1 ± 4,9	1 ± 0,2	12 ± 2	10 ± 0,3	264 ± 26
7	8 ± 0,8	0,4 ± 0,09	27 ± 1	116 ± 16	3 ± 0,6	39 ± 5	2 ± 0,4	972 ± 106
8	5 ± 1	0,14	15 ± 2	76,61 ± 5,6	1 ± 0,15	15 ± 1	8 ± 0,6	360 ± 58

## 5.7 Porovnání přijatelných obsahu prvků (v CAT)

Přijatelné obsahy prvku udávají, jaké množství prvku je rostlina schopna z půdy extrahovat. Je důležitým ukazatelem použitelnosti vermikompostu. Příliš vysoké hodnoty určitých prvků ukazují, že nejen rostlina trpí negativními vlivy, ale i půda, a životní prostředí. Byly stanovovány hodnoty Al, B, Fe, K, Mg, Mn, P, S a rizikových prvků As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Pro vyhodnocení výsledku všechny hodnoty byly přepočteny na mg/kg dle skutečné navážky (4,0 g).

### 5.7.1 Založení pokusu

První měření obsahu přijatelných prvků prokázalo že nejvyšší hodnoty Fe, K, Mg, Mn, P, S ve směsích bez proložek. Fe ( $412,7 \pm 34,8$  mg/kg), Mg ( $1700 \pm 43,6$  mg/kg), Mn ( $196 \pm 6,24$  mg/kg), P ( $2613,33 \pm 165,63$  mg/kg), S ( $460,3 \pm 11,5$  mg/kg) u kalu se skořápkami. K ( $4369,7 \pm 449,09$  mg/kg) u směsi kalu, skořápek a salátu. Nejvíce K ve srovnání s ostatními vstupními surovinami obsahoval samotný salát. Obsah přijatelných prvků ve vstupních surovinách jsou znázorněny v tabulce č. 16. Obsah hliníku a boru se naopak zvyšuje u variant, které obsahují proložky. Nejvíce Al ( $17,6 \pm 0,8$  mg/kg) je ve směsi kal + proložky + skořápky + salát. Největší hodnoty B ( $4,4 \pm 0,16$  mg/kg) ve směsi kal + proložky + skořápky.

Tabulka 16: zastoupení přijatelných prvků ve vstupních surovinách

	Al [mg/kg]	B [mg/kg]	Fe [mg/kg]	K [mg/kg]	Mg [mg/kg]	Mn [mg/kg]	P [mg/kg]	S [mg/kg]
Kal	$1,36 \pm 0,2$	$3 \pm 0,04$	$538 \pm 24$	$2482 \pm 74$	$1990 \pm 52$	$210 \pm 7$	$3607 \pm 156$	$657 \pm 13$
Salát	$1,57 \pm 0,6$	$9 \pm 0,19$	$23 \pm 3$	$57733 \pm 3258$	$3400 \pm 148$	$42 \pm 9$	$2795 \pm 441$	$1170 \pm 70$
Proložky	$27 \pm 0,6$	$5 \pm 0,38$	$21,67 \pm 1,6$	$351 \pm 10$	$159 \pm 7$	$6,82 \pm 0,6$	$3 \pm 0,3$	$209 \pm 18$
Skořápky	NA	$0,25 \pm 0,01$	$3,8 \pm 0,42$	$761 \pm 8$	$175 \pm 2,41$	$0,85 \pm 0,03$	$169 \pm 5$	$215 \pm 2$

Mezi rizikové prvky nejvíce As, Cd, Cr, Cu, Mo, Ni, Zn obsahují směsi bez proložek: As ( $0,5 \pm 0,1$  mg/kg), Cd ( $0,2 \pm 0,01$  mg/kg), Cr ( $0,15 \pm 0,02$ ), Cu ( $26,2 \pm 1,3$ ), Ni ( $13,2 \pm 0,5$  mg/kg), Zn ( $214 \pm 16,7$  mg/kg) u kalu se skořápkami. Nejvíce Pb ( $0,7 \pm 0,03$  mg/kg) je u směsi kalu se skořápkami, proložkami a salátem. Samotné proložky obsahovaly nejvíce olova v porovnání se všemi vstupními surovinami. Obsah přijatelných rizikových prvků ve vstupních surovinách jsou znázorněny v tabulce č. 17.

Tabulka 17: zastoupení přijatelných rizikových prvků ve vstupních surovinách

	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
Kal	$3,9 \pm 0,2$	$0,2 \pm 0,01$	$0,2 \pm 0$	$20,7 \pm 1,4$	$16,5 \pm 0,9$	0,31	$273 \pm 6,7$
Salát	$0,6 \pm 0,2$	$0,1 \pm 0$	0,07	$6,7 \pm 0,5$	$0,15 \pm 0,07$	0,26	$18 \pm 1$
Proložky	NA	$0,02 \pm 0,01$	NA	$1,8 \pm 0,05$	$0,2 \pm 0,07$	$0,6 \pm 0,1$	$8,97 \pm 1$
Skořápky	NA	0,01	NA	$0,8 \pm 0,2$	0,09	NA	$2,91 \pm 0,1$

### 5.7.2 Druhé měření

Po měsíci od zakládání pokusu hodnoty přijatelných prvků vykázaly následující trend. Obsah hliníku se zvýšil u všech variant, které obsahovaly salát. Obsah bromu klesl u variant s příměsí proložek. V případě železa, draslíku, fosforu a síry došlo k nárůstu hodnot ve všech variantách kromě směsi kal, skořápek, salát (kontrolní varianty a vermikompostovací směsi). Hodnoty hořčíku a manganu se zvýšily u variant obsahujících ve svých směsích proložky.

V případě rizikových prvků As, Cd, Cu se navýšil u variant obsahujících proložky. Nejvíce As ( $2,5 \pm 0,1$  mg/kg), Cd ( $0,09$  mg/kg) nachází u samotného kalu se skořápkami. Cu ( $21 \pm 0,7$  mg/kg) je u kontrolní varianty kalu se skořápkami. Nejvíce Cr ( $0,6 \pm 0,06$  mg/kg) v kontrolní variantě kal, skořápkami, proložky. Nárůst Ni se objevil v případech neobsahujících salát. Nejvíce niklu ( $15,6 \pm 0,6$  mg/kg) najdeme u kontrolní varianty samotného kalu se skořápkami. Nejvíce olova je v kontrolní variantě směsi kal, skořápkami, proložky, salát ( $0,8 \pm 0,1$  mg/kg). Zn narostl u všech variant s příměsí proložek, nejvíce zinku je u samotného kalu se skořápkami ( $129,7 \pm 0,6$  mg/kg).

### 5.7.3 Třetí měření

Po třech měsících od založení experimentu byl zaznamenán pokles hodnot Al ve všech variantách směsi. Nejvíce Al ( $17,4 \pm 2,01$  mg/kg) je ve směsi kal + skořápkami + salát (KV). Nejvíce B ( $3,9 \pm 0,2$  mg/kg) ve vermikompostovací směsi kal + skořápkami + salát + proložky. Všechny kontrolní varianty měly přírůst Fe, v případě vermikompostovací směsi proběhl buď pokles svých hodnot nebo minimální přírůst. Nejvíce železa bylo v kontrolní variantě kal se skořápkami ( $653 \pm 52,2$  mg/kg). Hodnoty K postoupily u všech variant, nejvíce ve vermikompostovací směsi kal, skořápkami, proložky ( $6863,3 \pm 240,1$  mg/kg). Mg poklesly hodnoty jen kontrolní varianty směsi kal se skořápkami a salátem. Mg ( $1282,9 \pm 6,7$  mg/kg) kontrolní varianta kal se skořápkami. Hodnoty Mn klesly u všech variant směsi, kromě kontrolních variant, které obsahují salát. Nejvíce manganu je u samotného kalu se skořápkami ( $114,3 \pm 6,7$  mg/kg). Fosfor prokázal pokles hodnot ve všech variantách, kromě směsi kal + skořápkami + salát + proložky (KV a vermikompostovací směs), nejvíce P je ve směsi kal, skořápkami, proložky ( $1678,3 \pm 208,4$  mg/kg). V případě síry byl zaznamenán nárůst hodnot v případě samotného kalu se skořápkami ( $2833,3 \pm 251,7$  mg/kg).

Hodnoty As klesly u všech variant vermikompostovacích směsí, nejvíce arsenu ( $2,3 \pm 0,01$  mg/kg) je v kontrolní směsi kalu, skořápek a proložek. Cd se zvýšil u všech variant. Cr naopak své hodnoty ztratil v porovnání s druhým měřením. Obsah Cu se zvýšil u variant, které měly ve svých směsích salát, nejvíce u vermikompostovací směsi kal, skořápkami, proložky ( $14 \pm 4,6$  mg/kg). Ni ( $12,7 \pm 0,5$  mg/kg) v kontrolní variantě kalu se skořápkami. Obsah olova a zinku postupně narůstá u všech variant.

### 5.7.4 Ukončení pokusu

Ve srovnání s hodnotami přijatelných prvků při založení experimentu, u hodnot po šest měsíců byl pozorován pokles hodnot Al ve všech směsích s výjimkou směsi kalu se skořápkami a salátem (KV a VS) (tabulka č. 18.). V případě B byl zaznamenán nárůst hodnot u kalu se skořápkami (KV a VS) a směsi kalu skořápek a salátu (KV a VS). Opačná situace byla v případě Fe, K, Mg, Mn, P, nárůst byl zaznamenán jen ve směsích obsahujících proložky (KV a VS). Hodnoty S klesly jen ve směsi kal, skořápkami, salát (KV a VS).

Tabulka 18: Obsah přijatelných prvků na konci experimentu

Varianta	Al [mg/kg]	B [mg/kg]	Fe [mg/kg]	K [mg/kg]	Mg [mg/kg]	Mn [mg/kg]	P [mg/kg]	S [mg/kg]
1	NA	3 ± 0,1	177 ± 33	3150 ± 108	1534 ± 90	101 ± 8	666 ± 55	2737 ± 102
2	14 ± 2	2,7 ± 0,2	68 ± 3	934 ± 92	496 ± 21	19 ± 2	84 ± 14	107 ± 10
3	NA	3,3 ± 0,4	133 ± 52	6283 ± 534	1524 ± 312	101 ± 12	575 ± 27	2733 ± 107
4	6 ± 2	3 ± 0,3	67 ± 3,9	3683 ± 349	1049 ± 99	21 ± 3,5	177 ± 5	657 ± 61
5	0,9 ± 0,8	3,7 ± 0,3	280 ± 109	5817 ± 386	1005 ± 113	120 ± 13	981 ± 280	2150 ± 557
6	9 ± 1,7	3,3 ± 0,2	63 ± 3,4	1930 ± 192	739 ± 23	21 ± 4,6	139 ± 31	234 ± 74
7	NA	3,8 ± 0,3	206 ± 46	8635 ± 831	919 ± 37	114 ± 4,6	908 ± 89	2240 ± 182
8	6 ± 1	3,5 ± 0,3	71 ± 6,7	4757 ± 297	1062 ± 89	22 ± 3,8	206 ± 16	419 ± 162

Hodnoty As, Cu, Ni narostly ve směsích s proložkami (tabulka č. 19). Hodnoty Cd se navýšily ve všech směsích kromě varianty kalu, skořápek a salátu (KV a VS). Cr se zvýšil u všech variant, u kterých byl detekován na začátku experimentu. V případě olova byl vyjeven nárůst hodnot jen ve směsi kal, skořáčky, salát (KV a SV) a ve vermikompostovací směsi kalu, skořápek, salátu a proložek. Pokles Zn byl jen ve směsi kal, skořáčky, salát (KV a VS).

