

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Bezobratlí v kompostérech

Markéta Sikorová

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana a tvorba krajiny

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace:

Sikorová M. 2024. Bezobratlí v kompostérech [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci. 66 s. 11 přílohy. Česky.

Abstrakt

Kompostování je téma, které se v současné době posouvá čím dál více do popředí. Je to efektivní zpracování bioodpadu, který v dnešní době tvoří zhruba 15 % komunálního odpadu. Tato diplomová práce se zabývá vzorky z kompostérů v zahradách na východním území Moravskoslezského kraje, konkrétně v obci Návší a blízkého okolí. Vzorky byly odebírány v květnu roce 2021 z 62 kompostérů. Z každého kompostéru byly odebrány dva vzorky, první vzorek byl odebrán z vrchní části pro zjištění druhového spektra, následně byly zpracovány v Pedobiologické laboratoři. Druhý vzorek byl odebírán půdní sondou ze spodní části kompostu pro následnou chemickou analýzu. Ze všech bezobratlých bylo ve vzorcích nalezeno celkově 8293 jedinců. Byly vytrženy zájmové skupiny, u nich proběhla také determinace do druhů, a to suchozemské stejnonožce, mnohonožky a stonožky, kterých bylo ve vzorcích 3239. Pro statistické analýzy byly vybrány čtyři modely, první byl model redundační analýzy zaměřené na vliv vybraných faktorů na distribuci zájmových skupin. Druhými vytvořenými modely byly zobecněné aditivní modely (GAM), pro faktory, které samy nezávisle na ostatních dokázaly predikovat abundance jednotlivých skupin. Jako třetí byl vytvořen model korespondenční kanonické analýzy zaměřené na vliv vybraných faktorů na distribuci zájmových druhů. Poslední byly také zobecněné aditivní modely (GAM), byl vytvořen pro enviromentální faktory, které dokázaly nezávisle na ostatních (simple term effect) predikovat abundance jednotlivých druhů stejnonožců, mnohonožek a stonožek.

Klíčová slova: kompostování, rozklad, kompost, půdní bezobratlí, chemické analýzy

Bibliographical identification:

Sikorová M. 2024. Macroinvertebrates in composts [diploma thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 66 pp. 11 Appendices. Czech.

Abstract

Composting is a topic which is currently moving more and more to the forefront. Composting is an efficient way to treat biological waste, which nowadays accounts for about 15% of municipal waste. This thesis deals with samples from composters in gardens in the eastern part of the Moravian-Silesian Region, specifically in the municipality of Návší and its surrounding area. Samples were taken from 62 composters in May 2021. Two samples were taken from each composter, the first of which was taken from the top to determine the species spectrum and subsequently processed in the Pedobiology Laboratory. The second sample was taken with a soil probe from the bottom of the compost for subsequent chemical analysis. Of all the invertebrates, a total of 8,293 individuals were found in the samples. The groups of interest were sorted and the species also determined, namely terrestrial isopods, millipedes and centipedes, 3,239 of which were present in the samples. For statistical analysis was selected four analysis models, the first model was redundancy analysis examine the influence of selected factors on the distribution of the group of interest. The second created models were a generalised additive model (GAM), for factors, which independently of others, they were able to predict the abundance of individual groups. As a third a canonical correspondence analysis model was created to examine the influence of selected factors on the distribution of the species of interest. The last it was also generalised additive model (GAM), it was created for environmental factors, which independently of others (simple term effect), they were able to predict the individual abundance to isopods, millipedes and centipedes.

Keywords: composting, decomposition, compost, soil invertebrates, chemical analysis

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D., a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne

.....
podpis

Obsah

Seznam grafů.....	viii
Seznam obrázků	ix
Seznam příloh.....	x
Seznam použitých zkratk.....	xi
Poděkování.....	xii
Úvod.....	13
1.1 Rozklad.....	13
1.2 Kompostování.....	15
Cíle práce.....	25
Materiál a metody.....	26
3.1 Lokalita	26
3.2 Sběr dat	26
3.3 Extrakce a determinace bezobratlých	27
3.4 Laboratorní analýzy	27
3.5 Statistické metody.....	32
Výsledky.....	33
4.1 Druhové spektrum a početnosti jednotlivých zájmových skupin.....	33
4.2 Výsledky laboratorních analýz	35
4.3 Ovlivnění abundance modelových skupin vybranými faktory.....	35
4.4 Ovlivnění abundance modelových druhů vybranými faktory	38
Diskuse	41
5.1 Bezobratlí.....	41

5.2 Laboratorní analýzy	43
Závěr.....	46
Literatura	47
Přílohy	58

Seznam grafů

Graf 1: Redundační analýza zaměřená pro vybrané faktory – význam jednotlivých faktorů.....	36
Graf 2A – 2C: Zobecněné aditivní modely (GAM) pro faktory, které samy nezávisle na ostatních dokázaly predikovat abundance jednotlivých skupin. Graf 2A: Zobrazuje souvislost mezi početností brouků a kyselostí kompostu. Graf 2B: Zobrazuje, na jaké skupiny bezobratlých měl organický uhlík signifikantní vliv.	37
Graf 3: Kanonická korespondenční analýza vztahu druhů vůči vybraným faktorům (pro zkratky druhů viz seznam použitých zkratk), šedě jsou uvedeny druhy stejnonožců, mnohonožky oranžově a stonožky zeleně.	39
Graf 4A – 4D: Zobecněné aditivní modely (GAM), pro environmentální faktory, které dokázaly nezávisle na ostatních (simple term effect) predikovat abundance jednotlivých druhů stejnonožců, mnohonožek a stonožek. Graf 4A: Zobrazuje souvislost mezi početností druhů a procentem živočišného odpadu (<i>maso</i>) v kompostéru. Graf 4B: Zobrazuje ovlivnění početnosti živočišných druhů kuchyňským odpadem. Graf 4C: Zobrazuje, jak frekvence <i>přidávání</i> biomasy do kompostéru ovlivňuje početnost vzrůstu několika druhů. Graf 4D: Zobrazuje, které druhy spíše preferovaly a které se naopak vyhýbaly vyšším koncentracím draslíku.....	40

Seznam obrázků

Obrázek 1: Koncepční model prahů a rozsahů vlivů faktorů, upraveno podle Prescottta, (2010).....	13
Obrázek 2: Mikrobi a bezobratlí zapojení do kompostovacího procesu (Aggie Horticulture, 2009).....	22

Seznam příloh

Příloha 1: Co vše se dá kompostovat podle Rynka et. al., (2022).	58
Příloha 2: Mapa vyznačující jednotlivé lokality odběrů.....	59
Příloha 3: Informační letáček.....	61
Příloha 4: Stručný dotazník ke zkoumaným kompostérům.....	62
Příloha 5: Mapka výskytu <i>Porcellio scaber</i> (Orsavová, Tuf 2018).....	62
Příloha 6: Znázornění potvrzených výskytů dvou druhů <i>Armadillium versicolor</i> na první mapce a <i>Armadillidium vulgare</i> na mapce druhé (Orsavová, Tuf 2018).....	63
Příloha 7: Mapka výskytu v České republice druhu <i>Haplophthalmus danicus</i> (Orsavová, Tuf 2018).	64
Příloha 8: Mapka výskytu v České republice druhu <i>Lithobius curtipes</i> (Dvořáková, 2023).	64
Příloha 9: Mapka výskytu v České republice druhu <i>Lithobius forficatus</i> (Dvořáková, 2023).	65
Příloha 10: Mapka výskytu v České republice druhu <i>Lithobius microps</i> (Dvořáková, 2023).	65
Příloha 11: Mapka výskytu v České republice druhu <i>Cryptops hortensis</i> (Dvořáková, 2023).	66

Seznam použitých zkratk

ArmdVers – *Armadillidium versicolor*

ArmdVulg – *Armadillidium vulgare*

BlanGutt – *Blaniulus guttulatus*

CrypHort – *Cryptops hortensis*

GeopFlav – *Geophilus flavus*

HaplDanc – *Haplophthalmus danicus*

ChonPalm – *Choneiulus palmatus*

JulGenSp – *Julinae gen. sp.*

LithCurt – *Lithobius curtipes*

LithForf – *Lithobius forficatus*

LithMicr – *Lithobius microps*

OphyPils – *Ophiulus pilosus*

PoldInc – *Polydesmus inconstans*

PorcColl – *Porcellium collicolum*

PorcScab – *Porcellio scaber*

ProtPolt – *Protracheoniscus politus*

SchnNemr – *Schendyla nemorensis*

StenLine – *Stenotaenia linearis*

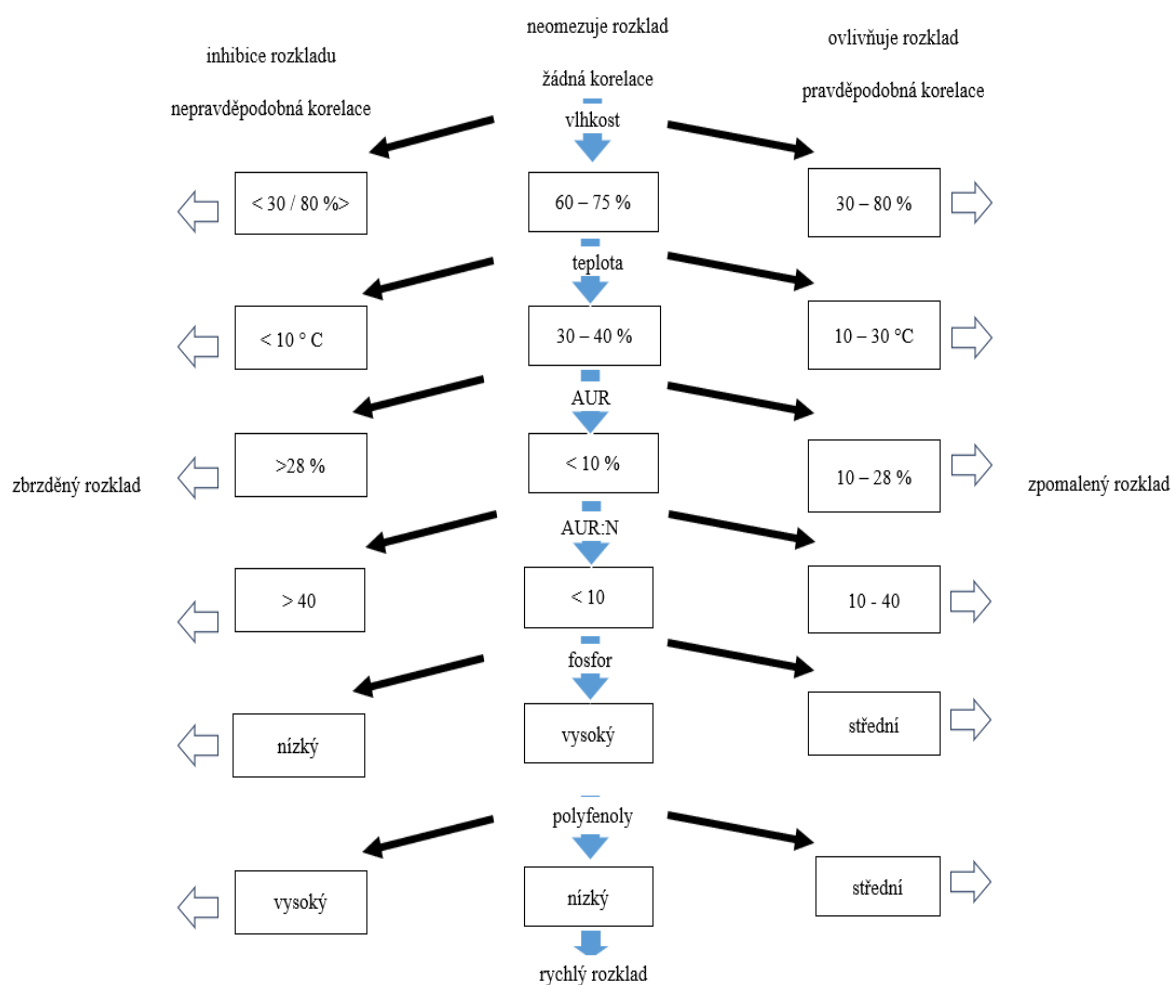
Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ivanu Hadriánu Tufovi za poskytnuté cenné rady, pomoc s determinací druhů, odborný přístup, trpělivost a čas. Dále bych chtěla poděkovat panu RNDr. Karlu Tajovskému, CSc., z Ústavu půdní biologie a biogeochemie Biologického centra AVČR v Českých Budějovicích za determinaci mnohonožek do mé diplomové práce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat Ing. Janu Černoorskému za trpělivé vysvětlování a pomoc při laboratorním zpracování a RNDr. Petru Hekerovi, Ph.D., za pomoc při spektrofotometrii. A především děkuji své rodině, která mi toto studium umožnila.

Úvod

1.1 Rozklad

Pro zásoby živin a uhlíku zachyceného rostlinami jsou procesy jako je dekompozice (společně s ohněm způsobenou mineralizací) primárním procesem, prostřednictvím kterého dokážou půdní organismy přeměňovat mrtvý organický materiál na jednodušší formy, jež jsou pro rostliny opět dostupné (Griffiths et al., 2021). Prescott (2010) vytvořil koncepční model prahů a rozsahů vlivů faktorů, které ovlivňují rychlost a úplnost rozkladu (Obrázek 1), boxy nalevo představují prahové hodnoty, za kterými bude rozklad omezen bez ohledu na úroveň ostatních faktorů, středové boxy jsou navrženy jako ideální úroveň pro rozklad a napravo jsou hodnoty, ve kterých faktor pravděpodobně ovlivní rychlost rozkladu. AUR byl dříve označován jako lignin (Prescott,2010).