Tabulka 19: Obsah rizikových přijatelných prvků na konci experimentu

Varianta	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
1	2,3 ± 0,3	0,3 ± 0,04	0,11 ± 0,01	24 ± 5	12 ± 0,6	0,21 ± 0,02	435 ± 91
2	NA	0,1 ± 0,02	NA	7 ± 0,7	2 ± 0,2	0,81 ± 0,11	72 ± 14
3	2 ± 0,3	0,3 ± 0,05	0,13 ± 0,04	26 ± 2,5	9 ± 0,9	0,29 ± 0,05	436 ± 33
4	0,6 ± 0,2	0,16 ± 0,01	NA	11 ± 1,2	3,4 ± 0,2	0,64 ± 0,02	133 ± 12
5	1,6 ± 0,2	0,11 ± 0,05	0,15 ± 0,01	15 ± 0,9	10 ± 1,2	NA	227 ± 115
6	0,5 ± 0,2	0,1 ± 0	NA	8 ± 0,13	2,3 ± 0,2	0,8 ± 0,03	68 ± 9
7	2 ± 0,2	0,2 ± 0,04	0,13 ± 0,02	20 ± 1,5	10,4 ± 0,4	NA	363 ± 56
8	0,6 ± 0,2	0,16 ± 0,02	NA	11 ± 1,2	3,3 ± 0,5	0,95 ± 0,1	122 ± 26

## 5.8 Stanovení celkového obsahu uhlíku a dusíku

Poměr uhlíku a dusíku (C/N) určuje rychlost rozkladu odpadního materiálu. Ideální poměr C/N ve vermikompostovacích směsích by se měl pohybovat okolo 30:1.

### 5.8.1 Založení pokusu

Na začátku experimentu byly stanoveny obsahy uhlíku a dusíku v samotných surovinách a směsích. Poměry C/N ve vstupních surovinách jsou znázorněny v tabulce č. 20. Nejvyšší poměr C/N byl zaznamenán v případě proložek a ve směsích obsahujících proložky. Velmi nízké hodnoty C/N byly ve směsi kalu se skořáčky a ve směsi kalu, skořápek a salátu. Hodnoty C/N vaječných skořápek nebyly nalezeny, proto bylo zvoleno použít hodnoty poměru C/N ze studia Lee et al. (2016). Nejnižší poměr obsahoval samotný kal, což je nežádoucí pro vermikompostování.



Tabulka 20: Poměr C/N ve vstupních surovinách a směsích

Materiál	C/N
Kal	6,5 ± 0,08
Salát	8,3 ± 0,24
Proložky	178,3 ± 34,2
Skořápky	47,44
Kal + skořápky	7,2 ± 0,3
Kal + skořápky + proložky	94,5 ± 13,26
Kal + skořápky + salát	6,9 ± 0,01
Kal + skořápky + proložky + salát	73,6 ± 18,7

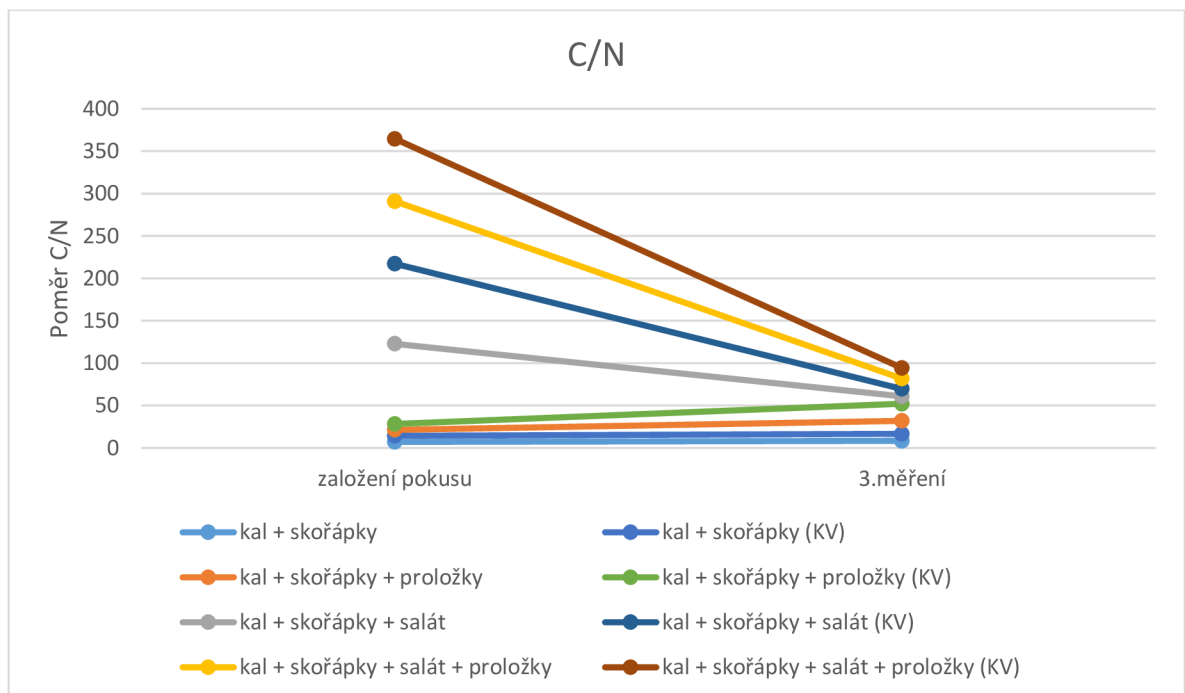
### 5.8.2 Třetí měření

Po třech měsících od založení pokusu byl zaznamenán pokles hodnot poměru C/N u všech variant směsí, které obsahovaly proložky. Opačná situace nastala u směsi kalu se skořápkou a směsi kalu, skořápek a salátu, u kterých byl zaznamenán mírný nárůst hodnot. Změny poměru C/N jsou znázorněny v tabulce č. 21 a na grafu č. 6. Nejvyšší hodnoty poměru C/N byly u kontrolní směsi kal, skořápek, proložky ( $20,2 \pm 3,4$ ). Nejnižší hodnoty poměru C/N byly u kontrolní varianty kalu se skořápkou ( $8,3 \pm 0,1$ ).

Tabulka 21: Poměr C/N ve směsích (30.6.2022)

Vermikompost	C/N	Kontrolní varianta	C/N
Kal + skořápky	8,4 ± 0,1	Kal + skořápky	8,3 ± 0,1
Kal + skořápky + proložky	15,3 ± 1,5	Kal + skořápky + proložky	20,2 ± 3,4
Kal + skořápky + salát	8,7 ± 0,4	Kal + skořápky + salát	8,7 ± 0,3
Kal + skořápky + proložky + salát	12,2 ± 0,5	Kal + skořápky + proložky + salát	12,5 ± 0,8

Graf 6: Změny poměru C/N mezi založením pokusu a třetím měřením (VS a KV)



### 5.8.3 Ukončení pokusu

Hodnoty uhlíku (C) a dusíku (N) nebyly stanoveny na konci pokusu z technických důvodů.

## 5.9 Počet a hmotnost žížal

Během každého odběru vzorku našich směsí, byly také zjišťovány počet, hmotnost žížal a množství kokonu ve variantách s žížalím substrátem. Výsledné hodnoty byly převedeny na 1 kg materiálu. Při prvním odběru nebyly nalezeny žádné žížaly ve vzorku kalu se skořápkami. Jak je vidět z tabulky č. 22, ve druhém měření se počet žížal navýšil ve všech variantách vermikompostovacích směsí, nejvíce ve druhém měření ve směsi kalu, skořápek, proložek a salátu. Po třech měsících došlo k velkému poklesu počtu žížal u všech variant vermikompostovacích směsí. Nejvyšší počet žížal při prvním a posledním odběru byl zaznamenán ve směsi kalu, skořápek, proložek a salátu. Substrát s žížalami byl odebrán souběžně s posledním odběrem. Počet jedinců v substrátu byl vyšší než počet jedinců ve vermikompostu u směsi kal + skořáčky + salát, a v miskách se směsí kal + skořáčky + proložky + salát.

Tabulka 22: Počet žížal v průběhu pokusu

Materiál	První odběr [počet žížal/kg]	Druhý odběr [počet žížal/kg]	Poslední odběr [počet žížal/kg]	Substrát s žížalami [počet žížal/kg]
Kal + skořáčky	0	84 ± 40	46 ± 23	11 ± 14
Kal +skořáčky + salát	48 ± 16	186 ± 37	64 ± 26	249 ± 130
Kal + skořáčky + proložky	31 ± 10	111 ± 88	66 ± 17	13 ± 13
Kal+ skořáčky + proložky + salát	144 ± 111	495 ± 193	86 ± 23	115 ± 57

Jak je vidět z tabulky č. 23 hmotnost žížal se zvýšila mezi prvním a posledním odběrem u variant směsí obsahující proložky.

Tabulka 23: Hmotností žížal v průběhu pokusu

Materiál	První odběr [g/kg]	Druhý odběr [g/kg]	Poslední odběr [g/kg]	Substrát s žížalami [g/kg]
Kal + skořáčky	0	5,9 ± 1,3	4,92 ± 0,9	0,8 ± 1,1
Kal +skořáčky + salát	4,8 ± 3	12,9 ± 5	4 ± 4,3	12,9 ± 1
Kal + skořáčky + proložky	1,5 ± 1	8,6 ± 2,6	5,3 ± 2,2	1 ± 1,2
Kal+ skořáčky + proložky + salát	25 ± 18	19 ± 11	4 ± 1,6	3,6 ± 1,1

V průběhu experimentu bylo taky spočítáno množství kokonu v odebraném vzorku. Z výsledných dat je vidět že množství kokonu se zvýšilo na konci pokusu ve směsích kal, skořáčky, salát a směsi kal, skořáčky, proložky. Na konci pokusu byly také spočítano kokony ve substrátu s žížalami. Množství kokonu na 1 kg vermikompostu jsou znázorněné v tabulce č. 24. Z tabulky je vidět že množství kokonu ve substrátu s žížalami je výrazně vyšší, než ve vermikompostovací směsi.

Tabulka 24: Množství kokonu v průběhu pokusu

Materiál	První odběr [množ. kokonu/kg]	Druhý odběr [množ. kokonu/kg]	Poslední odběr [množ. kokonu/kg]	Substrát s žížalami [množ. kokonu/kg]
Kal + skořápky	0	0	0	57,8 ± 25,2
Kal + skořápky + salát	0	6,6	26,7 ± 9,4	60 ± 24
Kal + skořápky + proložky	0	0	5,3 ± 2,2	28,9 ± 15,4
Kal+ skořápky + proložky + salát	0	0	0	31,1 ± 26,9

## 5.10 Statistické šetření

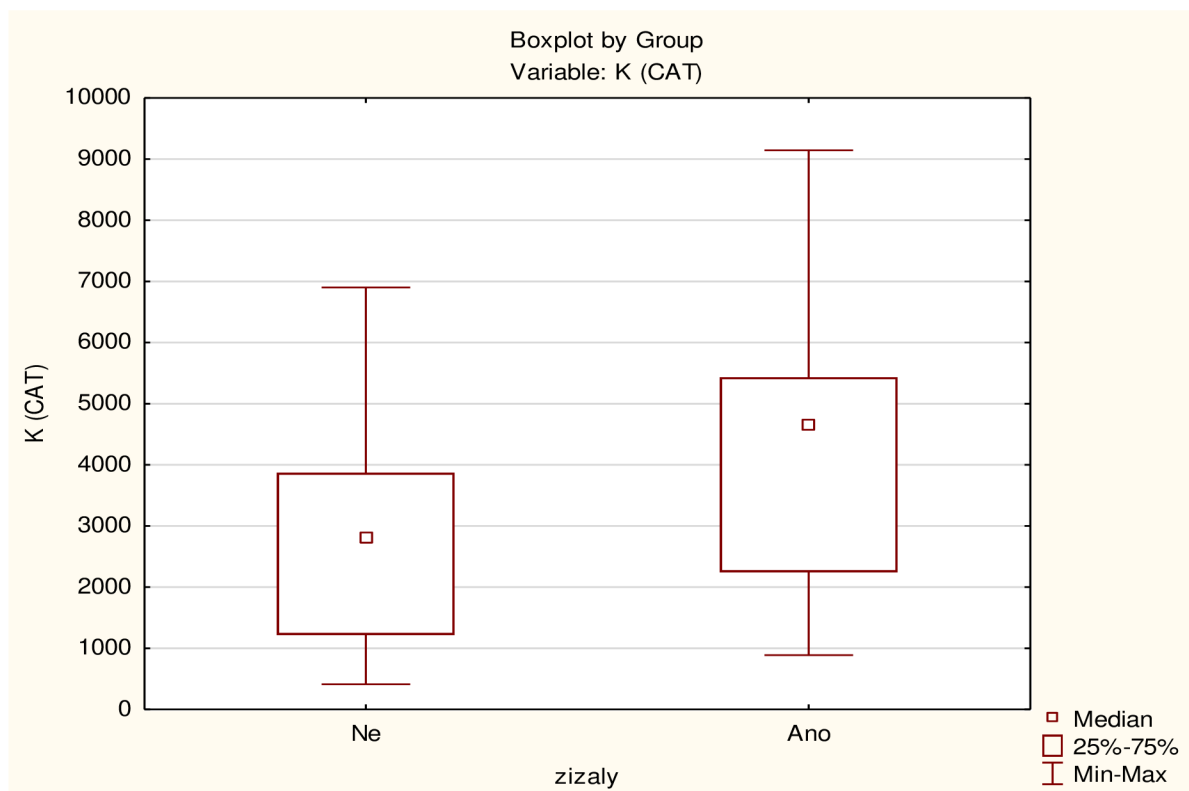
### 5.10.1 Hypotéza č. 1

$H_0$ : Existuje rozdíl v agrochemických vlastnostech mezi materiálem obsahujícím žížaly a materiálem bez žížal.