Obrázek 1: Koncepční model prahů a rozsahů vlivů faktorů, upraveno podle Prescott, (2010).

Všeobecně jsou uznávané tři hlavní procesy, jejichž prostřednictvím dochází k dekompozici, prvním procesem je vyplavování rozpustných sloučenin do půdy, druhým fragmentace podestýlky na menší velikosti a posledním je katabolismus rozkladnými organismy (Cotrufo et al., 2010). Rychlost rozkladu se liší napříč biomy v závislosti na druhové skladbě rostlin. Dosud z velké části naše porozumění faktorům, které regulují rychlost, jakou se organická hmota rozkládá, vychází z hodnocení rozkladu a transformace opadu listů (Bradford., 2016). Listová podestýlka představuje v suchozemských ekosystémech více než 50% čisté primární produkce, která se navrácí zpět do půdy, a byla charakterizována jako hlavní zdroj půdního uhlíku ve svrchních organických vrstvách (Li et al., 2023). Uhlík však může být také ve více formách, protože se listová podestýlka výrazně liší v chemickém složení, některé typy jsou bohaté na živiny nebo uhlík, který lze snadno využít (tzv. labilní uhlík), zatímco ostatní jsou chudé na živiny nebo obsahují vysoké koncentrace organických sloučenin, které jsou odolné vůči degradaci (tzv. odolný uhlík). Mezi odolné sloučeniny patří například lignin (Gessner et al., 2010). Podle celosvětového měřítka největší množství opadu tvoří stálezelené listnaté lesy (37 %), poté jehličnaté lesy (25 %), listnaté lesy mírného pásma (20 %) a ostatní (18 %) (Shen et al., 2019), množství je ovlivněno rozsahem výskytu těchto biomů.

Míra rychlosti rozkladu opadu se mění mezi ekosystémy v geografických měřících v závislosti na nadmořské výšce, půdní biotě, kvalitě substrátu, stavu ekosystému, mikroklimatu, průměrné roční teplotě, průměrných ročních srážkách a evapotranspiraci (Coleman et al., 2004; Zhang et al., 2008). V regionálním měřítku má největší míru vlivu na rozklad klima, ale na místní úrovni je nejdůležitější kvalita opadu (Berg a Lönn, 2022). Všeobecně se nejrychleji rozkládá opad z dvouděložných rostlin, globálně se ukazuje, že k jejich rozkladu dochází čtyřikrát rychleji než u mechorostů, třikrát rychleji než u kapradin, 1,8krát rychleji než u opadu nahosemenných a 1,6krát rychleji než u jednoděložných rostlin (Cornwell et al., 2008).

1.2 Kompostování

Organický odpad získává čím dál větší pozornost, dokonce se stal středem zájmu výzkumu, a to kvůli hrozbě pro životní prostředí a lidské zdraví v moderní společnosti (Antunes, 2020). Kompostování se praktikuje již dlouhý čas v širokém rozsahu, od hromad na dvorku, až po obrovské automatizované systémy nacházejících se v budovách, které jsou podobné skladům (Rynk et al., 2022).

Podrobnosti o nakládání s biologicky rozložitelným odpadem lze najít ve vyhlášce č. 273/2021 Sb., která nabyla účinnosti 7. 8. 2021 a zrušila tak vyhlášku č. 341/2008 Sb. s bývalou platností od 12. 9. 2008, vznik nové vyhlášky byl podmíněn novým zákonem o odpadech a to zákonem č. 541/202 Sb. Z hlediska legislativy se kompostování považuje za předcházení vzniku odpadu, což je z pohledu hierarchie odpadového hospodářství na prvním místě, tudíž by mělo být upřednostňováno (Sýkorová, 2009).

V dnešní době se kompostování dostává stále více do popředí zájmu široké veřejnosti. Mnoho lidí tomuto zpracování organické hmoty dává přednost kvůli metodám, které jsou šetrné k životnímu prostředí, a tím zabraňují jeho dalšímu znečištění (Nemet et al., 2021). Stále však v dnešní době až třetinu potravin, které si koupíme v obchodech, vyhazujeme (Scott, 2009) a přitom by se daly tyto zbytky efektivně využívat ke kompostování. Dnes už má mnoho zahrad na svém pozemku umístěné kompostéry různých tvarů a velikostí, ve kterých obyvatelé tento odpadní materiál mohou následně zpracovávat na kompost.

Kompostování je živý přírodní proces, který dýchá, a působí na něj mnoho proměnných (Scott, 2009). Insam a de Bertoldi (2007) popisují proces kompostování jako rozklad biologických substrátů v pevném stavu a v aerobních podmínkách mikrobiální komunitou složenou z různých populací. Konečný produkt by měl být charakterizován dobrou stabilitou, aby jej bylo možno používat jako půdní hnojivo a bylo možné dlouhodobější skladování bez jakýchkoli nepříznivých podmínek na naše životní prostředí (Waszkielis et al. 2013). Lze tímto získat výživný substrát, který lze dále používat k celkovému zlepšení kvality půd. Humus je významnou částí organické hmoty v půdě, ovlivňuje tvorbu půdní struktury, zlepšuje vodní, tepelné a vzdušné vlastnosti půdy, celkově je zdrojem živin, které pozitivně ovlivňují růst rostlin (Kalina, 2004). Kompost může zvyšovat také provzdušnění půd, zlepšuje její odvodňování, snižuje erozi a v době

sucha zadržuje vodu, tudíž nedochází k tak razantnímu vysychání (Meena et al. 2021). Kompostová organická hmota zahrnuje dvě velké skupiny látek, a to huminové a nehuminové (Fourti et al., 2010; Schnitzer, 1991). Nehuminové látky jsou sacharidy, proteiny, peptidy, aminokyseliny, nukleové kyseliny, puriny, pyrimidiny, mastné kyseliny, vosky, pryskyřice, pigmenty a další organické látky s nízkou molekulovou hmotností, o kterých platí, že se v půdě poměrně snadno rozkládají a mají krátkou životnost (Schnitzer, 1991). Huminové látky tvoří většinu organické hmoty, protože představují většinu organických materiálů půdy, rašeliny, lignitů, hnědého uhlí, odpadních i přírodních vod a jejich sedimentů (Peña-Méndez, 2005). Podle rozpustnosti je lze rozdělovat do tří složek, a to do fulvokyselin, huminových kyselin a na humin, tyto látky hrají důležitou roli v úrodnosti půdy a mají primární význam pro stabilizaci půdních agregátů (Peña-Méndez, 2005).

Základními faktory, které ovlivňují kompostování, jsou teplota, kyslík, vlhkost a poměr uhlíku k dusíku (Amuah et al. 2022). Teplota je jeden z nejdůležitějších faktorů, protože ovlivňuje rychlost procesu kompostování, a zároveň je také faktorem, který eliminuje hrozbu, kterou představují patogeny přítomné v látkách pocházejících z živých organismů (Godlewska et al. 2017). Vlhkost je důležitá hlavně z hlediska mikrobiologických a chemických procesů, ideální míra vlhkosti během procesu kompostování je 50–60 % (Nemet et al. 2021). Oshins (2022) uvádí, že vlhkost je po samotném složení odpadu nejdůležitějším faktorem rozkladu organických materiálů, protože bez dostatečné vlhkosti by se prakticky nic nestalo. Příliš malá vlhkost zpomaluje nebo dokonce až zastavuje biologickou aktivitu, na druhou stranu příliš velká vlhkost narušuje provzdušňování a dostupnost kyslíku. Rychlost rozkladu během kompostování ovlivňuje také frekvence otáčení kompostu. Obecně čím častěji k otáčení dochází, tím se zvyšuje rychlost rozkladu a snižuje koncentrace těžkých kovů, ale dochází i k vysokým ztrátám celkového uhlíku a dusíku (Getahun et al., 2012).

Kompostování má obecně tři fáze. Prvotní je fáze rozkladu, tato fáze trvá tři až čtyři týdny, teplota během této doby i podle přidávaného materiálu může vystoupat na 40–70 °C (Kalina, 2004). Celý proces ale začíná při okolní teplotě a nejčastěji k razantnímu zvýšení teploty dojde již během 24–72 hodin, navýšení teploty je zapříčiněno zvýšením mikrobiální aktivity. Mikroorganismy totiž využívají uhlík a dusík organické hmoty pro asimilaci do svých buněk (Chen et al., 2011, Meena et al., 2021). Střídají se zde mezofilní

podmínky s termofilními. Za mezofilní jsou považovány takové podmínky, kdy teploty nepřesahují 40 °C, naopak termofilní jsou 40 °C a výše (Sundberg et al., 2004). Na vrcholu termofilních podmínek je biodegradace maximalizována a dochází k usmrcení patogenních organismů (Sarkar et al., 2016). Se změnou těchto podmínek je spojována také změna pH, a to z kyselého 4,5–5,5 na zásadité 8–9 (Sundberg et al., 2004). Druhou fází je podle Kaliny (2004) fáze přeměny nebo se jí říká také fáze zrání. Probíhá od čtvrtého do desátého týdne, klesá zde teplota a mineralizované živiny se zabudovávají do humusového komplexu (Kalina, 2004). Podle Insama a de Bertoldiho (2007) druhá fáze zahrnuje nejen mineralizaci pomalu odbouratelných molekul, ale zahrnuje i složitější proces, kterým je humifikace lignocelulózových sloučenin. Fáze zralosti je poslední fází při kompostování, kompost dostává čím dál více zemitou strukturu a účinnost humusu se zvyšuje (Kalina, 2004). Zralý kompost je stabilní, tzn. má nízkou úroveň biologické aktivity a nezpůsobí poškození rostoucích rostlin v důsledku nedokončeného a pokračujícího rozkladu (Oshins, 2022). Jde klasifikovat fáze kompostování i jen z hlediska teploty, a to na mezofilní, termofilní a vytvrzovací fázi (Neher et al., 2013).

Kompostování otevírá příležitost pro zemědělce, obce a ostatní veřejné subjekty, aby mohly lépe využívat organické materiály, které spadají pod jejich působnost, původce a sběrače potravinového odpadu v průmyslových, komerčních a obytných oblastech, kvůli likvidaci potravin ekologicky šetrným způsobem, provozovatele anaerobních digesterů k vytvoření odbytišť s přidanou hodnotou pro digestoř, dále pak například i farmáře, zahradníky a další pěstitele rostliny za účelem obohacení půdy a zlepšení produktů. V neposlední řadě otvírá příležitost pro podniky a farmy, které mohou prostřednictvím kompostovacích služeb vydělávat peníze (Rynk et al., 2022). Tržní hodnota hotového kompostu závisí na surovinách, z kterých byl vyroben, a na úrovni kontaminace (Rynk et al., 2022). Vlastnosti, které napomáhají definovat kvalitu kompostu, lze rozdělit do tří oblastí. První oblastí jsou vlastnosti související s výkonem produktu, tyto charakteristiky se týkají toho, jak kompost ovlivňuje růst a zdraví rostlin, kvalitu půdy a vlhkost. Druhou oblastí jsou vlastnosti týkající se estetiky produktu, primárně jsou vizuální a čichové, tudíž se jedná o zápach, barvu a interní nečistoty, jako je sklo nebo plastové folie. Poslední oblastí jsou vlastnosti, které se týkají bezpečnosti výrobku, především látek v kompostu, které mohou negativně ovlivnit lidské zdraví, zvířata nebo životní prostředí, dobrými

příklady jsou patogeny, potencionálně škodlivé chemikálie a fyzikální kontaminanty (Stehouwer et al., 2022).

Co vše se dá kompostovat

Tato práce pojednává o domácím kompostování tzn. o kompostování materiálů, které se běžně vyskytují v domácnostech a zahradách, a to je běžný zahradní odpad, posekaná tráva, živočišné zbytky a kuchyňský odpad. Kompostováním se však dá efektivně zpracovávat mnoho dalšího materiálu, respektive jakýkoli druh organického odpadu s dostatečným poměrem uhlíku a dusíku (Pottipati et al., 2022). Mezi tento materiál se začleňuje například trus hospodářských zvířat a drůbeže, čistírenské kaly, odpad z mlýnu na olivy, organické látky komunálního odpadu, ropný odpadní kal, hnůj, listí, dokonce se dají kompostovat i uhynulá zvířata. V (Příloha 1) lze vidět stručný přehled běžně i neobvykle kompostovaného materiálu podle Rynka et al. (2022). Dá se kompostovat i pouze jedna surovina, častěji se však kombinuje více surovin zároveň (Rynk et al., 2022).

Trus hospodářských zvířat a drůbeže obsahuje značné množství živin, patogenů a organických látek, které mohou bez zpracování zapříčinit rozsáhlou kontaminaci povrchových vod, půdy a ovzduší (Wang et al., 2015). Čistírenské kaly, které jsou zdrojem hnojiva díky vysokému obsahu organických látek, dusíku, fosforu a stopových prvků, mohou představovat zdravotní rizika kvůli obsaženým patogenům. Proto by měl být kal před zapravením jako hnojivo do půdy ošetřen metodami, jako je například kompostování (Kulikowska, 2016). Huminové látky z čistírenských kalů se dají využít k efektivnímu odstranění kadmia a mědi z kontaminovaných půd, jsou šetrné k životnímu prostředí a stávají se účinnou náhradou komerčních biosurfuktů (Kulikowska et al., 2015). Odpad z mlýnu na olivy se v největší míře zpracovává v Řecku, kde je v půdách nízký obsah organické hmoty (<1 %), zapravení kompostovaných organických zbytků zde významně zvyšuje úrodnost půdy (Chowdhury et al., 2014). Tento odpad lze kompostovat samostatně nebo s příměsí vedlejších zemědělských produktů např. rýžových slupek, které v kompostu zlepšují poréznost (Chowdhury et al., 2014).

Do kompostování mrtvých zvířat lze zařadit jatečně upravená těla z běžných hospodářských zvířat, mrtvou drůbež, velké množství zvířat, která byla usmrcena při katastrofických událostech, zvířata sražená na silnicích, mořské savce vyplavené na pláži a

ryby (Bonhotal et al., 2014). Kompostování u zvířat, především těch, která uhynula na nějakou nemoc, se provádí in situ ve stodolách, s mršinami se manipuluje v co nejmenší míře, aby se zabránilo šíření infekce (Bonhotal et al., 2022).

Principy kompostování

Aerobní kompostování je kompostování za přístupu dostatečného množství kyslíku. Podstatou aerobního kompostování je biochemický metabolismus mikrobiálního rozkladu a přeměny organické hmoty (Wei et al., 2022). Kvůli dostatečnému množství kyslíku jde nutné kompostovaný materiál provzdušňovat přehazováním, kontrolou velikostí kompostovatelných částí nebo statickým provzdušňováním pomocí perforovaných trubek nebo sloupů. (Mehta a Sirari, 2018; Misra, 2003). Aerobní mikroorganismy využívají kyslík, aby se mohly živit organickou hmotou za účelem množení buněčné protoplazmy z živin, především dusíku, fosforu a částečně i uhlíku, které jsou přítomny v surovinách kompostu (Mehta and Sirari, 2018). Aerobní organismy produkují oxid uhličitý, čpavek, vodu, teplo a humus, což tvoří relativně stabilní konečný produkt (Misra, 2003). Je účinným způsobem získávání živin například ze zvířecího hnoje a kuchyňského odpadu, objem tohoto odpadu totiž nezadržitelně stoupá kvůli nárůstu lidské populace (Ji et al., 2023; Jiang et al., 2022).

Anaerobní kompostování probíhá za nepřístupu vzduchu. Tento oxidační proces rozkladu probíhá běžně v přírodě (Mehta a Sirari, 2018). Anaerobní kompostování má čtyři hlavní fáze: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze a metanogeneze (Mehta and Sirari, 2018). Anaerobní organismy vytvářejí meziprodukt jako je metan, organické kyseliny, sirovodíku apod., je zde problém, že nejsou dále metabolizovány a dochází k silnému zápachu, některé dokonce vykazují fytoxicitu (Misra et al., 2003). Ve srovnání s aerobním kompostováním zde dochází k menším ztrátám živin, ale trvá podstatně déle, a to 2–3 roky, než vznikne použitelný produkt (Amuah et al., 2022).

Vybrané metody kompostování za pomoci bezobratlých

Vermikompostování je asi nejznámější a nejrozšířenější metoda kompostování prostřednictvím bezobratlých živočichů. Pro tuto metodu kompostování jsou využívány především žížaly společně s mikroorganismy v kontrolovaných podmínkách, dochází tedy k netermofilnímu rozkladu a stabilizaci organické frakce pevného odpadu (Ali, 2015). Tato metoda se považuje za nejpokročilejší (Hanč a Plíva, 2013). Mikrobi, kteří jsou přítomní, mají odpovědnost za biochemickou degradaci organické hmoty, zatímco žížaly mají roli v úpravě substrátu a změně biologické aktivity (Ali, 2015). Nejčastěji se používají dva druhy žížal: žížala hnojní (*Eisenia fetida*) a žížala kalifornská (*Eisenia andrei*), protože se vyskytují po celém světě (Domíniguez a Edwards, 2011). Vermikompostováním lze kompostovat širokou škálu odpadů, a to například rostlinný, živočišný, farmaceutický, potravinářský, odpad z odpadních vod i tuhý městský neboli komunální odpad (Manyuchi a Phiri., 2013; Singh et al., 2011). Konečný vermikompost je tmavá hmota, která nezapáchá a tvoří ji nerozložené zbytky z vermikompostéru a trus žížal (Appelhof a Olszewski 2017). Vznikne kompost bohatý na dusík, který je kategorizován jako nejúčinnější a nejlepší kompost (Pottipati et al., 2022).

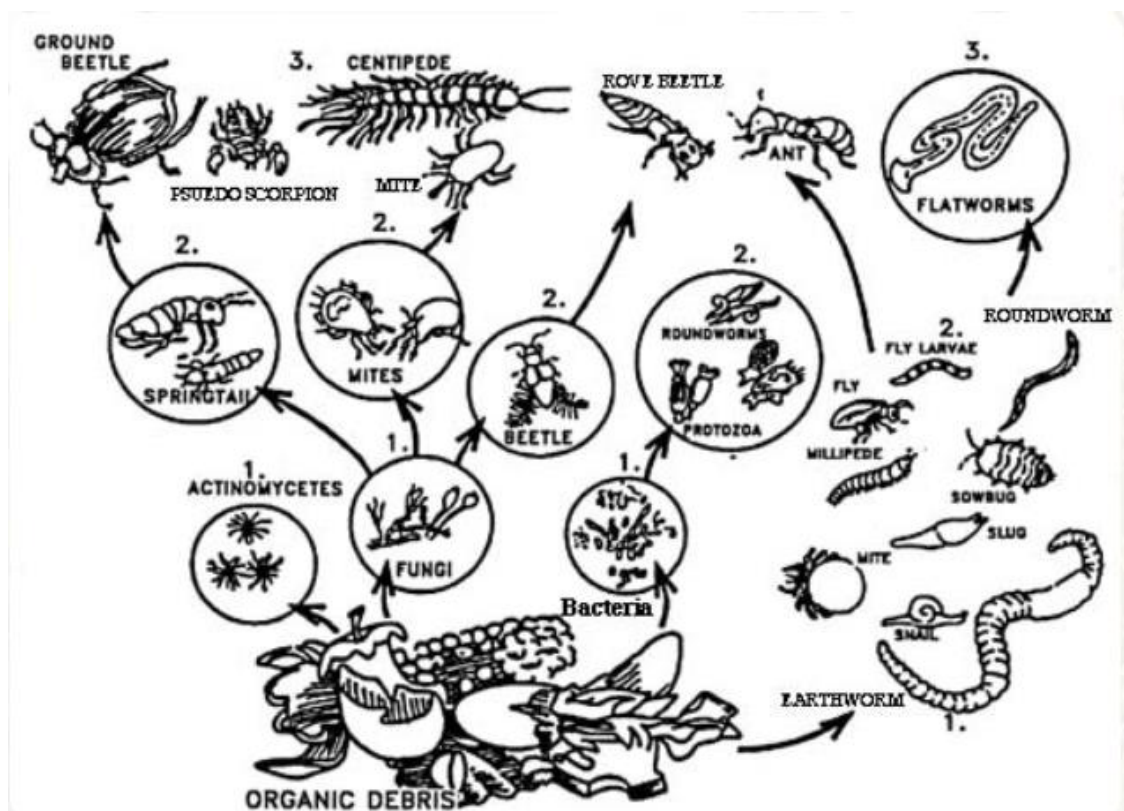
Blatticomposting je kompostovací metoda, k jejímuž účelu se používají švábi, kteří jsou nutričně lepší než ostatní druhy hmyzu díky vysokému obsahu bílkovin, dobré rovnováze aminokyselin a nízkému obsahu tuku (Gowrisankar et al., 2023). Vhodné druhy k této metodě jsou ty, které nemají schopnost létání ani lezení po hladkém povrchu, jako je sklo nebo plast, daří se jim rozmnožovat a žít při pokojových teplotách a sežerou prakticky cokoli (Chiarella, 2017). K domácímu blatticompostingu se často používá šváb pestrý (*Eublabeus distantis*), který je schopen zkonzumovat velké množství potravy, každodenní krmení stimuluje jejich reprodukci, která není tak výrazně sezónní, jako u jiných druhů, díky stabilnímu prostředí, ve kterém žijí (Patón a García—Gómez, 2023). Vyrábějí kompost, který má významný obsah živin, švábi také zvyšují jeho hodnotu pro zemědělské a zahradnické účely, také se vyznačují antimikrobiálními účinky v jejich trávicím traktu, které potlačují růst bakterií a patogenů, čímž vzniká bezpečnější a hygieničtější kompost (Gowrisankar et al., 2023).

Millicomposting je nová málo známá biotechnologie šetrná k životnímu prostředí, která zajišťuje biotransformaci rostlinných zbytků na stabilní organickou hmotu prostřednictvím mnohonožek (Antunes et al., 2022). Dosud neexistují zprávy o kvalitě

výluhů vyrobených z millicompostingu, ani na jeho využití (Batista et al., 2021). Pro tuto metodu se používají například severoamerické plochule *Harpaphe haydeniana*, indické mnohonožky *Xenobolus carnifex* či tropická asijská mnohonožka *Trigoniulus corralius* (Revathy a Manohara, 2018; Antunes, 2017).

Půdní rozkladači

Půda je vysoce interaktivní systém, kde jeden druh potencionálně ovlivňuje ostatní druhy buď pozitivně nebo negativně (Wolters, 2001). V přírodě je mnoho druhů organismů, které rozkládají organické materiály, většina z nich nejde vidět pouhým okem, ale vyskytují se v kompostu po celou dobu, větší organismy se obvykle vyskytují v pozdějších fázích kompostování (Aggie Horticulture, 2009). Půdní organismy plní funkci rozkladačů, kteří hrají zásadní roli pro udržení úrodnosti půdy a také ve fungování suchozemských ekosystémů (Bardgett a Wardle, 2010). Dále mají klíčovou roli v růstu rostlin, koloběhu živin, struktuře půdy a odolnosti rostlin vůči stresu. Zvýšit růst rostlin mohou zvýšit pomocí symbiotických vztahů (Souza, 2022). Někteří živočichové, jako jsou například termiti, žížaly nebo měkkýši, mohou produkovat více než 50 různých látek s rozdílnými účinky (Kooistra a Pulleman, 2010). Rozkladače si můžeme definovat také jako skupinu živočichů, která konzumuje mršiny zvířat, ale především mrtvý rostlinný materiál, což následně vede k fyzikálně-chemickým změnám složení, přispívající ke snížení velikostí fragmentů a usnadnění interakce s minerálními povrchy (Griffiths et al., 2021). Půdní makrofauna umí také chemicky rozkládat rostlinný materiál, buď za pomoci svých trávicích enzymů nebo s pomocí symbiotických prvoků a bakterií, kteří žijí v jejich střevech (Dickinson a Pugh, 1974). Mezi všechny organismy, které se podílejí na rozkladu, patří bakterie a aktinomycety, řasy, houby, měkkýši, půdní korýši, pavoukovci, stonožkovci, hmyz a jeho larvy, významné jsou také žížaly, které požírají směs organických zbytků se zeminou a v zažívacím ústrojí je přetvářejí na jílovitý komplex (Kalina 2004). Mikrobi a bezobratlí, kteří jsou zapojení do dekompozice, jsou znázorněni níže (Obrázek 2).



Obrázek 2: Mikrobi a bezobratlí zapojení do kompostovacího procesu (Aggie Horticulture, 2009).

Půdní mikroorganismy

Každou fází kompostování charakterizuje určitý sled mikrobiálních společenstev, což je dáno předchozími změnami fyzikálně-chemického prostředí (Tilston, et al. 2002). Při kompostování mikroorganismy využívají kyslík a zároveň spotřebovávají organickou hmotu přítomnou v biomase (Oshins et al., 2022). Mikrobiální společenstva v kompostu tlumí rozvoj chorob rostlin díky jejich schopnosti produkovat nejen antimikrobiální sloučeniny, ale i teplo (Onwosi et al. 2016). Do kompostéru se dostávají se surovinami z okolního prostředí, přidáním již hotového kompostu nebo s očkovacími látkami (Oshins et al., 2022).

Úplně na začátku kompostovacího procesu převládají mezofilní organismy, metabolické aktivity těchto organismů vedou k nárůstu teploty a vystřídají je termofilní mikroorganismy, ve fázi zrání jsou však opět v popředí organismy mezofilní (Onwosi et al., 2016). Termofilní mikroorganismy usnadňují degradaci organické hmoty, což v tomto případě znamená celulózy a ligninu (Meena et al. 2021). Dalšími mikroorganismy, které působí jako chemické rozkladače, jsou různé houby, bakterie a aktinomycety, ty rozkládají

organické látky na oxid uhličitý, teplo, vodu a humus (Nemet, 2021). V lesních ekosystémech jsou zásadními činiteli primárního rozkladu saprofytní stopkovýtřusé houby, které tvoří rozsáhlé podhoubí a jsou také významným zdrojem výživy pro půdní bezobratlé (A'Bear, 2014). Složení mikrobiálního společenstva mohou výrazně ovlivnit větší živočichové, kteří mikrobiální biomasu stimulují a ovlivňují její aktivitu v rhizosféře (Bray et al., 2019).

Půdní makroorganismy

Půdní makrofauna, která má velikost větší než dva milimetry, hraje klíčovou roli v rozkladu tím, že ovlivňuje chemii rozkládaného materiálu a dalších složek komunity rozkladačů, dále ovlivňuje rychlost rozkladu, uvolňování živin a primární produkci (Meyer, et al., 2010). Společenstva bezobratlých tvoří detritivoři, mikrobivoři a predátoři. Půdní makrofauna je z velké části zastoupena detritivory, kteří požírají rozsáhlou část listového opadu a do půdy jej navracejí v podobě exkrementů (Joly et al., 2018). Pokud listový opad tvoří listy, které mají vysokou variabilitu ve své houževnatosti, tak by se měla podestýlka vyznačovat také vyšší variabilitou detritivorů (Brosseau et al., 2019).