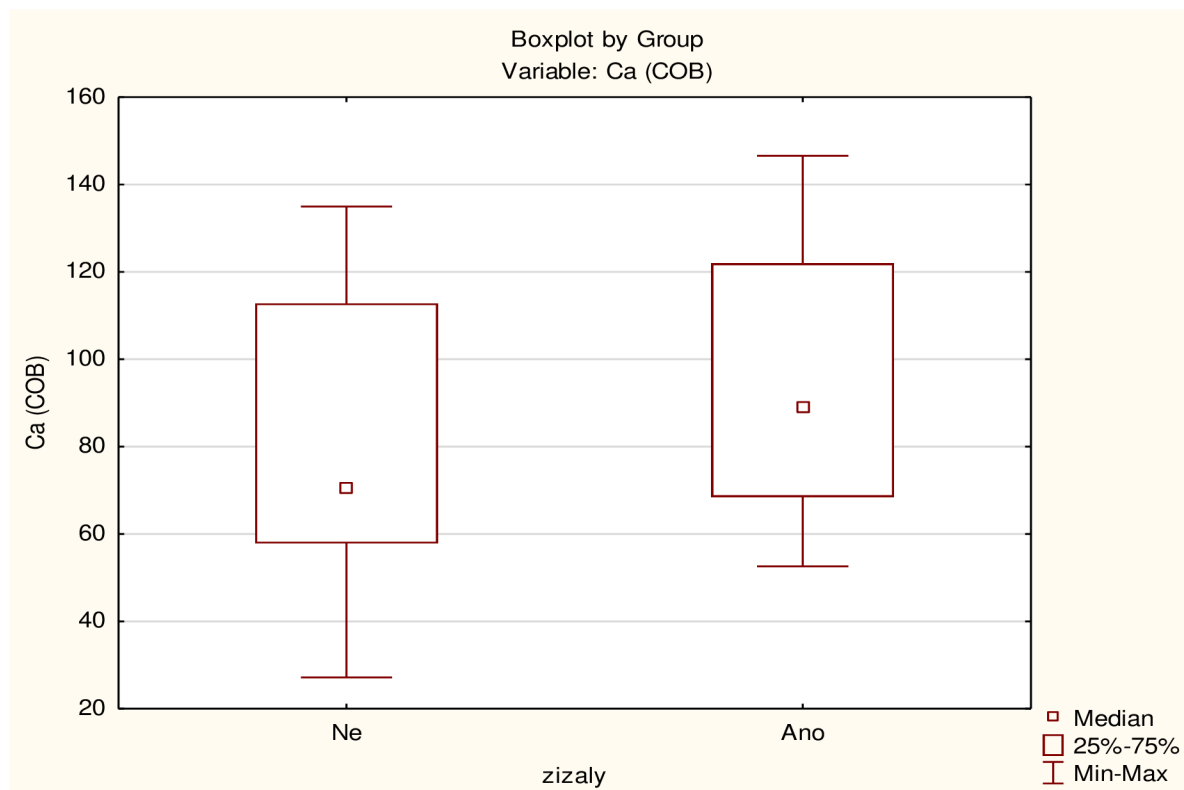
Z důvodu nemožnosti předpokladu normálního rozdělení dat a malého počtu vzorku, byl zvolen neparametrický test, konkrétně Mann – Whitneyův pořadový test pro porovnání dvou různých výběrových souborů.

Byl statisticky prokázán vliv přítomnosti žížal na přístupný obsah K (graf č. 7), na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ ,  $p = 0,001333$ . Také byl zaznamenán vliv přítomnosti žížal na obsah Ca (graf č. 8), na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ ,  $p = 0,031817$ . Lze také říct, že vyšší obsah Ca ve směsi působí pozitivně na počet žížal. Vliv přítomnosti žížal neprokázal vliv na ostatní agrochemické vlastnosti materiálu (tabulka č. 25).

Graf 7: Krabicový graf znázorňující hodnoty přijatelného K ve variantách s žížalami a bez žížal (TIBCO Statistica)



Graf 8: Krabicový graf znázorňující hodnoty celkového Ca ve variantách s žížalami a bez žížal (TIBCO Statistica)



Tabulka 25: Vliv žížal na základní agrochemické vlastnosti materiálu (TIBCO Statistica)

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (zizaly)											
By variable zizaly											
Marked tests are significant at p <.05000											
	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-value	Z	p-value	Valid	Valid N	2*1sided	
	(Ne)	(Ano)				(adjusted)		N (Ne)	(Ano)	(exact p)	
pH	2164,000	1406,000	740,0000	1,11629	0,264300	1,11633	0,264280	48	36	0,265862	
EC	1880,500	1689,500	704,5000	-1,43716	0,150672	-1,43724	0,150652	48	36	0,150096	
Al (CAT)	2065,500	1504,500	838,5000	0,22597	0,821225	0,22662	0,820722	48	36	0,818687	
As (CAT)	2108,000	1462,000	796,0000	0,61012	0,541785	0,61019	0,541736	48	36	0,543752	
B (CAT)	1918,000	1652,000	742,0000	-1,09821	0,272113	-1,09830	0,272072	48	36	0,273717	
Cd (CAT)	1935,500	1634,500	759,5000	-0,94003	0,347202	-0,94007	0,347182	48	36	0,346780	
Cr (CAT)	2084,000	1486,000	820,0000	0,39319	0,694182	0,42033	0,674246	48	36	0,695710	
Cu (CAT)	2026,500	1543,500	850,5000	-0,11750	0,906461	-0,11751	0,906459	48	36	0,903413	
Fe (CAT)	2092,000	1478,000	812,0000	0,46550	0,641576	0,46551	0,641569	48	36	0,643292	
K (CAT)	1684,500	1885,500	508,5000	<b>-3,20876</b>	<b>0,001333</b>	<b>-3,20880</b>	<b>0,001333</b>	48	36	<b>0,001114</b>	
Mg (CAT)	2031,000	1539,000	855,0000	-0,07683	0,938759	-0,07683	0,938759	48	36	0,939097	
Mn (CAT)	1973,000	1597,000	797,0000	-0,60108	0,547788	-0,60109	0,547778	48	36	0,549745	
Ni (CAT)	2004,000	1566,000	828,0000	-0,32088	0,748304	-0,32088	0,748298	48	36	0,749606	
P (CAT)	1946,500	1623,500	770,5000	-0,84061	0,400570	-0,84061	0,400567	48	36	0,400045	
Pb (CAT)	2095,500	1474,500	808,5000	0,49713	0,619096	0,49888	0,617868	48	36	0,617708	
S (CAT)	1885,500	1684,500	709,5000	-1,39197	0,163932	-1,39198	0,163928	48	36	0,163395	
Zn (CAT)	1995,500	1574,500	819,5000	-0,39771	0,690847	-0,39775	0,690816	48	36	0,689072	
Al (COB)	1886,000	1684,000	710,0000	-1,38745	0,165305	-1,38745	0,165305	48	36	0,166157	
As (COB)	2023,000	1547,000	847,0000	-0,14914	0,881444	-0,14914	0,881444	48	36	0,882091	
B (COB)	1930,000	1640,000	754,0000	-0,98975	0,322299	-0,98975	0,322299	48	36	0,324119	
Cd (COB)	1953,000	1617,000	777,0000	-0,78185	0,434301	-0,78185	0,434301	48	36	0,436339	
Cr (COB)	2048,000	1522,000	856,0000	0,06779	0,945952	0,06787	0,945892	48	36	0,946251	
Cu (COB)	1831,000	1739,000	655,0000	-1,88458	0,059487	-1,88458	0,059487	48	36	0,059221	
Ca (COB)	1802,000	1768,000	626,0000	<b>-2,14671</b>	<b>0,031817</b>	<b>-2,14671</b>	<b>0,031817</b>	48	36	<b>0,031296</b>	
Fe (COB)	1905,000	1665,000	729,0000	-1,21571	0,224095	-1,21571	0,224095	48	36	0,225412	
K (COB)	1833,000	1737,000	657,0000	-1,86651	0,061972	-1,86651	0,061972	48	36	0,061733	
Mg (COB)	1940,000	1630,000	764,0000	-0,89936	0,368463	-0,89936	0,368463	48	36	0,370414	
Mn (COB)	2026,000	1544,000	850,0000	-0,12202	0,902881	-0,12202	0,902881	48	36	0,903413	
Ni (COB)	1896,000	1674,000	720,0000	-1,29706	0,194610	-1,29706	0,194610	48	36	0,195710	
P (COB)	1932,000	1638,000	756,0000	-0,97167	0,331217	-0,97167	0,331217	48	36	0,333067	
Pb (COB)	1949,000	1621,000	773,0000	-0,81801	0,413353	-0,81920	0,412675	48	36	0,415375	
S (COB)	1917,000	1653,000	741,0000	-1,10725	0,268187	-1,10725	0,268187	48	36	0,269770	
Zn (COB)	1972,000	1598,000	796,0000	-0,61012	0,541785	-0,61012	0,541785	48	36	0,543752	

## 5.10.2 Hypotéza č. 2

H0: Složení vermikompostovacích materiálu ovlivní jeho agrochemické vlastnosti.

Dalším testem zjistíme, zda vermikompostovací směsi mají vliv na agrochemické vlastnosti materiálu. Budou testovány rozdíly v agrochemických vlastnostech mezi samotným akvakulturním kalem a směsí obsahující proložky. Dále budou testovány rozdíly v agrochemických vlastnostech mezi samotným akvakulturním kalem a směsí obsahující salát. Ze stejných důvodů, jak byly zmíněny v předchozím statistickém šetření, byl zvolen neparametrický test, konkrétně Mann – Whitneyův pořadový test pro porovnání dvou různých výběrových souborů.

Z tabulky č. 26 můžeme posoudit, že přítomnost salátu ve vermikompostovací směsi ovlivnila téměř všechny stanovované agrochemické parametry vermikompostovacích směsí, kromě měrné elektrické vodivosti, přístupné obsahy B, přístupné obsahy Cd a přístupné obsahyCu.