Detritivoři představují hlavní cesty toku materiálu nejen v suchozemských, ale i vodních ekosystémech, objem těchto přenosů má důsledky v ukládání uhlíku a recyklaci živin (Cebrian a Lartigue, 2003). Detritivorní fauna zvyšuje efektivitu kompostování především v malých prostorech nebo uzavřených systémech (Batista, 2021). Mění především fyzikální vlastnosti odpadů rozmělněním, kousáním a žvýkáním (Yang et al., 2012), mezi tzv. makrodekompozitory patří mnohonožky, suchozemští stejnonožci, žížaly, mravenci, larvy brouků a dvoukřídlých a další. Mnohonožky jsou hlavními rozkladači organického opadu v mírném pásmu a v tropických lesích s tvrdým dřevem, kde se živí odumřelou rostlinnou hmotou (Coleman, et al., 2004). Suchozemští stejnonožci jsou schopni imobilizovat v těle těžké kovy, tudíž představují jeden z nejvhodnějších taxonů pro bioindikaci informací o stavu životního prostředí (Nannoni et al., 2015). Půdní predátoři (stonožky, střevlíci, štírci) ovlivňují rozklad konzumací rozkladačů (Hunter et al., 2002).

I přes uvedené informace je současný stav poznání společenstev bezobratlých živočichů v domácích kompostérech velmi kusý. Tato práce přispívá k dané problematice

snahou zaznamenat výskyt jednotlivých druhů a případný vliv managementu či typu kompostéru na jeho obyvatelstvo.

Cíle práce

- Zaznamenat spektrum půdních bezobratlých vyskytujících se v kompostérech Jablunkovska
- Vyhodnotit oživení kompostérů v závislosti na jejich otevřenosti (otevřené vs. zavřené)
- Vyhodnotit početnost a skladbu oživení kompostérů s ohledem na teplotu, péči o kompost a skladbu kompostu

Materiál a metody

3.1 Lokalita

Pro výzkum byly vybrány lokality v Moravskoslezském kraji, konkrétně v obcích Návší, Hrádek, Mosty u Jablunkova, Písečná a ve městě Jablunkov (Příloha 2). Území je začleněné do Vnějších západních Karpat a podsoustavy Západní Beskydy. Konkrétněji je území v Jablunkovské brázdě, což je mezihorská sníženina vytvořená mezi Moravskoslezskými a Slezskými Beskydami (Bína a Demek, 2012). Jablunkovská brázda má tektonický původ, nachází se zde souvrství paleogenních pískovců a jílovců, následný vznik sníženiny byl zapříčiněn erozně denudačními pochody (Bína a Demek, 2012; Demek et. al., 2006).

Výběr domácností, které měly na zahradě kompostér, probíhal zpočátku na bázi osobní známosti. Nicméně k tomuto poměrně malému vzorku se přidaly okolní domácnosti, jejichž obyvatelé projevíli osobní zájem, ať už na základě informační kampaně (viz dále), či osobního setkání při odběru vzorků v jejich sousedství.

3.2 Sběr dat

Před samotným sběrem byly lidem doručeny do schránek informační letáky (Příloha 3), ze kterých se dozvěděli o plánovaném výzkumu, jeho důvodu a vlastním průběhu. Díky této plošné informační kampani byl ušetřen čas při osobní návštěvě, který by zabralo seznámení lidí s cíli diplomové práce. Během osobní návštěvy byl odebrán vzorek kompostu a s majitelem vyplněn dotazník (Příloha 3). V dotaznících bylo zjišťováno, jak často byla do kompostu přihazována rostlinná, popřípadě živočišná biomasa, zda je kompostér otevřený nebo zavřený, a nakonec podrobnější informace o přidávaném materiálu. Materiál se rozlišoval na běžný zahradní odpad, posekanou trávu, živočišné zbytky a kuchyňský odpad. Také bylo zjišťováno, zda a jak často majitelé kompost přehazují.

Sběr dat probíhal v květnu 2021. Celkem bylo odebráno 62 vzorků kompostu, z tohoto celkového počtu se během dalšího zkoumání jeden vzorek vyřadil, tudíž v následných analýzách bylo pracováno s jedenašedesáti komposty. Konkrétně se odebíral vzorek kompostu ze svrchní části, kde se vyskytuje nejvíce živočichů. Z každého kompostu se odebíraly zhruba čtyři litry materiálu. Poté byl půdní sondou odebrán materiál

z již zralého kompostu čili z hlubších vrstev, tyto vzorky byly následně použity k chemickým analýzám. Byla zjišťována i teplota okolního vzduchu a teplota kompostu. Vzorky kompostu byly transportovány do Pedobiologické laboratoře Katedry ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty UP v Olomouci k dalšímu zpracování.

3.3 Extrakce a determinace bezobratlých

K extrakci živočichů byly použity Tullgrenovy extraktory. Byly vyrobeny z plastových kbelíků, které měly odřezané dno a místo něj přilepeno síto o průměru ok jeden centimetr. Pod kbelík byly umístěny plastové misky přiměřené velikosti, naplněné formaldehydem, což je fixační roztok, který konzervuje vyextrahované živočichy. Nad kbelík byly zavěšeny žárovky, aby došlo k rychlejšímu vyschnutí vzorku (Tuf, 2013). Vzorky byly extrahovány po dobu 14 dní.

Extrahovaný materiál byl roztržěn za pomoci binokulární lupy na skupiny: stejnonožci (Isopoda), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), žížaly (Lumbricidae), brouky (Coleoptera), muší larvy (Musca), mravence (Formica) a pavouky (Araneae). Na druhovou úroveň byli determinováni pomocí stereoskopického mikroskopu pouze stejnonožci, stonožky a mnohonožky. Pro determinaci druhů stejnonožců byl využit určovací klíč od Frankenberga (1959), pro určení stonožek bakalářská práce Neckařové (2009) a článek z časopisu Živa (Navrátil et al., 2008). Mnohonožky určil dr. Karel Tajovský.

3.4 Laboratorní analýzy

Laboratorní analýzy byly provedeny u vzorků, které byly odebrány ze spodních částí kompostu pomocí půdní sondy. Takto odebraný materiál se v laboratoři nejprve přesil přes síto nebo nastrouhal na struhadle, aby se rozmělnily větší kusy, odstředily případné kameny a další přebytečné části. Následně se vysušil v sušárně, kde se ponechal při teplotě 105 °C po dobu 24 hodin. Již vysušené vzorky se poté používaly pro všechny chemické analýzy. Pro všechna navažování byla použita váha s přesností 0,001 g.

Měření pH

Hodnota pH byla měřena potenciometricky vhodným pH metrem v předem připravené půdní suspenzi skleněnou iontově selektivní elektrodou (Holzmannová, 2021). Pro měření

nejprve bylo naváženo do plastové lahvičky 10 g vysušeného vzorku. K naváženému množství bylo přidáno za pomoci odměrného válce opět podle váhy 20 ml chloridu vápenatého¹. Tato směs byla na třepačce třepána po dobu 30 minut a poté hned měřena pH metrem.

Před samotným měřením pH byly přichystány pufrы na kalibraci, které při použití musí mít pokojovou teplotu. Z elektrody pH metru byla sejmuta krytka, která byla v ochranném krytu, naplněném 3M roztokem chloridu draselného. Před měřením byla elektroda opláchnuta pomocí stříčky destilovanou vodou a pomocí buničiny otřena do sucha. Poté se prvně vkládá do pufru o pH=7, následně se zase opláchl destilovanou vodou, vysušila a vložila se do pufru o pH=4, znovu oplach a vysušení.

Po kalibraci následovalo měření vzorků, kdy se elektroda do roztoku ponořila jen natolik, aby se nedotýkala dna láhve. Odečtení hodnoty pH nebylo určeno vždy stejným časem, hodnota se musela ustálit a až poté byla odečtena hodnota s přesností dvou desetinných míst.

Uhlík

Pro organický uhlík byly použity dvě metody: stanovení veškeré organické hmoty v půdě spalováním a stanovení organického uhlíku na mokré cestě, tzv. oxidimetrické stanovení. U mokré cesty je základním principem oxidace organického uhlíku kyslíkem oxidantu dichromanu draselného v prostředí kyseliny sírové. Stručně jsou níže popsány obě metody.

K první metodě pomocí spalování byly zapotřebí hliněné misky, které se jednotlivě v prvním kroku zvažily a zapsaly jejich hmotnosti. Následně bylo do každé misky naváženo 5 g vzorku s možnou odchylkou 0,005g. Po navážení byly misky pomocí kleští vloženy do exikátoru a uloženy do sušárny, kde se sušily 24 hodin do konstantní hmotnosti za teploty 105°C. Po vysušení se opět zvažily a vrátily do exikátoru za účelem vyžihání, které probíhalo v peci o teplotě 500 °C po dobu 4 hodin. Po vychladnutí se vzorky opětovně zvažily.

¹ U některých vzorků byla použita navážka 5 g s následnou redukcí činidla na 10 ml chloridu vápenatého z důvodu nedostatku materiálu u některých vzorků.

Množství organického uhlíku se uvádí v procentech. Z měření se vypočítá tak, že se od konstantní hmotnosti po vysušení odečte hmotnost po vyžhání a vydělí se konstantní hmotností vykrácenou stem.

Ke stanovení organického uhlíku bylo zapotřebí 0,100 g s možnou odchylkou 0,005 g rozmělněného kompostového vzorku. Navážka probíhala do Erlenmayerovy baňky. Dále práce probíhala v zapnuté digestoři, kvůli výparům, které se uvolňují při mineralizaci vzorků po přidání dichromanu draselného a kyselina sírové. V digestoři se nejprve do baňky pomocí pipety napipetovalo 10 ml 0,166M dichromanu draselného. Dále se přidala koncentrovaná kyselina sírová, jíž bylo 20 ml. Poté se takto smíchaný vzorek nechal v zapnuté digestoři odstát hodinu. Po hodině se přidalo ještě 170 ml destilované vody, 2 ml koncentrované kyseliny fosforečné, nakonec bylo kapátkem přidáno 7 kapek indikátoru o – fenantrolinu.

Po této přípravě následovala titrace pomocí 0,05M Mohrovou soli. Titrace probíhala, dokud prvotní oranžovo-žlutá barva nepřešla do kaštanové barvy přes světle i tmavě zelenou, která přešla až do zelenomodré. Po změně barvy se zapsala spotřeba Mohrovy soli. Pro větší přesnost měření byla tato analýza u každého vzorku zopakována třikrát a dále se pracovalo s průměrem těchto tří hodnot.

Opětovným způsobem byl každý den měření připraven tzv. slepý pokus, faktor Mohrovy soli. Jediný rozdíl byl v tom, že do tohoto pokusu se nepřidávala navážka. Využíval se k výpočtu stanovené organického uhlíku. Výpočet se prováděl následovně v několika krocích:

Faktor:

$$\frac{10 \text{ ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7}{\text{spotřeba Mohrovy soli ve slepém pokusu}}$$

Výpočet % uhlíku:

$$\frac{(10 \text{ ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{faktor} \times \text{spotřeba Mohrovy soli}) \times 0,3}{\text{g navážky}}$$

Dusík

Pro stanovení dusíku byla vybrána Kjeldahova metoda za použití selenu jako katalyzátoru. Metoda je založena na mineralizaci kyselinou sírovou, z mineralizátu se po alkalizaci uvolní amoniak, jež je zadržován v roztoku kyseliny borité a poté je jeho obsah stanoven odměrnou neutralizační titrací (Tlustoš et al., 2014)

K měření dusíků se používala také navážka rozmělněného vzorku 0,5 g. Pokud nebyl vzorek dostatečně rozmělněn, byl za pomoci třecí misky a tloučku rozdrčen. Navážka se vážila pomocí váženky, u každého vzorku byla použita nová, aby se vzorky navzájem neovlivnily. Následně byla navážka převedena do mineralizační trubice, kde poté bylo přidáno půl tablety selenového katalyzátoru. Následně práce probíhala v digestoři, kde bylo pomocí odměrného válce přidáno 10 ml koncentrované (96 %) kyseliny sírové².

Takto připravené vzorky se vložily do mineralizačního přístroje (mineralizační blok Mezos), kde se roztok postupně asi za hodinu zahřál na 380 °C, při této teplotě mineralizace probíhala 4–4,5 hodiny. Roztok se tak z tmavé barvy postupně měnil na šedou až bílou barvu, protože se dostával do amonné formy. Po ukončení mineralizace musela trubice před další manipulací zchladnout.

Po vychladnutí byla mineralizační trubice přemístěna a nasazena do destilačního přístroje Vapodest za účelem vytěsnění amoniaku. Do přístroje se vložila také titrační baňka, která obsahovala 25 ml 2% kyseliny borité s 3 až 5 kapkami Tashiro indikátoru. Následně byla spuštěna destilace, při které si přístroj sám nadávkoval 84 ml destilované vody a 64ml 30 % hydroxidu sodného a po zmineralizování směsi proběhla destilace. Během destilace došlo k vytěsnění amonných iontů do předlohy a došlo během toho k barevnému přechodu indikátoru z růžového zbarvení na zelené. Titrační baňka se z destilačního přístroje vyjmula a následovala titrace roztoku.

Titrace byla posledním krokem, při které se titrovala předloha s amonnými ionty za pomoci skleněné byrety, která byla naplněná odměrným roztokem 0,01M kyseliny chlorovodíkové. Titrace byla ukončena při barevném přechodu barvy z původní světle

² U některých vzorků byla kvůli nedostatku materiálu použita navážka jen o 0,250g místo doporučených 0,5 g.

zelené na světle fialovou. Následně byla odečtena spotřeba odměrného roztoku a byl vypočten obsah dusíku podle vzorce.

Pro každý vzorek bylo měření opakované třikrát a pro statistiku použita průměrná hodnota. Z výpočtů vyšel výsledek v mg/kg půdy, tudíž aby vyšel výsledek v jednotkách g/kg se kterými se pracovalo musel být výsledek ještě vykrácen 1000.

Fosforečnany

Pro fosforečnany byla použita metoda podle Melicha. Roztok Melich II byl pro analýzu předem připraven.

Do plastové vzorkovnice bylo naváženo 5 g. K navážce se přidalo činidlo Melich II o obsahu 50 ml. Takto smíchaný vzorek byl vložen do rotační třepačky, kde probíhala jeho extrakce po dobu 10 minut. Po uplynutí této doby následovala filtrace, která probíhala za pomoci nálevky, do níž byl vložen filtrační papír³.

Z přefiltrovaného roztoku bylo přepipetováno 10 ml do plastové vzorkovnice, do které se následně přidalo i činidlo phosVer. Roztok s činidlem byl míchán až do úplného rozpuštění činidla, přibližně 2 minuty. Poté se vzorek nechal 10 minut odstát, aby došlo k ustálení. Po ustálení byl vzorek převeden do skleněné kyvety, která se následně vložila do spektrofotometru Hach, při vlnové délce 890 nanometrů došlo k proměření vzorků. Pokud byla koncentrace ve vzorku vysoká bylo nutné následné ředění a opětovné měření.

Všechny vzorky byly ředěny, většina 200x, jen jeden vzorek pouze 50x. Ředění 200x se provádělo za pomoci pipety, kdy bylo odebráno 0,05 ml filtrátu, ke kterému se přidalo 9,95 ml deionizované vody a následně opět činidlo. Při ředění 50x bylo použito 0,02 ml filtrátu a 9,98 ml deionizované vody a činidlo. U každého vzorku došlo k třem opakovaným měřením, která byla zprůměrována.

Draslík

Pro analýzu draslíku byla využita metoda pomocí atomového absorpčního spektrofotometru. Tato metoda využívá analytickou vlastnost absorpce záření volnými atomy daného prvku (Krofta et al., 1997).

³ U některých vzorků bylo použito pouze 2,5 g a činidlo Melich II bylo redukováno na 25 ml z důvodu nedostatku materiálu.

Příprava na měření draslíku probíhala stejně jako u fosforečnanů, tzn. do plastových vzorkovnic bylo naváženo 5 g vzorku. K navážce bylo přidáno 50 ml činidla Melich II. Takto smíchaný vzorek byl vložen do rotační třepačky, kde probíhala jeho extrakce po dobu 10 minut. Po uplynutí této doby následovala filtrace, která probíhala za pomoci nálevky, do níž byl vložen filtrační papír⁴.

Z filtrátu bylo pipetou odebráno 0,25 ml vzorku, který byl vložen do vzorkovnice o velikosti 25 ml. Vzorek byl ředěn 100x, tudíž se k filtrátu přidalo 24,75 ml deionizované vody. Výsledky vyhodnotil počítačový program, který je propojen s detektorem atomového absorpčního spektrofotometru.

3.5 Statistické metody

V programu Microsoft Excel došlo k vytvoření tabulek jak se základními i podrobnějšími informacemi o kompostérech, tak i o informacích o určených druzích a chemické analýze kompostu. Takto zpracovaná data následně analyzoval program CANOCO for Windows (verze 5.0). Počty jedinců jednotlivých zájmových druhů byly využity jako druhová data. Jako environmentální proměnné byly použity výsledky chemických analýz, přítomnost typů odpadu v kompostérech, teplota vzduchu a kompostu, přidávání odpadu a zda byl kompost otevřený (kódováno jak 0) nebo zavřený (kód 1). Pro statistické vyhodnocení v programu CANOCO byla použita unimodální metoda, a to kanonická korespondenční analýza (CCA) a zobecněný aditivní model (GAM).

⁴ U draslíku byla u některých vzorků nutná redukce navážky na 2,5 g a činidlo Melich II bylo redukováno na 25 ml.

Výsledky

Celkem bylo vzorkováno 62 kompostérů. Zpracováno pro tuto práci bylo však jen 61 z důvodu vyřazení jednoho nevyhovujícího vzorku (nepřítomnost zralého kompostu). Celkový počet jedinců bezobratlých všech skupin byl 8293, skupiny, které se vyhodnocovaly, byly: stejnonožci (Isopoda), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), žížaly (Lumbricidae), brouci (Coleoptera), larvy dvoukřídlých (Diptera), mravenci (Formicidae) a pavouci (Araneae). Do druhů byly určeny pouze stejnonožci, stonožky a mnohonožky, jejich počet dosáhl 3239 jedinců.

4.1 Druhové spektrum a početnosti jednotlivých zájmových skupin

Početnosti jednotlivých skupin byly následující. Žížaly se vyskytovaly ve většině kompostérů o 927 jedincích. Brouci již byli méně častí a byli zastoupeni v počtu 126 jedinců. Larvy dvoukřídlých, co se počtu týče výrazně vedly, bylo jich nalezeno 2425. Početnostně dominující skupina byli také mravenci s 1350 jedinci. Pavouků bylo pouze šest. Skupiny, které byly určovány i do druhů jsou rozepsány níže.

Nejpočetnější skupinou, co se týče abundance, byli **suchozemští stejnonožci**, jejich počet činil 3121 jedinců v zastoupení šesti druhů – *Porcellio scaber*, *Haplothalmus daniscus*, *Armadillidium versicolor*, *Protracheoniscus politus*, *Porcellium collicola* a *Armadillidium vulgare*. V největším zastoupení o 3051 jedincích byl druh *Porcellio scaber*, který se vyskytoval ve 47 kompostérech. Naopak nejmenší početnost měl druh *Protracheoniscus politus*, byl zastoupen pouze jedním jedincem.

Druhou skupinou, která se určovala i do druhů a byla nejpočetněji zastoupena, co se týče druhové skladby i početností jednotlivých jedinců, byly **stonožky**. Materiál obsahoval celkově 82 jedinců sedmi druhů. *Lithobius forficatus*, *Lithobius microps*, *Lithobius curtipes*, *Geophilus flavus*, *Schendyla nemorensis*, *Stenotaenia linearis*, *Cryptops hortensis*. Nejvíce jedinců měl druh *Lithobius microps*, kterých bylo ve vzorku 28 a *Lithobius forficatus* s 20 jedinci. Nejmenší zastoupení s dvěma jedinci měly druhy *Stenotaenia linearis* a *Cryptops hortensis*.

Třetí modelovou skupinou byly **mnohonožky**, které v sesbíraném materiálu obsahovaly pouze 36 jedinců. I když byly zastoupeny malým počtem, vzorky obsahovaly pět druhů – *Polydesmus inconstans*, *Choneiulus palmatus*, *Ophyllosus pilosus*, *Blaniulus*

guttulatus a Julinae gen. sp. (neurčený druh z podčeledi Julinae) Nejčastěji se v odebraném materiálu vyskytoval *Polydesmus inconstans* a *Choneiulus palmatus* s 16 a 13 jedinci.

Blaniulus guttulatus byl v zastoupení pouze jednoho jedince.

4.2 Výsledky laboratorních analýz

Obsah **dušiku** ve vzorcích značně kolísal. Nejmenší průměrný výsledek ze tří hodnot pro daný vzorek byl 4,72 g/kg půdy, byl to vzorek 15, kde dominoval běžný zahradní odpad 50 % a posekaná tráva z 39 %, zbytek tvořilo 1 % živočišných zbytků a 10 % kuchyňského odpadu. Naopak největší průměrný výsledek byl 34,33 g/kg půdy, pro vzorek č.2 u kterého z 60 % dominoval běžný zahradní odpad 30 % tvořila posekaná tráva a zbylých 10 % tvořil kuchyňský odpad. Celkový průměr za všechny kompostéry byl 14,93 g/kg.

Z měření pH vyplynulo, že komposty jsou kyselé (31 vzorků), neutrální (19 vzorků) i zásadité (11 vzorků). Nejkyselejší naměřená hodnota byla 5,17 a nejzásaditější hodnota byla 12,2.

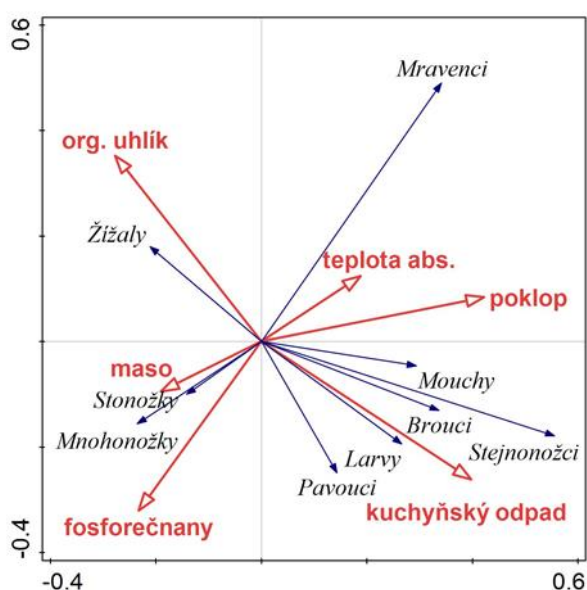
Hodnoty organického uhlíku, které se zjišťovaly žiháním, vycházely od nejmenší hodnoty 0,76 % do nejvyšší hodnoty 5,55 %. Průměrný obsah organického uhlíku, který byl zpracován metodou mokré cesty se pohyboval od 2,40 % do 13,60 %. Procenta, která jsou uvedena ve výsledcích vyjadřují procenta v rámci navážky analyzovaného vzorku kompostu.

Obsah draslíku byl ve vzorcích značně rozmanitý, pohyboval se od 1,8 (g/kg) do 16,95 (g/kg). Posledním měřeným prvkem byl fosfor ve formě fosforečnanů, u kterých je do výsledků uvedena také průměrná hodnota ze tří měření. Zde měly hodnoty mezi sebou největší rozdíly. Nejmenší průměrná hodnota byla 24 mg/l a největší 812 mg/l. Nejmenší hodnotu měl vzorek 15, který obsahoval 50 % běžného zahradního odpadu, 39 % posekané trávy, 1 % živočišných zbytků a 10 % kuchyňského odpadu. Vzorek s nejvyšší hodnotou obsahoval pouze běžný zahradní odpad ze 65 % a z 35 % posekanou trávu.

4.3 Ovlivnění abundance modelových skupin vybranými faktory

Pomocí redundanční analýzy zaměřené na vliv vybraných faktorů na distribuci jednotlivých zájmových skupin byl vytvořen signifikantní model ($F = 1,5$, $p = 0,01$). Tento model vysvětluje 11,4 % přepočítané variability v distribuci taxonů. Pro jednotlivé faktory byl nejprve vyhodnocen jejich samostatný vliv na vysvětlení variability v distribuci skupin (simple term effect). Signifikantní vliv mělo množství *kuchyňského odpadu* v kompostéru