Tabulka 26: Vliv salátu na agrochemické vlastnosti materiálu (TIBCO Statistica)

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (salat)										
By variable salat										
Marked tests are significant at p <.05000										
	Rank Sum (Ne)	Rank Sum (Ano)	U	Z	p-value	Z (adjusted)	p-value	Valid N (Ne)	Valid N (Ano)	2*1sided (exact p)
pH	199,0000	101,0000	23,00000	2,80015	0,005108	2,80015	0,005108	12	12	0,003637
EC	159,0000	141,0000	63,00000	0,49075	0,623605	0,49085	0,623530	12	12	0,629726
Al (CAT)	92,0000	208,0000	14,00000	-3,31976	0,000901	-3,32338	0,000889	12	12	0,000371
As (CAT)	196,0000	104,0000	26,00000	2,62694	0,008616	2,62694	0,008616	12	12	0,006812
B (CAT)	128,0000	172,0000	50,00000	-1,24130	0,214495	-1,24184	0,214295	12	12	0,218921
Cd (CAT)	171,0000	129,0000	51,00000	1,18357	0,236585	1,18357	0,236585	12	12	0,241524
Cr (CAT)	210,0000	90,0000	12,00000	3,43523	0,000592	3,52852	0,000418	12	12	0,000201
Cu (CAT)	175,0000	125,0000	47,00000	1,41451	0,157214	1,41482	0,157123	12	12	0,159973
Fe (CAT)	209,0000	91,0000	13,00000	3,37750	0,000732	3,37823	0,000730	12	12	0,000274
K (CAT)	201,0000	99,0000	21,00000	2,91562	0,003550	2,91625	0,003543	12	12	0,002316
Mg (CAT)	190,0000	110,0000	32,00000	2,28053	0,022577	2,28053	0,022577	12	12	0,020489
Mn (CAT)	199,0000	101,0000	23,00000	2,80015	0,005108	2,80076	0,005099	12	12	0,003637
Ni (CAT)	212,0000	88,0000	10,00000	3,55070	0,000384	3,55148	0,000383	12	12	0,000103
P (CAT)	202,0000	98,0000	20,00000	2,97335	0,002946	2,97335	0,002946	12	12	0,001830
Pb (CAT)	93,5000	206,5000	15,50000	-3,23316	0,001224	-3,29387	0,000988	12	12	0,000496
S (CAT)	218,0000	82,0000	4,00000	3,89711	0,000097	3,89796	0,000097	12	12	0,000009
Zn (CAT)	205,0000	95,0000	17,00000	3,14656	0,001652	3,14793	0,001644	12	12	0,000858
Al (COB)	111,0000	189,0000	33,00000	-2,22280	0,026230	-2,22280	0,026230	12	12	0,024184
As (COB)	203,0000	97,0000	19,00000	3,03109	0,002437	3,03109	0,002437	12	12	0,001433
B (COB)	199,0000	101,0000	23,00000	2,80015	0,005108	2,80015	0,005108	12	12	0,003637
Cd (COB)	104,0000	196,0000	26,00000	-2,62694	0,008616	-2,62694	0,008616	12	12	0,006812
Cr (COB)	203,5000	96,5000	18,50000	3,05996	0,002214	3,06663	0,002165	12	12	0,001115
Cu (COB)	210,0000	90,0000	12,00000	3,43523	0,000592	3,43523	0,000592	12	12	0,000201
Ca (COB)	200,0000	100,0000	22,00000	2,85788	0,004265	2,85788	0,004265	12	12	0,002914
Fe (COB)	217,0000	83,0000	5,00000	3,83938	0,000123	3,83938	0,000123	12	12	0,000014
K (COB)	191,0000	109,0000	31,00000	2,33827	0,019374	2,33827	0,019374	12	12	0,017271
Mg (COB)	219,0000	81,0000	3,00000	3,95485	0,000077	3,95485	0,000077	12	12	0,000005
Mn (COB)	204,0000	96,0000	18,00000	3,08882	0,002010	3,08882	0,002010	12	12	0,001115
Ni (COB)	217,0000	83,0000	5,00000	3,83938	0,000123	3,83938	0,000123	12	12	0,000014
P (COB)	218,0000	82,0000	4,00000	3,89711	0,000097	3,89711	0,000097	12	12	0,000009
Pb (COB)	94,0000	206,0000	16,00000	-3,20429	0,001354	-3,20708	0,001341	12	12	0,000656
S (COB)	216,0000	84,0000	6,00000	3,78164	0,000156	3,78164	0,000156	12	12	0,000022
Zn (COB)	212,0000	88,0000	10,00000	3,55070	0,000384	3,55070	0,000384	12	12	0,000103

Z tabulky č. 27 vyplývá, že obsah proložek ve vermikompostovacích směsí měl vliv na obsah přístupného B, Fe, Mg, Mn, Ni.

Tabulka 27: Vliv proložek na agrochemické vlastnosti materiálu (TIBCO Statistica)

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (proložky)										
By variable proložky										
Marked tests are significant at p <,05000										
	Rank Sum (Ne)	Rank Sum (Ano)	U	Z	p-value	Z (adjusted)	p-value	Valid N (Ne)	Valid N (Ano)	2*1sided (exact p)
pH	160,5000	139,5000	61,50000	0,57735	0,563703	0,57748	0,563618	12	12	0,551167
EC	138,0000	162,0000	60,00000	-0,66395	0,506721	-0,66395	0,506721	12	12	0,513723
Al (CAT)	142,0000	158,0000	64,00000	-0,43301	0,665006	-0,43500	0,663560	12	12	0,670660
As (CAT)	178,0000	122,0000	44,00000	1,58771	0,112352	1,58771	0,112352	12	12	0,113502
B (CAT)	108,5000	191,5000	30,50000	-2,36714	0,017927	-2,36765	0,017902	12	12	0,014493
Cd (CAT)	159,0000	141,0000	63,00000	0,49075	0,623605	0,49075	0,623605	12	12	0,629726
Cr (CAT)	175,5000	124,5000	46,50000	1,44338	0,148916	1,44526	0,148385	12	12	0,143168
Cu (CAT)	162,0000	138,0000	60,00000	0,66395	0,506721	0,66410	0,506629	12	12	0,513723
Fe (CAT)	196,0000	104,0000	26,00000	2,62694	0,008616	2,62809	0,008587	12	12	0,006812
K (CAT)	126,0000	174,0000	48,00000	-1,35677	0,174854	-1,35677	0,174854	12	12	0,178182
Mg (CAT)	193,0000	107,0000	29,00000	2,45374	0,014138	2,45374	0,014138	12	12	0,012094
Mn (CAT)	193,0000	107,0000	29,00000	2,45374	0,014138	2,45481	0,014097	12	12	0,012094
Ni (CAT)	186,0000	114,0000	36,00000	2,04959	0,040405	2,05049	0,040318	12	12	0,038721
P (CAT)	182,0000	118,0000	40,00000	1,81865	0,068965	1,81865	0,068965	12	12	0,068361
Pb (CAT)	141,0000	159,0000	63,00000	-0,49075	0,623605	-0,52457	0,599885	12	12	0,629726
S (CAT)	153,0000	147,0000	69,00000	0,14434	0,885234	0,14437	0,885209	12	12	0,887386
Zn (CAT)	155,5000	144,5000	66,50000	0,28868	0,772830	0,28893	0,772638	12	12	0,755285
Al (COB)	122,0000	178,0000	44,00000	-1,58771	0,112352	-1,58771	0,112352	12	12	0,113502
As (COB)	179,0000	121,0000	43,00000	1,64545	0,099878	1,64545	0,099878	12	12	0,100530
B (COB)	158,0000	142,0000	64,00000	0,43301	0,665006	0,43301	0,665006	12	12	0,670660
Cd (COB)	137,0000	163,0000	59,00000	-0,72169	0,470487	-0,72169	0,470487	12	12	0,477575
Cr (COB)	177,0000	123,0000	45,00000	1,52998	0,126023	1,52998	0,126023	12	12	0,127688
Cu (COB)	166,0000	134,0000	56,00000	0,89489	0,370845	0,89489	0,370845	12	12	0,377685
Ca (COB)	161,0000	139,0000	61,00000	0,60622	0,544371	0,60622	0,544371	12	12	0,551167
Fe (COB)	176,0000	124,0000	46,00000	1,47224	0,140956	1,47224	0,140956	12	12	0,143168
K (COB)	157,0000	143,0000	65,00000	0,37528	0,707454	0,37528	0,707454	12	12	0,712535
Mg (COB)	177,0000	123,0000	45,00000	1,52998	0,126023	1,52998	0,126023	12	12	0,127688
Mn (COB)	180,0000	120,0000	42,00000	1,70318	0,088535	1,70318	0,088535	12	12	0,088734
Ni (COB)	180,0000	120,0000	42,00000	1,70318	0,088535	1,70318	0,088535	12	12	0,088734
P (COB)	179,0000	121,0000	43,00000	1,64545	0,099878	1,64545	0,099878	12	12	0,100530
Pb (COB)	140,5000	159,5000	62,50000	-0,51962	0,603332	-0,52361	0,600547	12	12	0,589876
S (COB)	166,0000	134,0000	56,00000	0,89489	0,370845	0,89489	0,370845	12	12	0,377685
Zn (COB)	172,0000	128,0000	50,00000	1,24130	0,214495	1,24130	0,214495	12	12	0,218921

### 5.10.3 Hypotéza č. 3

H0: Hmotnost a počet žížal jsou stejné ve variantách obsahujících nasávanou kartonáž a bez ní.

Z důvodu nemožnosti předpokladu normálního rozdělení dat a malého počtu vzorků, byl zvolen neparametrický test, konkrétně Mann – Whitneyův pořadový test pro porovnání dvou různých výběrových souboru.

Z tabulky č. 28 vyplývá že nejsou rozdíly v počtu a hmotnosti žížal mezi substrátem obsahujícím proložky a substrátem bez.

Tabulka 28: Vliv přítomnosti proložek ve vermikompostovací směsi na hmotnost a počet žížal (TIBCO Statistica)

Mann-Whitney U Test (w/ continuity correction) (Hm.zizal)										
By variable proložky										
Marked tests are significant at p <,05000										
	Rank Sum (Ne)	Rank Sum (Ano)	U	Z	p-value	Z (adjuste)	p-value	Valid N (Ne)	Valid N (Ano)	2*1sided (exact p)
Hmotnost žížal	133,0000	167,0000	55,00000	-0,95263	0,340779	-0,95680	0,338670	12	12	0,347358
Počet žížal	128,0000	172,0000	50,00000	-1,24130	0,214495	-1,24619	0,212696	12	12	0,218921

## 6 Diskuze

### 6.1 Objemová hmotnost

Objemová hmotnost se snižovala u všech variant vermikompostovacích směsí, kromě varianty kalu se skořápkami. Opačná situace je v kontrolních směsích, kde objemová hmotnost se zvýšila ve všech variantách. Objemová hmotnost závisí na velikosti částic kompostovací/vermikompostovací směsi, na pórovitosti materiálů, a probíhajícím biologickém rozkladu. Ve studiu Jain et al. (2018) byla prokázána závislost mezi velikostí částic a objemovou hustotou kompostovací směsi. Stejný trend ke zvýšení objemové hmotnosti byl zaznamenán ve studiích: Mohee a Mudhoo (2005), Rao a Parsai (2023), Sowiński et al. (2022). Zvýšením velikosti částic se snižuje objemová hmotnost, což odůvodňuje, proč nejvyšší hodnoty objemové hmotnosti byly zaznamenány u směsi kalu, skořápek a salátu, na rozdíl od směsi, které obsahovaly proložky, které spíše u svých hodnot měly pokles.

### 6.2 Obsah $\text{NH}_3$

Mezi prvním a posledním měřením hodnoty  $\text{NH}_3$  se snížily ve všech variantách směsí. Také bylo pozorováno, že obsah  $\text{NH}_3$  v případě vermikompostovacích směsí ihned na začátku vykazovaly nižší hodnoty než substrát bez něj. Byla zjištěna závislost mezi poklesem hodnot pH a poklesem uvolňování  $\text{NH}_3$  do atmosféry. Důvodem snížení pH se pravděpodobně jeví činnost mikroorganismů. Žížaly pozitivně ovlivňují činnost mikroorganismů ve vermikompostu, čímž urychlují rozklad amonných iontů na dusičnany.

### 6.3 Obsah sušiny

Ve variantách vermikompostovacích směsí, které obsahovaly proložky došlo ke snížení obsahu sušiny ke konci pokusu. Co se týká kontrolních variant bez žížal, všechny směsi v průběhu času vykazovaly náhlý nárůst sušiny. Opačná situace se vyskytla v případě Uçaroğlu a Alkan (2016) došlo ke snížení obsahu sušiny na konci kompostovacího procesu kalu z čistírny odpadních vod. V kontrolní směsi kal, skořápky, salát došlo k nárůstu obsahu sušiny skoro o 13,8 %. Ve studiu Rahman et al. (2020), při vermikompostování kravího trusu s různým poměrem žížal, vermikompostování bylo prováděno na otevřeném místě, což vedlo ke ztrátě vlhkosti a zvýšení obsahu suché hmoty v průběhu vermikompostování. Jednou z možných důvodů navýšení sušiny v našem pokusu byly podmínky, za kterých pokus probíhal. Byla udržovaná konstantní vlhkost v místnosti, výluh ze směsi nebyl vrácen zpátky do vermikompostu. Vrácení výluhu zpět do vermikompostovacích směsí by mohlo vést ke snížení suché hmoty materiálu.