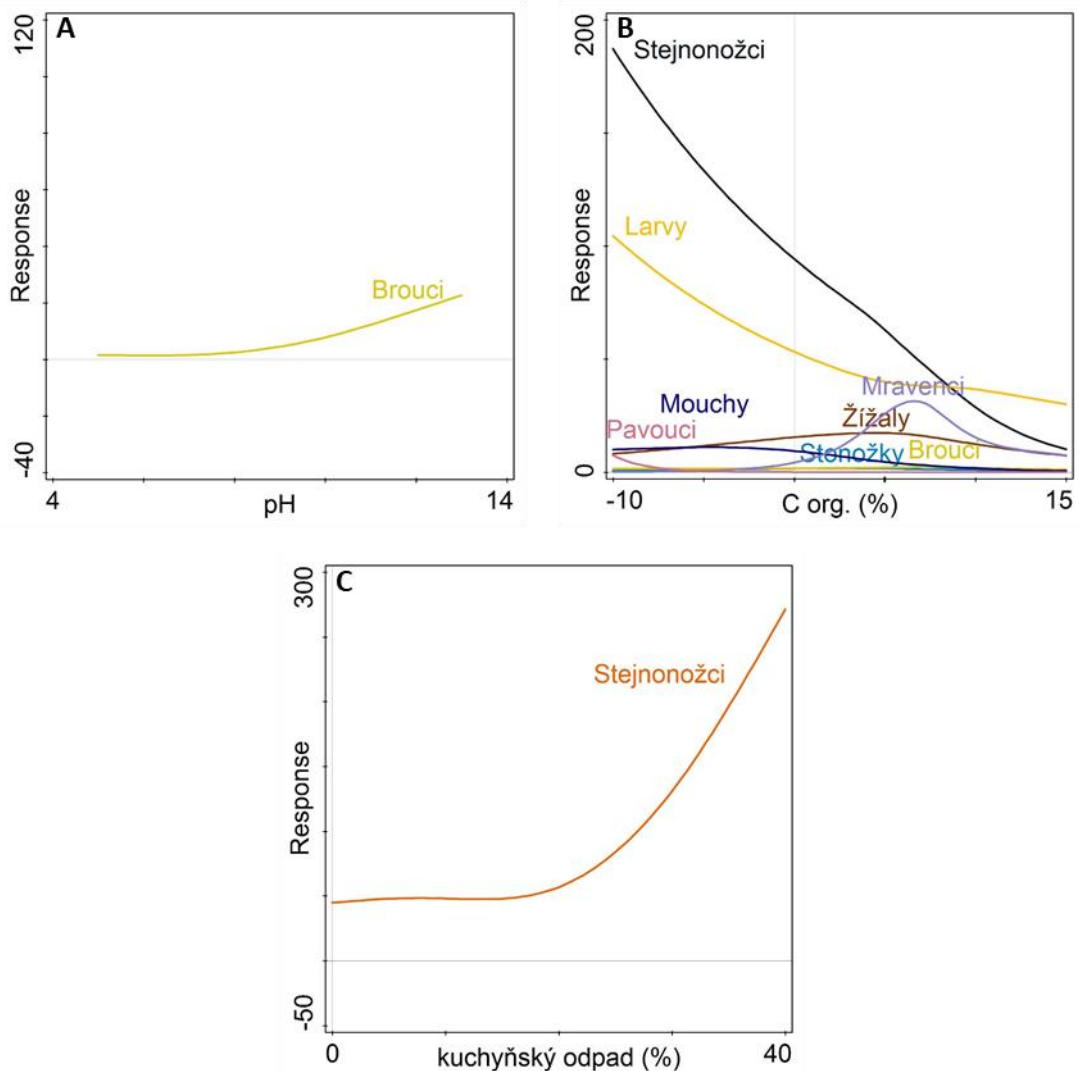
($F = 2,6$, $p = 0,016$, vysvětluje 34,2 % variability), pH kompostu ($F = 2,3$, $p = 0,028$, vysvětluje 3,7 % variability), množství *organického uhlíku* ($F = 2,2$, $p = 0,05$, vysvětluje 3,6 % variability) a přítomnost *poklopu* ($F = 2,2$, $p = 0,042$, vysvětluje 3,6 % variability). Ve vytvořeném modelu však význam jednotlivých faktorů (conditional term effect) byl odlišný, což ovlivňovaly vzájemné vztahy mezi nimi. Jako signifikantní faktory se ukázalo množství *kuchyňského odpadu* v kompostěru ($F = 2,6$, $p = 0,028$, vysvětluje 4,2 % variability) a obsah *organického uhlíku* v kompostěru ($F = 2,4$ a $p = 0,028$, vysvětluje 3,8 % variability). Mírně nad hranici signifikantního výsledku vyšlo množství živočišného odpadu v kompostěru *maso*, ($F = 2,1$ a $p = 0,06$, vysvětluje 3,3 % variability), množství *fosforečnanů* v kompostěru ($F = 2,0$ a $p = 0,074$, vysvětluje 3,1 % variability) a přítomnost *poklopu* na kompostěru ($F = 1,8$ a $p = 0,078$, vysvětluje 2,7 % variability). Z modelu vyplývá, že žížaly se vyskytují v kompostech s vysokým obsahem uhlíku, přítomnost živočišných zbytků zvyšuje početnost stonožek a mnohonožek a řada skupin je početnějších v kompostěrech s vyšším množstvím *kuchyňského odpadu* (Graf 1).



Graf 1: Redundační analýza zaměřená pro vybrané faktory – význam jednotlivých faktorů.

Pro faktory, které samy nezávisle na ostatních dokázaly predikovat abundance jednotlivých skupin, byly vytvořeny zobecněné aditivní modely (GAM). Prvním model zobrazuje souvislost mezi početností brouků a kyselostí kompostu (Graf 2A), brouci byli početnější v zásaditém prostředí ($F = 29,8$ a $p = <0,00001$). Obsah organického uhlíku měl signifikantní vliv na téměř všechny skupiny bezobratlých (Graf 2B), Stejnonožci ($F = 323,4$ a $p < 0,00001$), larvy ($F = 24,8$ a $p < 0,00001$), mouchy ($F = 35,1$ a $p < 0,00001$) a

pavouci ($F = 12,8$ a $p = 0,00003$) byli početnější v kompostech s nižším obsahem organického uhlíku, zatímco stonožky ($F = 5,4$ a $p = 0,00813$), žížaly ($F = 24,8$ a $p < 0,00001$), mravenci ($F = 260,2$ a $p < 0,00001$) a brouci ($F = 4,4$ a $p = 0,01866$) preferovali spíše vyšší hodnoty. Třetím faktorem, který významně ovlivňoval půdní bezobratlé, byla proporce kuchyňského odpadu v kompostěru (Graf 2C). Suchozemští stejnonožci ($F = 3$ a $p = 0,05847$) se vyskytovali početněji v kompostech, kde kuchyňský odpad představoval alespoň čtvrtinu obsahu.



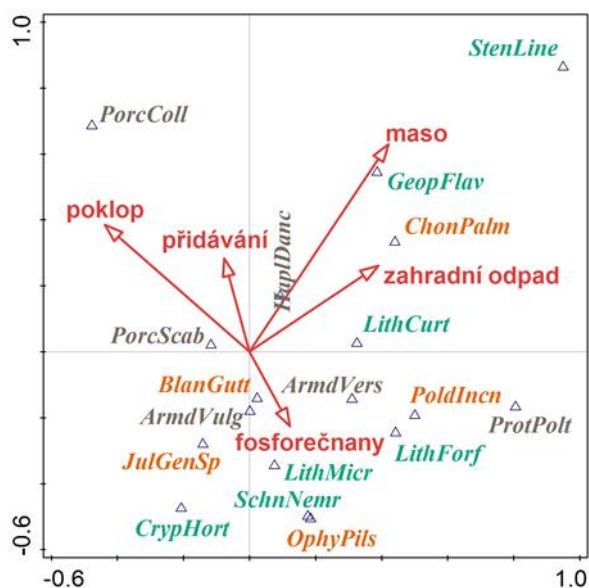
Graf 2A – 2C: Zobecněné aditivní modely (GAM) pro faktory, které samy nezávisle na ostatních dokázaly predikovat abundance jednotlivých skupin. Graf 2A: Zobrazuje souvislost mezi početností brouků a kyselostí kompostu. Graf 2B: Zobrazuje, na jaké skupiny bezobratlých měl organický uhlík významný vliv.

Graf 2C: Zobrazuje, jak množství kuchyňského odpadu ovlivňuje početnost stejnonožců.

4.4 Ovlivnění abundance modelových druhů vybranými faktory

Pomocí korespondenční kanonické analýzy zaměřené na vliv vybraných faktorů na distribuci druhů zájmových skupin byl vytvořen signifikantní model ($F = 1,4$, $p = 0,026$). Tento model vysvětluje 9,86 % přepočítané variability v distribuci druhů. Pro jednotlivé faktory byl nejprve vyhodnocen jejich samostatný vliv na vysvětlení variability v distribuci druhů (simple term effect). Signifikantní vliv měla přítomnost *poklopu* ($F = 1,9$ a $p = 0,02$, vysvětluje 3,7 % variability) a frekvence *přidávání* materiálu do kompostéru ($F = 1,8$ a $p = 0,05$, vysvětluje 3,4 % variability), mírně nad hranicí signifikance (hodnota p 5–10 %) byly množství živočišného (*maso*, $F = 23,3$, $p = 0,074$, vysvětluje 6,2 % variability) a *zahradního odpadu* ($F = 1,7$, $p = 0,076$, vysvětluje 3,2 % variability) a také množství *draslíku* ($F = 1,6$, $p = 0,096$, vysvětluje 3 % variability).

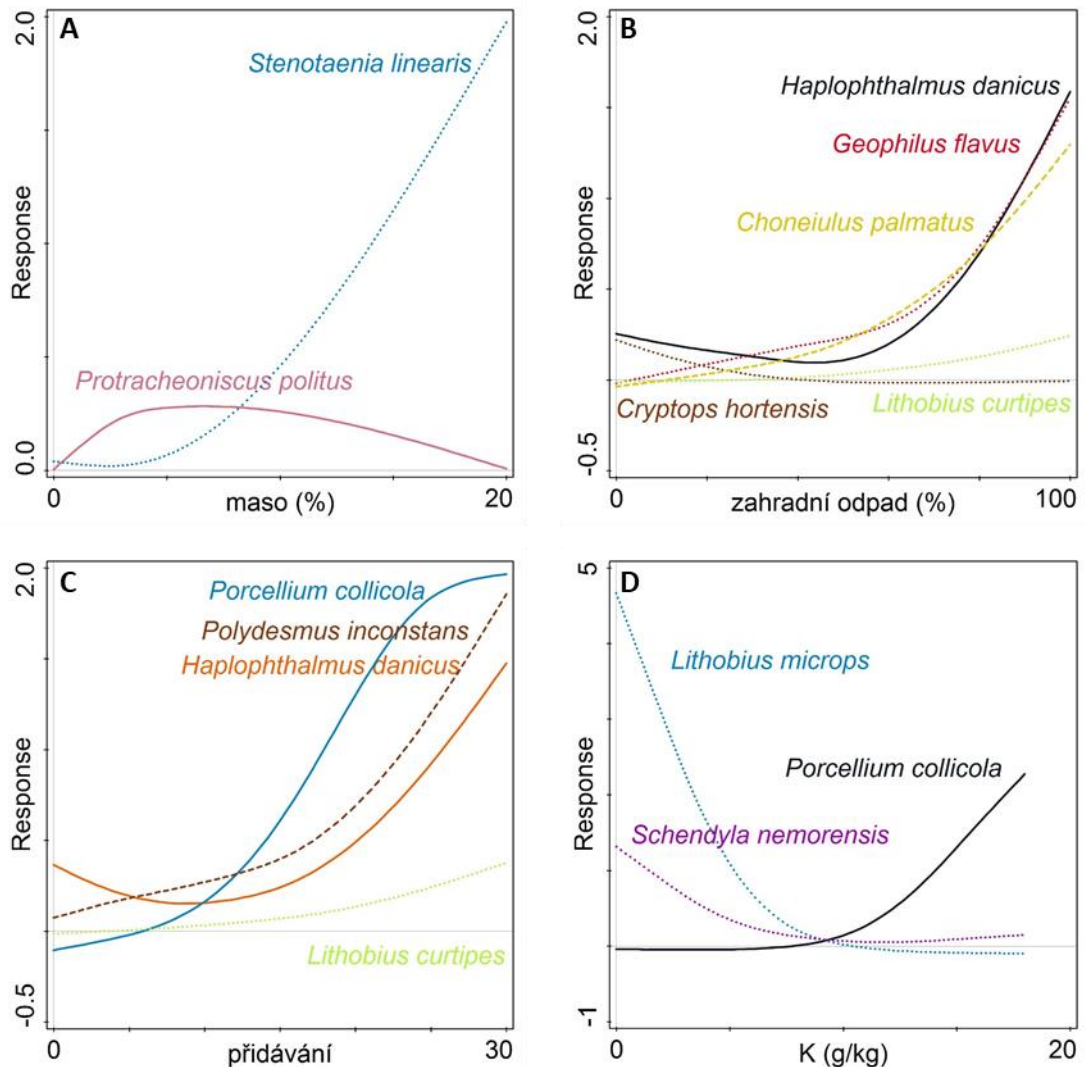
Ve vytvořeném modelu však význam jednotlivých faktorů (conditional term effect) byl odlišný, což ovlivňovaly vzájemné vztahy mezi nimi. Jako signifikantní faktory se ukázala přítomnost *poklopu* na kompostéru ($F = 2,1$, $p = 0,018$, vysvětluje 3,7 % variability), obsah *zahradního odpadu* v kompostéru ($F = 1,90$ a $p = 0,034$, vysvětluje 3,4 % variability) a množství *fosforečnanů* v kompostu ($F = 1,90$ a $p = 0,030$, vysvětluje 3,1 % variability). Mírně nad hranicí signifikantního výsledku vyšlo množství živočišného odpadu v kompostéru (*maso*, $F = 3,3$ a $p = 0,056$, vysvětluje 6,2 % variability) a četnost *přidávání* materiálu do kompostéru ($F = 2,0$ a $p = 0,06$, vysvětluje 3,5 % variability). Z modelu vyplývá, že zemivky *Stenotaenia linearis* a *Geophilus flavus* upřednostňují komposty, kde byl zastoupen větší podíl živočišného odpadu. Komposty, které byly více obohaceny fosforem, upřednostňují stonožky *Schendyla nemorensis*, *Lithobius forficatus* a *Lithobius microps* a mnohonožka *Ophiulus pilosus* (Graf 3).



Graf 3: Kanonická korespondenční analýza vztahu druhů vůči vybraným faktorům (pro zkratky druhů viz seznam použitých zkratk), šedě jsou uvedeny druhy stejnonožců, mnohonožky oranžově a stonožky zeleně.

Zobecněný aditivní modely (GAM) byly vytvořeny pro environmentální faktory, které dokázaly nezávisle na ostatních (simple term effect) predikovat abundance jednotlivých druhů stejnonožců, mnohonožek a stonožek. První model zobrazuje souvislost mezi početností druhů a procentem živočišného odpadu (*maso*) v kompostéru (Graf 4A), stejnonožec *Protracheoniscus politus* ($F = 8,6$ a $p = 0,00062$) preferoval nízký obsah, zatímco zemivka *Stenotaenia linearis* ($F = 49,1$ a $p < 0,00001$) byla v kompostérech s vysokým obsahem zbytků živočišného původu. Obsah *zahradního odpadu* ovlivňoval vyšší počet druhů (Graf 4B), stonoha *Cryptops hortensis* ($F = 7,4$ a $p = 0,00156$) preferovala kompostéry s nízkým obsahem, zatímco stonožky *Lithobius curtipes* ($F = 3,8$ a $p = 0,028$) a *Geophilus flavus* ($F = 7,1$ a $p = 0,00198$), mnohonožka *Choneiulus palmatus* ($F = 5,2$ a $p = 0,00885$) a stejnonožec *Haplophthalmus danicus* ($F = 11$ a $p = 0,00011$) se vyskytovali hlavně v kompostérech, kde zahradní odpad představoval více jak 50 % objemu. Třetím faktorem, který významně ovlivňoval půdní bezobratlé, byla frekvence *přidávání* biomasy do kompostéru. (Graf 4C), početnost stejnonožců *Porcellium collicola* ($F = 5,8$ a $p = 0,00558$) a *Haplophthalmus danicus* ($F = 4,2$ a $p = 0,02051$), plochule *Polydesmus inconstans* ($F = 4,2$ a $p = 0,01979$) a stonožky *Lithobius curtipes* ($F = 6,1$ a $p = 0,00427$) vzrůstala s rostoucí frekvencí doplňování kompostéru. Čtvrtým významným faktorem byla koncentrace draslíku (*K*) v kompostu (Graf 4D). Stonožky *Lithobius microps* ($F = 7$ a $p = 0,00207$) a *Schendyla nemorensis* ($F = 4,4$ a $p = 0,01692$) se

vyskytovaly v kompostérech s nízkým obsahem draslíku v kompostu, zatímco stejnonožec *Porcellium collicola* ($F = 4,3$ a $p = 0,01886$) preferoval vysoké koncentrace.