### 6.4 pH

Hodnoty pH všech variant vykazovaly nejdříve náhlý nárůst, zatím stejně náhlý pokles hodnot ke konci experimentu. Stejně jako v případě Badhwar a Singh (2022) po třech měsících od založení pokusu vermikompostovací směsi měly tendenci ke ztrátě hodnot pH.

Dle dřív zmíněných autorů, k poklesu hodnot mohla vest produkce humnových kyselin z mikrobiální aktivity během degradace organické hmoty. Dle Sharma a Garg (2018) produkce CO<sub>2</sub> v důsledku metabolických aktivit v procese vermikompostování mohla snížit hladinu pH. Hodnoty pH na konci pokusu pohybovaly v rozmezí od 6,7 do 7,6, což odpovídá normě ČSN pro hodnoty pH se pro vermikompost (od 6,0 do 9,0). Přítomnost žížal ve vermikompostovacích směsích výrazně snížila hodnoty pH v porovnání s kontrolními variantami směsích bez žížal. Ve studiu Rahman et al. (2020) byl prokázán pokles hodnot pH ve směsích kraviho trusu se skořápkami, ale důvodem k tomu byla spíše mikrobiální aktivita při vermikompostování. Snížení pH bylo také prokázáno ve studiích Rorat et al. (2016), Uçaroğlu a Alkan (2016).

## 6.5 Měrná elektrická vodivost

Hodnoty měrné elektrické vodivosti měly náhlý nárůst hodnot ve všech směsích obsahujících proložky. Hodnoty na začátku experimentu se pohybovaly v rozmezí od 0,5 do 1,7 mS, na konci experimentu od 1,2 do 3,1mS. Toto navýšení hodnot EC neneslo žádné nepříznivé vlivy na žížaly ve vermikompostovacích směsích. Žížaly jsou tolerantní k hodnotám do 15 mS/cm, proto i maximálně dosažené množství EC je stále v mezích jejich tolerance. K nárůstu EC v kompostovací směsích došlo v případě Garg et al., (2006), Hanč a Plíva (2013). Zvýšení hodnot EC lze odůvodnit postupným uvolňováním vázaných prvků v trávicím ústrojí žížal a klesáním hmotnosti a objemu materiálu. Tognetti et al., (2007) podporuje názor, že v průběhu rozkladu organické hmoty v kompostu dochází k uvolňování minerálů (Ca, Mg, K, P) ve svých dostupných kationových formách, čímž může zvyšovat hodnoty elektrické měrné vodivosti.

## 6.6 Celkové obsahy prvku

Zvýšení obsahu P a K ve směsích mohlo být způsobeno uvolňováním K v důsledku mineralizace prvků pod vlivem enzymů a bakterií v trávicím systému žížal (Pramanik et al. 2007), Garg et al., (2006)). Hodnoty celkového obsahu P a K se také navýšily v případě Sharma a Garg (2019). V našem případě fosfor a draslík se také zvýšily, ale s výjimkou směsích kal, skořápkový salát, u kterých hodnoty mezi prvním a posledním měřením výrazně klesly. Zvýšení obsahu Al a Ca může být vysvětleno poklesem suché hmoty substrátu (Hanc et al., 2012). Ca a Mg se navyšovali od založení pokusu u všech variant směsích, stejně jako v případě Garg et al., (2012).

Dle vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 474/2000 Sb., *O stanovení požadavků na hnojiva* (ČESKO) limitní hodnoty rizikových prvků pro hotové hnojivo (mg/kg sušiny): As = 30, Cd = 2, Cr = 100, Cu = 150, Ni = 50, Pb = 100, Zn = 600 (*Manuál kvality kompostu* 2021). Při porovnání s hodnotami rizikových prvků na konci pokusu lze říci, že jediným prvkem přesahujícím limitní hodnoty je Zn. Nadlimitní hodnoty zinku byly nalezeny ve variantách, které neobsahovaly ve svých směsích proložky, nejvíce u kontrolní varianty a vermikompostovací směsích kalu se skořápkami. Dle Kolářová et al. (2019), zdrojem zinku mohou být pozinkované nástroje a potrubí v RAS, nebo obsah Zn v rybích stravech. Zvýšené hodnoty Zn byly také prokázány u Rorat et al. (2016) a Kouba et al. (2018). Z důvodu



překročení limitních hodnot rizikových prvků u variant, které neobsahovaly proložky ve svých směsích, používání směsi akvakulturního kalu se skořápkami a akvakulturního kalu ve směsi se skořápkami a salátem nejsou doporučeny pro aplikaci na zemědělskou půdu.

## 6.7 Přijatelné obsahy prvku

Obsah přístupného K prokázal statisticky významnou závislost na obsahu žízála ve směsích. Draslík narostl ve všech směsích kromě kal, skořápký, salát. Nejvyšší přírůst byl zaznamenán ve směsích s proložkami, stejně jako přístupný Mg. Přístupný fosfor prokázal vysoký prorůst hodnot ve směsi kal, skořápký, proložky. Nárůst přístupných K, Mg, P byl zaznamenán v případě Dume et al. (2023). Hodnoty přístupného Al měly nevýznamné navýšení jen ve směsi se salátem, v ostatních variantách byl pozorován pokles. Naopak od Dume et al. (2023) hodnoty přijatelného Mn se navýšily ve směsích kalu s proložkami. Ale obsah přijatelného B v proložkách klesl

Co s tyče obsahu přístupných rizikových prvků, přístupný Cu navýšil své hodnoty jen ve směsích s proložkami, navýšení také bylo prokázáno u (Dume et al., 2023). Přesto že předem zmíněné studium mělo pokles hodnot u přijatelného Zn, naše měření ukázalo na velký přírůst hodnot ve směsích s proložkami. Hodnoty přístupného Ni se zvýšily jen ve směsích s proložkami. Přístupné Pb narostl ve směsích kal, skořápký salát. Obsah přijatelného Cd mírně narostl u všech směsi kromě kal, skořápký, salát. Přístupný As narostl ve směsích s proložkami a v případě kalu se skořápký.

## 6.8 Celkové obsahy C a N

Z hodnot naměřených ve třetím měření vyplývá, že největší poměr C/N se objevily ve variantách obsahujících proložky, která v sobě nese jen málo dusíku, ale vysoký obsah uhlíku. Naopak kal, kal se skořápký a kal ve směsi se skořápkami a salátem měly nejnižší hodnoty poměru C/N, kvůli tomu že obsahují menší množství uhlíku a větší množství dusíku. Samotný kal měl nízké hodnoty C/N, přidáním vaječných skořápek byl navýšen poměr C/N, což je vidět z poměru C/N u směsi kalu se skořápký. Z důvodu nedostatku technických plynu, byly hodnoty C/N stanoveny jen u prvního měření a třetího měření.

Poměr C/N je velmi důležitým parametrem, který ukazuje na zralost a stabilitu vermikompostu. Pokud poměr C/N činí mezi 25-30, této hodnoty ukazuje na intenzivní stabilizaci organické hmoty; hodnoty poměru C/N pod 20 naznačují na vynikající kvalitu kompostu, zatímco hodnoty poměru C/N do 15 by mohly být považovány za vhodné pro aplikaci na zemědělskou půdu (Badhwar & Singh 2022). Poměr C/N hotového vermikompostu v studiu Shafique et al. (2023) také prokázal pokles hodnot do 11:1.

Srovnání různých poměru C/N ve studiu Dume et al. (2023) ukázalo, že vermikompost s poměrem C/N 18:1 prokázal nejvyšší populaci žízála. Mezi naší směsi nejbliž této hodnotě odpovídala směs kal, skořápký, proložky s poměrem C/N  $15,3 \pm 1,5$ , a měla jeden z nejvyšších počtu jedinců žízála mezi ostatními směsi.

## 6.9 Počet a hmotnost žížal

Počet žížal na začátku a na konci experimentu se zvýšil ve všech variantách kromě směsi kal, skořápky, proložky, salát. Nejvyšší počet žížal ve většině variant byl zaznamenán po třech měsících od založení pokusu (2. měření). Nízký počet na začátku a na konci experimentu může být odůvodněn tím, že nelze odhadnout dobu kdy jsou žížaly přítomné ve vermikompostovací směsi, a kdy jsou schované ve svém substrátu, proto je těžko odhadnout skutečný počet žížal ve směsích. Počet žížal a množství kokonu v substrátu byl vyšší než ve vermikompostu v případě směsi kalu se skořápkami a salátem. Naopak ve směsi kalu se skořápkami a proložkami byl nalezen větší počet žížal a vyšší množství kokonů ve vermikompostu než ve substrátu. Co se týče směsi kalu se skořápkami, bylo vidět že počet žížal ve vermikompostu byl významně vyšší než v substrátu, zatímco množství kokonů bylo viditelně nižší. Přítomnost proložek a skořápek mohla pozitivně ovlivnit vermikompostovací směsi pro rozmnožování jedinců a navýšení počtu žížal, tyto závislosti byly statisticky otestovány.

Statistickým šetřením nebyl prokázán vliv přítomností proložek ve směsi na hmotnost a počet žížal. Na druhou stranu byl prokázán statisticky významný vliv obsahu vápníku na počet žížal ve směsi. Přidáním vaječných skořápek do směsi byl významně navýšen obsah Ca ve směsi. Murugesan a Annapoorani (2021) ve svém pokusu zkoušel účinnost vaječných skořápek na rozmnožování a vermikompostovací schopnosti žížal (*Eudrilus eugeniae*), prokázal závislost mezi populací mladých a dospělých jedinců a množství nových kokonů ve směsi vaječných skořápek a kraviho trusu.

## 7 Závěr

Diplomová práce se zabývala vermikompostováním kalu z recirkulačního akvakulturního systému s přidáním vaječných skořápek. Do různých variant směsí byly přidány salát a proložky v různých poměrech. K vermikompostování byly použity žížaly druhu *Eisenia andrei*. Cílem práce bylo posoudit vhodnost kalu z RAS k vermikompostování, a směsí, ve kterých vermikompostování bude prospěšné pro výsledný vermikompost.

První stanovenou hypotézou byl předpoklad, že existuje rozdíl v agrochemických vlastnostech mezi materiálem obsahujícím žížaly a materiálem bez žížal. Statistické šetření prokázalo závislost mezi přítomností žížal ve směsi a obsahem Ca a přístupného K. Z tohoto výsledku se dalo také říct, že navýšením obsahu Ca vaječnými skořápkami mělo vliv na počet žížal ve vermikompostovací směsi.

Druhou stanovenou hypotézou byl předpoklad, že složení vermikompostovacích materiálů ovlivní jeho agrochemické vlastnosti. Ze statistického šetření bylo zjištěno, že přítomnost salátu ve vermikompostovací směsi měla vliv na téměř všechny stanovované agrochemické parametry, kromě měrné elektrické vodivosti, přístupné obsahy B, přístupné obsahy Cd a přístupné obsahy Cu. Přítomnost proložek ovlivnila obsah přístupných B, Fe, Mg, Mn, Ni.

Třetí stanovenou hypotézou byl předpoklad, že hmotnost a počet žížal jsou stejné ve variantách obsahujících nasávanou kartonáž (proložky) a bez ní. Výsledkem statistického

šetření bylo zamítnutí stanovené hypotézy. Nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly v počtu a hmotnosti žížal mezi substrátem obsahujícím proložky a substrátem bez proložek.

Z důvodu překročení limitních hodnot rizikových prvků u variant, které neobsahovaly proložky ve svých směsích, používání směsi akvakulturního kalu se skořápkami a akvakulturního kalu ve směsi se skořápkami a salátem nejsou doporučeny pro aplikace na zemědělskou půdu. Množství nalezených kokonu v substrátu s žížalami bylo významně větší než ve vermikompostu, což taky ukazuje, že tyto vermikompostovací směsi nejsou vhodné pro roznožování žížal. Přidání materiálů s vysokým obsahem uhlíku a vaječných skořápek do akvakulturního kalu je prospěšné pro výsledný vermikompost

## 8 Literatura

- ALTMANN, Vlastimil, VACULÍK, Petr and MIMRA, Miroslav, 2010. *Technika pro zpracování komunálního odpadu : vědecká monografie*. V Praze : Česká zemědělská univerzita. ISBN 978-80-213-2022-2.
- BADHWAR, Vinay Kumar and SINGH, Charanjit, 2022. Vermicomposting of textile mill sludge employing *Eisenia fetida*: Role of cow dung and tea waste amendments. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 29, no. 13, pp. 19823–19834. DOI 10.1007/s11356-021-17185-z.
- ČÁSTKOVÁ, T and HANČ, A, 2019. Change of the parameters of layers in a large-scale grape marc vermicomposting system with continuous feeding. *Waste Management & Research*. Vol. 37, no. 8, pp. 826–832. DOI 10.1177/0734242X18819276.
- ČESKO. *Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech...* . In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 16. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>.
- ČESKO. *Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulantech a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech)*. [online]. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 16. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>. Retrieved from : <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1998-156>
- ČESKO. *Vyhláška č. 273/2021 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady...* . In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 16. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2021-273>.
- ČESKO. *Vyhláška č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva.* . In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010–2024 [cit. 16. 4. 2024]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-474>.
- ČSN 46 5735. *Kompostování.*, . . Praha : Česká agentura pro standardizaci na základě ustanovení § 5 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb. 2020, 24s. Třídící znak 51 1443.
- ČSN 46 5736. *Vermikomposty*, . . Praha: : Česká agentura pro standardizaci na základě ustanovení § 5 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb. 2018, 12s. Třídící znak 50 6021.
- DOMINGUEZ, Jorge and EDWARDS, Clive A., 2010. *Relationships between composting and vermicomposting*. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. ISBN 9781439809884. DOI 10.1201/b10453.
- DUME, Bayu et al., 2023. Composting and vermicomposting of sewage sludge at various C/N ratios: Technological feasibility and end-product quality. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 263, no. July, p. 115255. DOI 10.1016/j.ecoenv.2023.115255.
- GARG, Payal, GUPTA, Asha and SATYA, Santosh, 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*. Vol. 97, no. 3, pp. 391–395. DOI 10.1016/j.biortech.2005.03.009.
- GARG, V.K., SUTHAR, S. and YADAV, Anoop, 2012. Management of food industry waste employing vermicomposting technology. *Bioresource Technology*. Vol. 126, pp. 437–443. DOI 10.1016/j.biortech.2011.11.116.
- GÓMEZ-BRANDÓN, María et al., 2020. Effectiveness of vermicomposting for bioconversion of grape marc derived from red winemaking into a value-added product. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 27, no. 27, pp. 33438–33445. DOI 10.1007/s11356-019-04820-z.

- HANC, Ales and DRESLOVA, Marketa, 2016. Effect of composting and vermicomposting on properties of particle size fractions. *Bioresource Technology*. Vol. 217, pp. 186–189. DOI 10.1016/j.biortech.2016.02.058.
- HANC, Ales, DUME, Bayu and HREBECKOVA, Tereza, 2022. Differences of Enzymatic Activity During Composting and Vermicomposting of Sewage Sludge Mixed With Straw Pellets. *Frontiers in Microbiology*. Vol. 12, no. January. DOI 10.3389/fmicb.2021.801107.
- HANC, Ales and PLÍVA, Petr, 2013. *Vermikompostování bioodpadů: (certifikovaná metodika)*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2422-0.
- HANC, Ales, SZAKOVA, Jirina and SVEHLA, Pavel, 2012. Effect of composting on the mobility of arsenic, chromium and nickel contained in kitchen and garden waste. *Bioresource Technology*. Vol. 126, pp. 444–452. DOI 10.1016/j.biortech.2011.11.053.
- HOLAN, Astrid Buran, GOOD, Christopher and POWELL, Mark D., 2020. Health management in recirculating aquaculture systems (RAS). In : *Aquaculture Health Management*, pp. 281–318. Elsevier. DOI 10.1016/B978-0-12-813359-0.00009-9.
- JAIN, MAYUR SHIRISH, DAGA, MOHIT, KALAMDHAD, Ajay S., 2018. Composting physics: A science behind bio-degradation of lignocellulose aquatic waste amended with inoculum and bulking agent. *Process Safety and Environmental Protection*. Vol. 116, pp. 424–432. DOI 10.1016/j.psep.2018.03.017.
- KALINA, Miroslav, 2004. *Kompostování a péče o půdu*. 2., upr. v. Praha : Grada Publishing. ISBN 80-247-0907-4.
- KAUR, Tamanreet, 2020. Vermicomposting: An Effective Option for Recycling Organic Wastes. *Organic Agriculture*. No. October. DOI 10.5772/intechopen.91892.
- KOLÁŘOVÁ, J., NEPEJCHALOVÁ, L., POLICAR, T., 2019. *Řešení Zdravotní Problematiky V Intenzivních Chovech Ryb Využívajících Ras ( Recirkulační Akvakulturní Systém )*. ISBN 9788075141002.
- KOUBA, Antonín et al., 2018. Vermicomposting of sludge from recirculating aquaculture system using *Eisenia andrei*: Technological feasibility and quality assessment of end-products. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 177, pp. 665–673. DOI 10.1016/j.jclepro.2017.12.216.
- LEE, Leong Hwee, WU, Ta Yeong and LOW, Ze Xian, 2016. *Reuse of powdered eggshells in vermicomposting of acidic waste* [online]. Monash University. Retrieved from : [http://uest.ntua.gr/cyprus2016/proceedings/pdf/Lee\\_reuse\\_powdered\\_eggshells\\_vermicomposting.pdf](http://uest.ntua.gr/cyprus2016/proceedings/pdf/Lee_reuse_powdered_eggshells_vermicomposting.pdf)
- LORES, M et al., 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry*. Vol. 38, no. 9, pp. 2993–2996. DOI 10.1016/j.soilbio.2006.05.001.
- Manuál kvality kompostu*, 2021. . Ministerstvo zemědělství - zemědělská ekologická regionální agentura, z.s. ISBN 9788087226414.
- MARSH, LORI, SUBLER, SCOTT, MISHRA, SUDANSHU, MARINI, Michele, 2005. Suitability of aquaculture effluent solids mixed with cardboard as a feedstock for vermicomposting. *Bioresource Technology*. Vol. 96, no. 4, pp. 413–418. DOI 10.1016/j.biortech.2004.06.002.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR, 2022. *Metodický návod* [online]. Retrieved from : [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)

- MOHEE, Romeela and MUDHOO, Ackmez, 2005. Analysis of the physical properties of an in-vessel composting matrix. *Powder Technology*. Vol. 155, no. 1, pp. 92–99. DOI 10.1016/j.powtec.2005.05.051.
- MUPAMBWA, Hupenyu Allan and MNKENI, Pearson Nyari Stephano, 2018. Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 25, no. 11, pp. 10577–10595. DOI 10.1007/s11356-018-1328-4.
- MURUGESAN, Sindhu and ANNAPOORANI, C.A., 2021a. Efficacy of reproduction and vermicomposting ability of eggshell powder using *Eudrilus eugeniae*. *International Journal of Entomology Research*. Vol. 6, no. 2, pp. 273–277.
- MURUGESAN, Sindhu and ANNAPOORANI, C.A., 2021b. Efficacy of reproduction and vermicomposting ability of eggshell powder using *Eudrilus eugeniae*. *International Journal of Entomology Research*. Vol. 6, no. 2, pp. 273–277.
- NDEGWA, P.M and THOMPSON, S.A, 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology*. Vol. 76, no. 2, pp. 107–112. DOI 10.1016/S0960-8524(00)00104-8.
- PEŞMEN, Günnur, 2023. Possibility of Using Eggshell in Industry. . Vol. 9, no. 4, pp. 331–339. DOI 10.22399/ijcesen.1378564.
- POMMERESCHE, Reidun et al., 2007. *Žížaly a Jejich Význam Pro Zlepšování Kvality Půdy*.
- PRAMANIK, P. et al., 2007. Changes in organic - C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bioresource Technology*. Vol. 98, no. 13, pp. 2485–2494. DOI 10.1016/j.biortech.2006.09.017.
- RAHMAN, A et al., 2020. Influence of amount of red worm (*Eisenia foetida*) on the organic matter degradation during vermicomposting of cattle manure. *Bangladesh Journal of Animal Science*. Vol. 49, no. 1, pp. 45–54. DOI 10.3329/bjas.v49i1.49377.
- RAO, Jakki Narasimha and PARSAI, Tanushree, 2023. A comprehensive review on the decentralized composting systems for household biodegradable waste management. *Journal of Environmental Management*. Vol. 345, p. 118824. DOI 10.1016/j.jenvman.2023.118824.
- ROBERTSON, Claire E., 2003. McCance and Widdowson's The Composition of Foods – Sixth Summary Edition. *Nutrition Bulletin*. Vol. 28, no. 1, pp. 81–83. DOI 10.1046/j.1467-3010.2003.00292.x.
- RORAT, Agnieszka et al., 2016. Interactions between sewage sludge-amended soil and earthworms—comparison between *Eisenia fetida* and *Eisenia andrei* composting species. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 23, no. 4, pp. 3026–3035. DOI 10.1007/s11356-015-5635-8.
- SHAFIQUE, Irsa et al., 2023. Cow dung putrefaction via vermicomposting using *Eisenia fetida* and its influence on seed sprouting and vegetative growth of *Viola wittrockiana* (pansy). *PLoS ONE*. Vol. 18, no. 2 February, pp. 1–18. DOI 10.1371/journal.pone.0279828.
- SHARMA, Kavita and GARG, V.K., 2018. Comparative analysis of vermicompost quality produced from rice straw and paper waste employing earthworm *Eisenia fetida* (Sav.). *Bioresource Technology*. Vol. 250, pp. 708–715. DOI 10.1016/j.biortech.2017.11.101.
- SHARMA, Kavita and GARG, V.K., 2019. Vermicomposting of Waste. In : *Sustainable*

*Resource Recovery and Zero Waste Approaches*, pp. 133–164. Elsevier. DOI 10.1016/B978-0-444-64200-4.00010-4.

SOWIŃSKI, Józef et al., 2022. The changes of willow biomass characteristics during the composting process and their phytotoxicity effect on *Sinapis alba* L. *PLoS ONE*. Vol. 17, no. 10 October. DOI 10.1371/journal.pone.0275268.

TOGNETTI, C., MAZZARINO, M. J. and LAOS, F., 2007. Cocomposting biosolids and municipal organic waste: Effects of process management on stabilization and quality. *Biology and Fertility of Soils*. Vol. 43, no. 4, pp. 387–397. DOI 10.1007/s00374-006-0164-8.

UÇAROĞLU, Selnur and ALKAN, Ufuk, 2016. Composting of wastewater treatment sludge with different bulking agents. *Journal of the Air and Waste Management Association*. Vol. 66, no. 3, pp. 288–295. DOI 10.1080/10962247.2015.1131205.

WALIA, Sohan Singh and KAUR, Tamanpreet, 2024. Role of Earthworms in Vermicomposting. In : *Earthworms and Vermicomposting*, pp. 55–60. Singapore : Springer Nature Singapore. DOI 10.1007/978-981-99-8953-9\_5.