Graf 4A – 4D: Zobecněné aditivní modely (GAM), pro environmentální faktory, které dokázaly nezávisle na ostatních (simple term effect) predikovat abundance jednotlivých druhů stejnonožců, mnohonožek a stonožek. Graf 4A: Zobrazuje souvislost mezi početností druhů a procentem živočišného odpadu (*maso*) v kompostéru. Graf 4B: Zobrazuje ovlivnění početnosti živočišných druhů kuchyňským odpadem. Graf 4C: Zobrazuje, jak frekvence *přidávání* biomasy do kompostéru ovlivňuje početnost vzrůstu několika druhů. Graf 4D: Zobrazuje, které druhy spíše preferovaly a které se naopak vyhýbaly vyšším koncentracím draslíku.

Diskuse

5.1 Bezobratlí

Bezobratlí byli v kompostérech zastoupeni průměrně 136 jedinci modelových skupin, z toho průměrně 53 jedinců bylo identifikováno na druhovou úroveň v rámci suchozemských stejnonožců, mnohonožek a stonožek.

Nejhojnější skupinou v kompostérech byli suchozemští stejnonožci, a to hlavně díky zástupci druhu *Porcellio scaber*, který byl ve vzorcích nalezen v počtu 3051 jedinců. U tohoto druhu zjistili Wood a Zimmer (2014), že dokáže také dobře rozkládat různé biologické plasty, vyrobené na bázi škrobu, celulózy a PHB. Pro experiment použili jedince, které odlovili v běžném domácím kompostu. Největší ztrátu hmoty způsobili tito stejnonožci u plastů na bázi škrobu.

Armadillidium vulgare, *Porcellio scaber* a *Haplophthalmus danicus* jsou běžnými suchozemskými stejnonožci, kteří se často vyskytují v městském prostředí ve vyšších počtech (Slavecz et al., 2018), což by vysvětlovalo i jejich početný výskyt v kompostérech z důvodu jejich snadné kolonizace. *Porcellio scaber* je druh, který je rozšířen téměř po celé České republice, až na kraj Vysočina (Příloha 5). *Armadillidium vulgare* je celkově běžným obyvatelem kompostů a hromad hnoje (Slavecz et al., 2018). V experimentu, který provedli Messelink a Bloemhard (2007) došlo k zjištění, že vývoj a množství stejnonožce *Armadillidium vulgare* z velké části závisí na zralosti kompostu. K nárůstu populace docházelo u čerstvých kompostů, a naopak u vyzrálých kompostů přežívala tato svinka jen v malém počtu. Ve zkoumaných kompostérech této práce se *Armadillidium vulgare* nacházelo v zastoupení 32 jedinců ve čtyřech vzorcích. Nejvíce se jich vyskytovalo ve dvou vzorcích, kde byla nejhrubší čerstvá vrstva kompostu, což by odpovídalo tvrzení experimentu Messelinka a Bloemharda (2007). Oproti tomu *Armadillidium versicolor* není tak časté, v Moravskoslezském kraji je výskyt doložen pouze z jednoho místa, tudíž pro tuto oblast není zcela typický. Výskyt obou *Armadillidií* je znázorněn v Příloha 6.

Kumari (2017) uvádí, že k nárůstu všech suchozemských stejnonožců dochází hlavně v čerstvém kompostu a v pozdějších fázích, hlavně ve zralém kompostu sotva přežijí. Tento údaj potvrzují i data z tohoto výzkumu, kdy stejnonožci obecně byli početnější v kompostérech, ve kterých bylo hodně kuchyňského odpadu. Kuchyňský odpad se totiž na rozdíl od zahradního přidává do kompostéru průběžně v menších dávkách.

Frekvence přidávání dokonce ovlivňovala početnost *Porcellium collicola* a *Haplophthalmus danicus* – čím častěji se materiál do kompostéru přidával, tzn. čím více se udržoval čerstvý, tím více jedinců obou druhů se v něm vyskytovalo. *Haplophthalmus danicus* podle Orsavové a Tufa (2018) byl nalezen v mnoha případech ve sklenících, ale i například v Malé Skále, NPP Zbrašovské aragonitové jeskyně nebo Teplicích, podrobnější výskyt je znázorněn v Příloha 7. Všechno naznačuje, že se vyskytuje spíše v teplejších oblastech. Tudíž je velice zajímavé, že se vyskytoval v Moravskoslezském kraji, odkud nebyl dosud doložen, byl nalezen v počtu 15 jedinců v sedmi kompostérech.

Převážná část mnohonožek je detritivorních, specializují se na rozklad mrtvé organické hmoty. V lesích požírají 20–100 % rostlinného opadu a vracejí 60–90 % organické hmoty ve formě fekálních pelet (Sridhar a Ashwini., 2016). Například *Polydesmus inconstans*, který byl nalezen i ve vzorcích této práce, přispívá ke zvlhčování půdy a produkci kompostů v zahradách (Kania a Kłapeć, 2012). Mnohnožka *Narceus americanus* má podivuhodné kompostovací schopnosti, dokáže vyprodukovat přes dvě tuny kompostu na akr lesa (Marek a Shear, 2022).

Ophiulus pilosus podle Sridhara a Ashwiniho (2016) obývá v přirozených podmínkách hlubší vrstvy podestýlky, což by odpovídalo, proč se nacházel pouze ve třech vzorcích s minimálním zastoupením v počtu 4 jedinců. Také uvádí, že *Blaniulus guttulatus* se žíví hlízkami brambor v zahradách. Podle Tufa a Tufové (2008) *Blaniulus guttulatus* je druh, který má širokou ekologickou valenci, často se vyskytují v lesních, nelesních a biotopech uměle vytvořených člověkem. Podle Kocourka et al., (2023) je to kosmopolitní druh, který je synantropní, tudíž se nejčastěji vyskytuje u lidských sídel, a to například v záhonech, zahradách, zahradnictvích, kompostech, hřbitovech atd. Není však běžný svým výskytem v Moravskoslezském kraji, jeho přítomnost je zde ojedinělá, což může být důvod toho, že ve vzorcích byl zastoupen pouze jedním jedincem.

Stonožky se vyskytovaly v sedmi druzích, ale v zastoupení pouze 82 jedinců. Stonožky jsou převážně masožravci a ty které žijí ve městech se často nacházejí v kompostu nebo hromadě odpadků (Kumari, 2017). Z rodu *Lithobius* se ve vzorcích vyskytovali tři zástupci, a to *Lithobius microps*, *Lithobius curtipes* a *Lithobius forficatus*. Všechny tři druhy jsou poměrně tolerantní k záplavám, stonožky *Lithobius curtipes* byly nalezeny živé po 22 dnech záplavy (Minelli a Golovatch., 2013). To by mohlo vysvětlit i

jejich výskyt v kompostérech, kde je obvykle vysoká vlhkost. *Lithobius forficatus* byl v zastoupení 20 jedinců. Je to synantropní druh, který je hojný v přírodě i u lidských sídel a vyznačuje se relativně vysokou mrazuvzdorností (Kolibáč et al., 2019; Georgopoulou et al., 2016). *Lithobius forficatus* se ze zmiňovaných tří druhů na území České republiky vyskytuje nejčastěji, *Lithobius curtipes* má nejméně rozšířený výskyt. Nejblíže potvrzený výskyt od sledovaných lokalit byl v oblasti Bohumína. Je tak zajímavé, že se vyskytoval v Návsi a okolí, odkud jeho nález nebyl dosud popsán. Výskyt těchto druhů je znázorněn v příloze 8, příloze 9 a příloze 10). *Lithobius curtipes* zvyšoval svou početnost pozitivně v reakci na větší množství přidávání kuchyňského odpadu. *Lithobius microps* upřednostňoval komposty s vyšším obsahem fosforečnanů, zatímco komposty, kde se zvyšovala koncentrace draslíku, tak se početnosti výrazně snižovaly.

Cryptops hortensis byl ve vzorcích zastoupen pouze dvěma jedinci. Lock et al., (2001) uvádí, že tento druh je spíše indikátorovým druhem dubových a bukových lesů. Jejich typické stanoviště by vysvětlovalo, že se vyskytoval ve dvou vzorcích, kdy sledované kompostéry byly umístěny blízko lesa. Podle Dvořákové (2023) se tento druh v současné době vyskytuje v České republice pouze na dvou místech (Příloha 11), dalo by se říct, že tento druh je v těchto vzorcích vzácností.

5.2 Laboratorní analýzy

Laboratorní analýzy byly prováděny pro pH, dusík, draslík, fosforečnany a organický uhlík, u kterého probíhaly dvě metody měření. První metoda stanovení veškeré organické hmoty v půdě spalováním a druhá stanovení organického uhlíku na mokré cestě – oxidimetrické stanovení. Pochopení vzorců změn v chemii ve fázích kompostování je však stále neúplné (Ball et al., 2022).

Míra acidity kompostování ovlivňuje prostřednictvím působení vodíkových iontů na dynamiku mikrobiálních procesů s optimálním rozsahem 5,5 až 8 (Vázquez et al., 2015). Na začátku kompostovacího procesu pH klesá a postupem času dochází k jeho zvýšení v důsledku rozkladu, až na téměř neutrální hodnotu (Amuah et al., 2022). V rozsahu optimálních hodnot byla většina sledovaných kompostů tzn. 56 kompostů bylo v rozsahu a pouze pět se optimálnímu rozsahu vymykalo, největší naměřená hodnota pH byla 12,2. Optimálnímu rozsahu odpovídaly i podle Vázqueze et al., (2015) v jehož výzkumu na domácí komposty ze Santiaga, se hodnoty jen s malou výjimkou pohybovaly od 7 do 8,8.

Výzkum Zakarya, et. al (2018), který sledoval kompostování slámy ukázal mírnou odchylku, pH se zde vyskytovalo od 4,9 do 8,3 a výrazně jej ovlivňuje vlhkost a provzdušňování. Ale pH v rozmezí 6,7–9 podporuje dobrou mikrobiální aktivitu během kompostování (Bernal et al., 2009). Amuah et al., (2022) uvádí, že pH je v procesu kompostování zásadní, kvůli kontrole ztrát dusíku díky odpařování amoniaku, výrazně se zvyšuje pH nad 7,5. Plíva et al., (2006) uvádí, že stoupne-li hodnota, až nad 8,5 dojde k přeměně dusíkatých sloučenin na amoniak, který se z kompostu vytrácí ve formě plynu a tím nastává větší ztráta dusíku. Míra acidity kompostu je zjevně důležitá hlavně pro mikroby, protože v tomto výzkumu na hodnotu pH reagovali pouze brouci, kteří preferovali zásaditější kompost.

Zdroje uhlíku v kompostech mohou pocházet z papíru, štěpky nebo kůry, zatímco zdroje dusíku mohou zahrnovat zvířecí hnůj, splaškové kaly nebo tuhý komunální odpad (Neher et al., 2013). Rozklad podestýlky bohaté na uhlík je významně ovlivněn makrofaunou, zatímco rozklad podestýlky bohaté na dusík byl ovlivněn převážně mezofaunou (Nakatsuka et al., 2020). Přebytek dusíku produkuje v kompostech čpavek, který způsobuje zapáchání, zatím co nadbytek uhlíku zpomaluje rozklad (Amuah et al., 2022). V organických látkách je uhlík zahrnut přibližně z 50 % (Plíva, et al., 2006). Zahrádkáři jsou běžně instruováni, aby upravovalo rovnováhu mezi uhlíkem a dusíkem přidáváním specifitějších substrátů, jak třeba hoblin či sena. Obsah organického uhlíku ovlivňoval přítomost řady skupin bezobratlých, larvy a mouchy a stejnonožci byly hlavně v kompostech s nízkou koncentrací (zřejmě zde převažoval dusík), naproti tomu například žížaly či mravenci byli početní v kompostech s vyšším obsahem uhlíku. To však může být způsobeno i množstvím vyprodukovaných exkrementů těchto skupin, které jsou na uhlík bohaté.

Obsah dusíku v sušině kompostu by měl být podle Šrefla, (2012) v rozmezí 0,5–2,5 %. Dle zastaralé normy ČSN 46 5735, která dnes již neplatí, tudíž slouží jen pro srovnání, udává minimální procentuální obsah na sušinu v kompostech 0,6 %. Kalina (2004) ve své knize uvádí hodnoty 0,5–1,5 %. V kompostech, které byly pro tuto práci vyhodnocovány, byla nejmenší naměřená hodnota 0,47 %, což ukazuje mírný podprůměr dle literatury. Nejvyšší hodnota byla 3,43 %, což je naopak mírný nadprůměr. Nadprůměr vykazovaly další čtyři vzorky, zbylých 54 vzorků splňuje udávané hodnoty. Celkový průměr hodnot dusíku za všechny komposty je 1,49 %. Do kompostů se běžně přidává hnůj nebo některé

frakce tuhého komunálního odpadu, které jsou na dusík bohaté. Přidávají se, protože některé z nejčastěji používaných surovin mají relativně nízký obsah dusíku (Sánchez et al., 2017). Dusík však neměl vliv na distribuci zastižených bezobratlých.