*Literatura byla generována pomocí volně dostupného citačního manažeru Mendeley - <https://www.mendeley.com/download-desktop/>*

## **9 Seznam použitých zkratk a symbolů**

- BRO – biologický rozložitelný odpad
- RAS – recirkulační akvakulturní systém
- VS – vermikompostovací směsi
- KV – kontrolní varianta
- EC – měrná elektrická vodivost



## 10 Samostatné přílohy

*Příloha 1: Celkové obsahy sušiny, pH, EC v průběhu měření*

Označení vzorku	Navážka [g]	Obsah sušiny [g]	pH	EC [ $\mu$ S/cm]
1A (24.03.2022)	150	17,87	7,715	1 653
1B (24.03.2022)	150	18,07	7,701	1 673
1C (24.03.2022)	150	18,33	7,649	1 662
2A (24.03.2022)	150	17,87	7,626	1 714
2B (24.03.2022)	150	16,87	7,592	1 667
2C (24.03.2022)	150	16,67	7,515	1 723
3A (24.03.2022)	150	33,80	6,472	518
3B (24.03.2022)	150	30,93	7,444	557
3C (24.03.2022)	150	32,00	7,416	563
4A (24.03.2022)	150	28,53	7,264	780
4B (24.03.2022)	150	29,53	7,046	1 266
4C (24.03.2022)	150	31,13	7,112	1 008
1A (28.04.2022)	150	18,33	8,447	2 490
1B (28.04.2022)	150	18,47	8,402	2 430
1C (28.04.2022)	150	18,47	8,458	2 650
2A (28.04.2022)	150	34,47	8,030	585
2B (28.04.2022)	150	34,93	7,830	687
2C (28.04.2022)	150	31,47	7,648	625
3A (28.04.2022)	150	18,73	8,452	2 190
3B (28.04.2022)	150	19,60	8,364	2 240
3C (28.04.2022)	150	18,27	8,458	2 440
4A (28.04.2022)	150	20,73	7,965	816
4B (28.04.2022)	150	26,93	8,164	868
4C (28.04.2022)	150	26,80	7,864	947
5A (28.04.2022)	150	18,40	8,374	2 400
5B (28.04.2022)	150	17,40	8,428	2 420
5C (28.04.2022)	150	18,13	8,213	1 728
6A (28.04.2022)	150	33,13	7,695	821
6B (28.04.2022)	150	32,80	7,950	874
6C (28.04.2022)	150	33,27	8,076	707
7A (28.04.2022)	150	18,27	8,273	1 703
7B (28.04.2022)	150	18,80	8,222	1 567
7C (28.04.2022)	150	18,73	8,262	1 828
8A (28.04.2022)	150	24,47	8,054	1 142
8B (28.04.2022)	150	25,67	8,063	891
8C (28.04.2022)	150	24,40	8,188	898
1A (30.06.2022)	150	19,00	7,463	922
1B (30.06.2022)	150	21,27	7,538	738
1C (30.06.2022)	150	20,47	7,602	827
2A (30.06.2022)	150	30,40	7,517	917
2B (30.06.2022)	150	33,53	7,377	1 137
2C (30.06.2022)	150	34,00	7,126	1 243
3A (30.06.2022)	150	21,07	7,628	1 026
3B (30.06.2022)	150	0,00	7,415	1 349
3C (30.06.2022)	150	20,40	7,662	1 166
4A (30.06.2022)	150	27,93	7,601	1 242
4B (30.06.2022)	150	32,20	6,816	2 650
4C (30.06.2022)	150	33,53	6,785	3 060
5A (30.06.2022)	150	17,93	7,588	966
5B (30.06.2022)	150	19,87	7,845	1 192
5C (30.06.2022)	150	0,00	7,775	1 115
6A (30.06.2022)	150	28,80	7,121	1 680
6B (30.06.2022)	150	29,53	6,912	2 260
6C (30.06.2022)	150	29,87	6,982	2 130
7A (30.06.2022)	150	0,00	7,681	1 473
7B (30.06.2022)	150	20,67	7,696	1 260
7C (30.06.2022)	150	21,60	7,546	1 300
8A (30.06.2022)	150	27,27	6,889	2 440
8B (30.06.2022)	150	27,87	6,887	2 570
8C (30.06.2022)	150	28,07	6,882	2 610

Označení vzorku	Navážka [g]	Obsah sušiny [g]	pH	EC [μS/cm]
1A (6.09.2022)	150	26,73	7,394	1 386
1B (6.09.2022)	150	30,20	7,116	1 777
1C (6.09.2022)	150	32,53	7,263	1 795
2A (6.09.2022)	150	0,00	7,257	1 894
2B (6.09.2022)	150	0,00	7,243	1 777
2C (6.09.2022)	150	39,87	7,149	1 693
3A (6.09.2022)	150	0,00	7,084	2 910
3B (6.09.2022)	150	33,73	6,774	3 970
3C (6.09.2022)	150	28,13	7,062	2 090
4A (6.09.2022)	150	39,00	6,928	2 430
4B (6.09.2022)	150	36,53	6,683	4 130
4C (6.09.2022)	150	0,00	6,656	4 570
5A (6.09.2022)	150	19,07	7,613	1 030
5B (6.09.2022)	150	21,27	7,515	1 251
5C (6.09.2022)	150	21,47	7,532	1 452
6A (6.09.2022)	150	28,07	6,974	2 260
6B (6.09.2022)	150	27,87	6,808	2 790
6C (6.09.2022)	150	29,60	6,737	2 630
7A (6.09.2022)	150	25,73	7,744	1 554
7B (6.09.2022)	150	0,00	7,676	1 646
7C (6.09.2022)	150	26,93	7,339	1 445
8A (6.09.2022)	150	0,00	6,858	3 010
8B (6.09.2022)	150	0,00	6,714	3 250
8C (6.09.2022)	150	28,60	6,736	3 110
5SA (6.09.2022)	150	55,00	7,657	1 190
5SB (6.09.2022)	150	58,20	7,521	1 393
5SC (6.09.2022)	150	43,20	7,975	1 387
6SA (6.09.2022)	150	45,60	8,604	1 502
6SB (6.09.2022)	150	45,80	8,514	1 730
6SC (6.09.2022)	150	46,10	8,519	1 587
7SA (6.09.2022)	150	58,60	8,193	1 366
7SB (6.09.2022)	150	52,90	7,928	1 470
7SC (6.09.2022)	150	53,90	7,793	1 422
8SA (6.09.2022)	150	46,80	8,205	1 977
8SB (6.09.2022)	150	55,60	8,062	1 750
8SC (6.09.2022)	150	49,70	8,070	2 150
kal A	150	13,60	7,633	1409
kal B	150	13,53	7,582	1498
kal C	150	13,73	7,565	1509
salát A	150	5,27	6,805	2030
salát B	150	5,93	6,788	1778
salát C	150	5,27	6,509	863
proložky A	150	30,67	7,88	397
proložky B	150	33,47	7,854	373
proložky C	150	34,00	7,869	446
skořápky A	150	-	8,143	1066
skořápky B	150	-	8,189	1034
skořápky C	150	-	8,161	1056

*Příloha 2: Hmotnost substrátu po lyofilizaci v průběh pokusu*

Navážka [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]
150	kal A	20,4	1A(28.04.2022)	27,5	1A(30.06.2022)	28,5	1A (6.09.2022)	40,1
150	kal B	20,3	1B (28.04.2022)	27,7	1B (30.06.2022)	31,9	1B (6.09.2022)	45,3
150	kal C	20,6	1C (28.04.2022)	27,7	1C (30.06.2022)	30,7	1C (6.09.2022)	48,8
150	salát A	7,9	2A(28.04.2022)	51,7	2A(30.06.2022)	45,6	2A (6.09.2022)	-
150	salát B	8,9	2B (28.04.2022)	52,4	2B (30.06.2022)	50,3	2B (6.09.2022)	-
150	salát C	7,9	2C (28.04.2022)	47,2	2C (30.06.2022)	51,0	2C (6.09.2022)	59,8
150	proložky A	46	3A(28.04.2022)	28,1	3A(30.06.2022)	31,6	3A (6.09.2022)	-
150	proložky B	50,2	3B (28.04.2022)	29,4	3B (30.06.2022)	-	3B (6.09.2022)	50,6
150	proložky C	51	3C (28.04.2022)	27,4	3C (30.06.2022)	30,6	3C (6.09.2022)	42,2
150	skořápky A	-	4A(28.04.2022)	31,1	4A(30.06.2022)	41,9	4A (6.09.2022)	58,5
150	skořápky B	-	4B (28.04.2022)	40,4	4B (30.06.2022)	48,3	4B (6.09.2022)	54,8
150	skořápky C	-	4C (28.04.2022)	40,2	4C (30.06.2022)	50,3	4C (6.09.2022)	-
150	1A(24.03.2022)	26,8	5A(28.04.2022)	27,6	5A(30.06.2022)	26,9	5A (6.09.2022)	28,6

Navážka [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]		Hmotnost po lyofilizaci [g]
150	1B (24.03.2022)	27,1	5B (28.04.2022)	26,1	5B (30.06.2022)	29,8	5B (6.09.2022)	31,9
150	1C (24.03.2022)	27,5	5C (28.04.2022)	27,2	5C (30.06.2022)	-	5C (6.09.2022)	32,2
150	2A(24.03.2022)	26,8	6A(28.04.2022)	49,7	6A(30.06.2022)	43,2	6A (6.09.2022)	42,1
150	2B (24.03.2022)	25,3	6B (28.04.2022)	49,2	6B (30.06.2022)	44,3	6B (6.09.2022)	41,8
150	2C (24.03.2022)	25,0	6C (28.04.2022)	49,9	6C (30.06.2022)	44,8	6C (6.09.2022)	44,4
150	3A(24.03.2022)	50,7	7A(28.04.2022)	27,4	7A(30.06.2022)	-	7A (6.09.2022)	38,6
150	3B (24.03.2022)	46,4	7B (28.04.2022)	28,2	7B (30.06.2022)	31,0	7B (6.09.2022)	-
150	3C (24.03.2022)	48,0	7C (28.04.2022)	28,1	7C (30.06.2022)	32,4	7C (6.09.2022)	40,4
150	4A(24.03.2022)	42,8	8A(28.04.2022)	36,7	8A(30.06.2022)	40,9	8A (6.09.2022)	-
150	4B (24.03.2022)	44,3	8B (28.04.2022)	38,5	8B (30.06.2022)	41,8	8B (6.09.2022)	-
150	4C (24.03.2022)	46,7	8C (28.04.2022)	36,6	8C (30.06.2022)	42,1	8C (6.09.2022)	42,9

Příloha 3: Počet žížal, hmotnost žížal před/po vyprázdnění, hmotnost žížal po lyofilizaci v průběhu měření

Označení vzorku	Navážka [g]	Počet žížal	Množství kokonu	Hmotnost žížal před vyprázdněním [g]	Hmotnost žížal po vyprázdnění [g]	Hmotnost žížal po lyofilizaci [g]
5A (28.04.2022)	150	0	0	0,000	0,000	0
5B (28.04.2022)	150	0	0	0,000	0,000	0
5C (28.04.2022)	150	0	0	0,000	0,000	0
6A (28.04.2022)	150	5	0	0,530	0,329	0,082
6B (28.04.2022)	150	7	0	0,600	0,548	0,1322
6C (28.04.2022)	150	10	0	1,600	1,283	0,2721
7A (28.04.2022)	150	5	0	0,390	0,352	0,1007
7B (28.04.2022)	150	6	0	0,140	0,057	0,0045
7C (28.04.2022)	150	3	0	0,370	0,260	0,769
8A (28.04.2022)	150	11	0	2,110	1,851	0,3403
8B (28.04.2022)	150	13	0	2,900	2,555	0,4764
8C (28.04.2022)	150	41	0	6,970	6,938	1,2811
5A (30.06.2022)	150	19	0	0,860	0,676	0,387
5B (30.06.2022)	150	12	0	1,160	0,945	0,1655
5C (30.06.2022)	150	7	0	1,350	1,074	0,2178
6A (30.06.2022)	150	22	0	3,390	2,807	0,4508
6B (30.06.2022)	150	29	1	1,590	1,275	0,2018
6C (30.06.2022)	150	33	0	2,100	1,764	0,3083
7A (30.06.2022)	150	32	0	1,900	1,707	0,2952
7B (30.06.2022)	150	9	0	1,560	1,255	0,2358
7C (30.06.2022)	150	9	0	1,070	0,920	0,1589
8A (30.06.2022)	150	104	1	4,980	4,261	0,7831
8B (30.06.2022)	150	73	0	4,690	3,323	0,597
8C (30.06.2022)	150	46	0	1,250	1,024	0,1834
5A (6.09.2022)	150	5	0	0,788	0,645	0,0421
5B (6.09.2022)	150	5	0	0,732	0,671	-
5C (6.09.2022)	150	11	0	1,070	0,906	-
6A (6.09.2022)	150	12	0	1,538	1,314	0,2898
6B (6.09.2022)	150	5	0	0,083	0,028	0,3723
6C (6.09.2022)	150	12	0	0,558	0,464	0,351
7A (6.09.2022)	150	8	0	0,466	0,427	0,0367
7B (6.09.2022)	150	9	3	0,994	0,912	-
7C (6.09.2022)	150	13	5	1,189	1,059	0,0647
8A (6.09.2022)	150	17	0	0,446	0,437	0,0989
8B (6.09.2022)	150	11	0	0,966	0,882	0,0555
8C (6.09.2022)	150	11	0	0,659	0,490	0,1016
5SA (6.09.2022)	150	4	7	0,385	0,307	-
5SB (6.09.2022)	150	1	13	0,108	0,075	-
5SC (6.09.2022)	150	0	6	0,000	0,000	-
6SA (6.09.2022)	150	18	6	2,612	1,895	-
6SB (6.09.2022)	150	37	8	2,691	2,115	-
6SC (6.09.2022)	150	57	13	2,643	1,813	-
7SA (6.09.2022)	150	2	3	0,140	0,103	-
7SB (6.09.2022)	150	0	3	0,000	0,000	-
7SC (6.09.2022)	150	4	7	0,438	0,351	-
8SA (6.09.2022)	150	25	7	1,003	0,716	-
8SB (6.09.2022)	150	8	7	0,508	0,387	-
8SC (6.09.2022)	150	19	0	0,812	0,517	-













Příloha 7: Přijatelné obsahy rizikových prvků v průběhu měření

Označení vzorku	Navážka	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
1A (24.03.2022)	0,4	3,52	0,15	0,18	27,00	13,40	0,38	226,00
1B (24.03.2022)	0,4	3,22	0,17	0,13	27,00	13,60	0,35	221,00
1C (24.03.2022)	0,4	3,36	0,16	0,14	24,70	12,60	NA	195,00
2A (24.03.2022)	0,4	2,57	0,14	0,13	24,10	10,90	0,27	181,00
2B (24.03.2022)	0,4	2,66	0,13	0,15	25,30	10,20	0,35	198,00
2C (24.03.2022)	0,4	2,87	0,14	0,17	27,20	11,40	NA	203,00
3A (24.03.2022)	0,4	0,53	0,03	NA	5,07	1,23	0,65	29,00
3B (24.03.2022)	0,4	0,44	0,04	NA	4,28	1,05	0,73	24,90
3C (24.03.2022)	0,4	0,49	0,02	NA	3,48	0,96	0,38	23,90
4A (24.03.2022)	0,4	0,40	0,03	NA	7,88	1,15	0,74	30,40
4B (24.03.2022)	0,4	0,56	0,02	NA	3,97	0,78	0,70	26,90
4C (24.03.2022)	0,4	0,64	0,02	NA	3,79	0,93	0,77	20,00
1A (28.04.2022)	0,4	1,98	0,09	0,55	20,30	15,20	0,22	122,00
1B (28.04.2022)	0,4	1,82	0,09	0,61	20,90	15,40	0,33	117,00
1C (28.04.2022)	0,4	2,09	0,10	0,67	21,80	16,30	0,08	117,00
2A (28.04.2022)	0,4	0,44	0,04	NA	5,15	1,86	0,73	55,00
2B (28.04.2022)	0,4	0,47	0,04	NA	4,57	1,66	0,68	60,20
2C (28.04.2022)	0,4	0,42	0,05	NA	4,96	1,85	0,82	63,00
3A (28.04.2022)	0,4	2,21	0,07	0,49	13,10	12,20	NA	103,00
3B (28.04.2022)	0,4	1,90	0,11	0,61	17,90	12,70	0,46	120,00
3C (28.04.2022)	0,4	1,99	0,08	0,53	18,40	13,70	0,22	113,00
4A (28.04.2022)	0,4	0,72	0,05	NA	4,79	2,85	0,76	48,70
4B (28.04.2022)	0,4	0,84	0,08	NA	6,78	3,46	0,75	106,00
4C (28.04.2022)	0,4	0,77	0,07	NA	6,95	3,71	0,93	106,00
5A (28.04.2022)	0,4	2,62	0,09	0,25	14,20	13,80	0,34	130,00
5B (28.04.2022)	0,4	2,41	0,11	0,30	17,60	14,90	NA	130,00
5C (28.04.2022)	0,4	2,37	0,11	0,38	17,30	13,40	NA	129,00
6A (28.04.2022)	0,4	0,85	0,11	NA	7,31	3,04	0,69	91,50
6B (28.04.2022)	0,4	0,81	0,09	NA	6,16	2,73	0,59	92,90
6C (28.04.2022)	0,4	0,62	0,06	NA	5,44	2,62	0,63	84,20
7A (28.04.2022)	0,4	2,03	0,08	0,28	16,40	14,40	NA	123,00
7B (28.04.2022)	0,4	2,05	0,10	0,26	16,30	12,70	0,29	117,00
7C (28.04.2022)	0,4	1,67	0,10	0,25	13,90	12,80	NA	117,00
8A (28.04.2022)	0,4	0,87	0,05	NA	6,16	3,32	0,66	91,60
8B (28.04.2022)	0,4	0,67	0,05	NA	6,02	2,64	0,89	80,70
8C (28.04.2022)	0,4	0,67	0,07	NA	5,92	3,02	0,46	98,10
1A (30.06.2022)	0,4	2,14	0,08	0,36	4,15	13,30	NA	133,00
1B (30.06.2022)	0,4	1,95	0,10	0,26	4,74	12,30	0,21	153,00
1C (30.06.2022)	0,4	1,63	0,06	0,40	3,23	12,60	0,32	129,00
2A (30.06.2022)	0,4	0,60	0,06	NA	7,49	1,53	0,63	49,00
2B (30.06.2022)	0,4	0,56	0,09	NA	9,23	2,14	1,05	90,50
2C (30.06.2022)	0,4	NA	0,07	NA	8,37	1,89	1,21	77,40
3A (30.06.2022)	0,4	2,26	0,13	0,29	6,97	12,10	NA	202,00
3B (30.06.2022)	0,4	2,26	0,14	0,34	10,90	12,50	0,32	203,00
3C (30.06.2022)	0,4	2,28	0,11	0,36	5,78	12,20	0,45	154,00
4A (30.06.2022)	0,4	0,83	0,14	NA	13,00	4,08	0,85	177,00
4B (30.06.2022)	0,4	0,65	0,14	NA	12,40	3,74	1,02	158,00
4C (30.06.2022)	0,4	0,64	0,17	NA	12,10	4,03	0,59	154,00
5A (30.06.2022)	0,4	1,43	0,04	0,16	3,53	10,70	NA	111,00
5B (30.06.2022)	0,4	1,45	0,14	0,14	6,51	10,10	NA	220,00
5C (30.06.2022)	0,4	1,86	0,16	0,19	13,80	13,10	0,31	207,00
6A (30.06.2022)	0,4	0,41	0,10	NA	9,17	2,25	0,92	74,70
6B (30.06.2022)	0,4	0,67	0,11	NA	9,37	2,62	0,64	90,50
6C (30.06.2022)	0,4	0,50	0,10	NA	8,40	2,23	0,81	81,00
7A (30.06.2022)	0,4	1,76	0,15	0,16	16,88	10,40	0,24	221,00
7B (30.06.2022)	0,4	1,41	0,07	0,12	8,78	8,93	0,28	163,00
7C (30.06.2022)	0,4	1,87	0,18	0,17	16,45	11,30	NA	350,00
8A (30.06.2022)	0,4	0,46	0,17	NA	14,84	4,59	0,85	179,00
8B (30.06.2022)	0,4	0,54	0,12	NA	11,61	3,32	0,75	123,00
8C (30.06.2022)	0,4	0,37	0,14	NA	11,29	3,40	0,92	126,00
1A (6.09.2022)	0,4	2,45	0,22	0,12	19,89	11,33	0,20	351,00
1B (6.09.2022)	0,4	2,48	0,29	0,11	29,00	12,34	0,23	532,00
1C (6.09.2022)	0,4	1,93	0,23	0,11	22,67	11,13	0,21	423,00
2A (6.09.2022)	0,4	NA	0,07	NA	6,17	1,66	0,77	56,00
2B (6.09.2022)	0,4	NA	0,09	NA	6,87	2,04	0,73	78,90
2C (6.09.2022)	0,4	NA	0,11	NA	7,51	2,07	0,94	80,80
3A (6.09.2022)	0,4	2,12	0,31	0,13	26,78	8,69	0,23	449,00
3B (6.09.2022)	0,4	1,61	0,32	0,08	27,11	9,29	0,32	460,00
3C (6.09.2022)	0,4	2,18	0,24	0,17	22,56	10,45	0,31	398,00

Označení vzorku	Navážka	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
4A (6.09.2022)	0,4	0,59	0,17	NA	12,78	3,20	0,63	140,00
4B (6.09.2022)	0,4	0,69	0,14	NA	10,90	3,31	0,67	120,00
4C (6.09.2022)	0,4	0,40	0,16	NA	10,48	3,54	0,62	140,00
5A (6.09.2022)	0,4	1,40	0,07	0,16	15,00	10,60	NA	116,00
5B (6.09.2022)	0,4	1,68	0,17	0,14	14,89	9,18	NA	345,00
5C (6.09.2022)	0,4	1,83	0,10	0,13	16,44	11,61	0,33	220,00
6A (6.09.2022)	0,4	0,35	0,10	NA	7,94	2,08	0,83	57,60
6B (6.09.2022)	0,4	0,61	0,09	NA	7,98	2,47	0,77	76,40
6C (6.09.2022)	0,4	NA	0,10	NA	7,73	2,19	0,78	68,50
7A (6.09.2022)	0,4	1,92	0,24	0,15	19,89	10,63	NA	427,00
7B (6.09.2022)	0,4	2,28	0,16	0,13	18,33	10,63	NA	325,00
7C (6.09.2022)	0,4	2,10	0,20	0,12	21,33	9,94	0,31	338,00
8A (6.09.2022)	0,4	0,81	0,18	NA	11,89	3,80	0,81	152,00
8B (6.09.2022)	0,4	0,64	0,14	NA	9,90	3,11	0,95	109,00
8C (6.09.2022)	0,4	0,42	0,15	NA	9,73	2,83	1,08	105,00
5SA (6.09.2022)	0,4	0,82	0,13	NA	15,47	2,42	0,57	156,00
5SB (6.09.2022)	0,4	0,56	0,06	NA	10,19	0,59	0,66	62,40
5SC (6.09.2022)	0,4	0,55	0,05	NA	10,21	0,41	0,51	65,70
6SA (6.09.2022)	0,4	0,46	0,06	NA	9,92	0,59	0,62	55,80
6SB (6.09.2022)	0,4	0,52	0,07	NA	9,64	0,69	0,82	62,70
6SC (6.09.2022)	0,4	0,52	0,05	NA	11,11	0,55	0,79	68,70
7SA (6.09.2022)	0,4	0,63	0,05	NA	11,90	0,58	0,54	82,10
7SB (6.09.2022)	0,4	1,00	0,10	NA	11,85	0,88	0,43	98,20
7SC (6.09.2022)	0,4	0,92	0,08	NA	11,79	1,26	0,60	98,80
8SA (6.09.2022)	0,4	0,58	0,09	NA	11,20	1,45	0,63	97,00
8SB (6.09.2022)	0,4	0,60	0,06	NA	10,68	0,90	0,56	81,60
8SC (6.09.2022)	0,4	0,54	0,11	NA	10,49	1,46	0,81	100,00
kal A	0,4	3,68	0,21	0,22	22,00	15,70	0,31	276,00
kal B	0,4	4,08	0,21	0,22	19,30	17,50	NA	265,00
kal C	0,4	3,90	0,19	0,23	20,80	16,20	NA	277,00
salát A	0,4	0,66	0,11	NA	6,09	0,15	0,26	17,50
salát B	0,4	0,44	0,12	NA	7,12	0,08	NA	19,40
salát C	0,4	0,78	0,12	0,07	6,87	0,21	NA	18,20
proložky A	0,4	NA	0,02	NA	1,75	0,23	0,51	9,98
proložky B	0,4	NA	0,02	NA	1,84	0,30	0,70	8,72
proložky C	0,4	NA	0,01	NA	1,80	0,17	0,77	8,21
skořápky A	0,4	NA	NA	NA	0,61	0,09	NA	2,84
skořápky B	0,4	NA	0,01	NA	0,72	NA	NA	3,05
skořápky C	0,4	NA	NA	NA	1,02	NA	NA	2,85