Koncentrace draslíku v sušině podle Šrefla (2012) by v kompostech měl obsahovat od 0,3 do 2,0 %. Kalina (2004) udává, že by se hodnoty měly pohybovat od 0,3 do 0,8 %, tudíž se docela liší od doporučeného obsahu Šrefla (2012). Ve vzorcích práce měl dusík nejmenší hodnotu 0,18 %, tato hodnota by měla být o něco vyšší, ale mohl ji ovlivňovat vstupní materiál. Nejvyšší hodnotou je 1,7 %, což odpovídá rozmezí podle Šrefla (2012), dle Kaliny (2004) je to již silně nad průměrem hodnot. Tyto koncentrace draslíku vyhovovaly stejnonožci *Porcellium collicola*, je však známo, že rozklad opadu stejnonožci zvyšují uvolňováním draslíku a dalších prvků (Yang et al., 2020).

Fosfor je po dusíku druhým prvkem, který je pro rostliny nejdůležitějším omezujícím prvkem, pro zemědělskou produkci je to na celém světě hlavní překážka (Sánchez et al., 2017). Podle Kaliny (2004) by celkový fosfor v kompostu měl obsahovat hodnoty od 0,1 až 0,8 % v sušině. V této práci jsou však zohledněny jen fosforečnany, pro které byla provedena chemická analýza a v dnešní době nejsou regulovány žádnou státní normou. Jejich hodnoty se ve vzorcích pohybovaly od 0,024 do 0,081 %. Průměrná hodnota za všechny vzorky je 0,034 %, můžeme ji srovnat například s prací Holzmannová (2021), která zkoumala blatticomposting, kdy jí vyšlo, že blatticomposting00 oproti mým vzorkům měl o dost vyšší průměrný obsah fosforečnanů, a to 0,56 %

Relativní počty bezobratlých v kompostérech ovlivňuje teplota, dále kompostované materiály a zemina (Vázquez. et al., 2015). Optimální teploty pro organismy se pohybují od 45 do 55 °C (de Bertoldi et al., 1983). Teploty nad 55 °C jsou nutné k zabití patogenů, pokud však teplota překročí prahovou hodnotu, aktivita organismů rychle klesá a umírají (Bernal et al., 2009). Měřená absolutní teplota v kompostéru, ani relativní teplota kompostu (teplotní rozdíl oproti okolní teplotě vzduchu) však neměly žádný vliv na oživení kompostu modelovými skupinami bezobratlých.

Závěr

V této diplomové práci byly zkoumány kompostéry, které byly umístěny na zahradách rodinných domů. Lokality sběru se nacházely v Moravskoslezském kraji v obcích Návší, Hrádek, Mosty u Jablunkova, Písečná a ve městě Jablunkov. Odebíraly se vzorky kompostu, jak z vrchní části kompostu kvůli přítomným bezobratlým, tak i ze spodní části kvůli chemickým analýzám. Přítomní bezobratlí byli roztříděni do skupin a následně byly spočítány. Stejnonožci, mnohonožky a stonožky jakožto zájmové skupiny byly přímo určeny i do druhů. Dohromady byla vyhodnocena distribuce 8 293 zástupců bezobratlých, z toho 3239 jedinců představovalo šest druhů stejnonožců, pět druhů mnohonožek a osm druhů stonožek.

Chemické analýzy byly provedeny v chemické laboratoři Katedry ekologie a ochrany životního prostředí UP v Olomouci. Bylo zde provedeno měření pH, zjišťování obsahu draslíku, dusíku, fosforečnanů, organického i anorganického uhlíku. Nejvíce proměnlivé hodnoty vyšly u fosforečnanů, kdy nejmenší naměřená hodnota byla 24mg/l a největší 812 mg/l.

Bylo zjišťováno, jak parametry kompostéru i složení kompostu ovlivňují výskyt a početnost bezobratlých v kompostérech pomocí programu CANOCO for Windows. Faktory, které ovlivňovaly početnost bezobratlých v kompostu, byly přítomnost poklopu, četnost přidávání odpadu, složení kompostu (běžný zahradní odpad, živočišný odpad a kuchyňský odpad). Z chemických parametrů kompostu měl vliv obsah organického uhlíku a draslíku a také kyselost kompostu.

Literatura

- Ali, U., Sajid, N., Khalid, A., Riaz, L., Rabbani, M.M., Syed, J. H., Malik, R. N., (2015). *A review on vermicomposting of organic wastes*. Environmental Progress Sustainable Energy. 34: 1050-1062.
- Amuah, E. E. Y., Fei-Baffoe, B., Sackey, L.N.A., Douthy, N. B., Kazapoe R. W., (2022). *A review of the principles of composting: understanding the processes, methods, merits, and demerits*. Organic Agriculture. 12: 547–562.
- Antunes, L. F. de S., (2017). *Produção de gongocompostos e sua utilização como substrato para mudas de alface*. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.
- Antunes, L. F. de S., Fernandes, L. S., Vaz, A. F. de S., Silva, M. S. R. de A., Ferreira, T. S., Santos, D. M. T., Correia, M. E. F., (2022). *Millicomposting: Sustainable technique for obtaining organic compost for the cultivation of broccoli seedlings*. Cleaner Engineering and Technology. 7: 100442.
- Appelhof, M., Olszewski, J., (2017). *Worms eat my garbage: How to Set Up and Maintain a Worm Composting System: Compost Food Waste, Produce Fertilizer for Houseplants and Garden, and Educate Your Kids and Family*. Storey Publishing. 192 s.
- Ball, B. A., Haberkorn, M., Ortiz, E., (2022). *Mesofauna community influences litter chemical trajectories during early-stage litter decay*. Pedobiologia. 95: 150844.
- Bardgett, R.D., and Wardle, D.A., (2010). *Aboveground-belowground linkages: biotic interactions, ecosystem processes, and global change*. Oxford: Oxford University Press. Oxford series in ecology and evolution. 320 pp.
- Batista, L. G. D., Montero, L. L., Schinzato, M. C., (2021). *Millicomposting Versus Vermicomposting: A Statistical Comparison Of The Quality Of The Resulting Organic Composts*.
- Berg, B, Lönn, M, (2022). *Long-Term Effects of Climate and Litter Chemistry on Rates and Stable Fractions of Decomposing Scots Pine and Norway Spruce Needle Litter—A Synthesis*. Forests. 13: 125.

- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., Moral, R., (2009). *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review*. Bioresource Technology. 100: 5444-5453.
- Bína, J., Demek, J., (2012). *Z nížin do hor: geomorfologické jednotky České republiky*. Praha: Academia. Průvodce (Academia). 344 pp.
- Bonhotal, J., Schwarz, M., Rynk, R., (2014). *Composting Animal Mortalities*. Cornell Waste Management Institute. 1-23.
- Bonhotal, J., Schwarz, M., Rynk, R., Biala, J., Gilbert, J., Michitsch, R., (2022). *Chapter 8 – Composting animal mortalities*. In: Robert Rynk. *The Composting Handbook*. Academic Press, 307-340. 974 pp.
- Bradford, M.A., Berg, B., Maynard, D.S., Wieder, W.R., Wood, S.A., (2016). *Understanding the dominant controls on litter decomposition*. Journal of Ecology. 104: 229–238.
- Bray, N, Kao-Kniffin J., Frey, S.D., Fahey, T., and Wickings, K., (2019). *Soil Macroinvertebrate Presence Alters Microbial Community Composition and Activity in the Rhizosphere*. Front. Microbiol. 10:256.
- Brousseau, P.-M., Gravel, D., Handa, I.T., (2019). *Traits of litter-dwelling forest arthropod predators and detritivores covary spatially with traits of their resources*. Ecology. 100:e02815.
- Cebrian, J., Lartigue, J., (2004). *Patterns of herbivory and decomposition in aquatic and terrestrial ecosystems*. Ecological Monographs, 74: 237-259.
- Coleman D.C., Crossley, D.A., Hendrix, P.F., (2004). *Fundamentals of Soil Ecology*. 2. Elsevier Academic Press. 369 pp.
- Cornwell, W.K., Cornelissen, J.H.C., Amatangelo, K., Dorrepaal, E., Eviner, V.T., Godoy, O., Hobbie, S.E., Hoorens, B., Kurokawa, H., Pérez-Harguindeguy, N., Queded, H.M., Santiago, L.S., Wardle, D.A., Wright, I.J., Aerts, R., Allison, S.D., Van Bodegom, P., Brovkin, V., Chatain, A., Callaghan, T.V., Díaz, S., Garnier, E., Gurvich, D.E., Kazakou, E., Klein, J.A., Read, J., Reich, P.B., Soudzilovskaia, N.A., Vaieretti, M.V., Westoby, M., (2008). *Plant species traits are the*

- predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide.* Ecology Letters, 11: 1065-1071.
- Cotrufo, M. F., Galdo, I. D., Piermatteo, D., (2010). *Litter decomposition: concepts, methods and future perspectives. Soil Carbon Dynamics: An Integrated Methodology.* Cambridge. Cambridge University Press.76–90.
- ČSN 46 5735. (2020). *Technická norma „Kompostování“.* Vydavatelství norem. Praha. 24 s.
- de Bertoldi, M., Vallini, G., Pera, A., (1983) *The Biology of Composting: A Review.* Waste Management and Research. 1: 157-176.
- Demek, J., Mackovič, P., Balatka, B., Buček, A., Cibulková P., Culek M., Čermák, P., Dobiáš, D., Havlíček, M., Hrádek, M., Kirchner, K, Lacina, J., Pánek, T., Slavík, P., Vašátko, J., (2006). *Zeměpisný lexikon ČR.* Vyd. 2. Brno: AOPK ČR.
- Dickinson, C.H., Pugh, G.J.F., (1974). *Biology of plant litter decomposition.* Academic Press. 46 pp.
- Domíniguez, J., Edwards, C. A., (2011). *Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting.* Vermiculture technology.27-40.
- Dvořáková, S. (2023). *Atlas rozšíření stonožek České republiky.* Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a ochrana životního prostředí. Olomuc. 126 pp.
- Fourti, O., Jedidi, N., Hassen, A., (2010). *Humic substances change during the co-composting process of municipal solid wastes and sewage sludge.* World Journal of Microbiology and Biotechnology. 26. 2117-2122.
- Frankenberg, Z., (1959). *Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea.* Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, sv. 14.
- Georgopoulou, E., Djursvoll, P., Simaiakis, S.M., (2016). *Predicting species richness and distribution ranges of centipedes at the northern edge of Europe.* Acta Oecologia. 74: 1-10.

- Gessner, M.O., Swan, C.M., Dang, C.K., McKie, B.G., Bardgett, R.D., Wall, D.H., Hättenschwiler, S., (2010). *Diversity meets decomposition*. Trends in Ecology and Evolution. 25:372-380.
- Getahun, T., Nigusie, A., Entele, T., Van Gerven, T., Van der Bruggen, B., (2012). *Effect of turning frequencies on composting biodegradable municipal solid waste quality*. Resources, Conservation and Recycling 65: 79-84.
- Godlewska, P., Schmidt, H. P., Ok, S. Y., Oleszczuk, P., (2017). *Biochar for composting improvement and contaminants reduction. A review*. Bioresource Technology. 246: 193-202.
- Gowrisankar, R., Sumithramma, N., Mulimani, V., Pradhan, S.K., Gundreddy, R., (2023). *Blatticomposting: A Sustainable Approach for Organic Waste Management*. International Journal of Environment and Climate Change. 13:754–762.
- Griffiths, H.M., Ashton, L.A., Parr, C.L., Eggleton, P., (2021) *The impact of invertebrate decomposers on plants and soil*. New Phytologist. 231: 2142-2149.
- Hanč, A., Plíva, P., (2013). *Vermikompostování bioodpadů: (certifikovaná metodika)*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 35 s.
- Holzmannová, M., (2021). Blatticomposting jako metoda zpracování bioodpadu v domácnosti. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci Přírodovědecká fakulta, Olomouc, 77 s.
- Hunter, M.D., Adl, S., Pringle, C.M., Coleman, D.C., (2003). Relative effects of macroinvertebrates and habitat on the chemistry of litter during decomposition. Pedobiologia. 47:101-115.
- Chen, L., De Haro, M.M., Moore, A., Falen, C., 2011. *The Composting Process*. Dairy Compost Production and Use in Idaho CIS 1179, University of Idaho.
- Chowdhury, A.K.M.M.B., Michailides, M.K., Akrotos, C.S., Tekerlekopoulou, A.G., Pavlou, S., Vayenas, D.V., (2014). *Composting of three phase olive mill solid waste using different bulking agents*. International Biodeterioration Biodegradation 91: 66-73.

- Insam, H., de Bertoli, M., (2007). *Chapter 3. Microbiology of the composting process.* Waste Manage Series. 8: 25–48.
- Ji, Z., Zhang, L., Liu, Y., Li, X., Li, Z., (2023). *Evaluation of composting parameters, technologies and maturity indexes for aerobic manure composting: A meta-analysis.* Science of The Total Environment. 886:163929
- Jiang, Y., Li, X., Yao, J., Wan, X., Zhang, J., Dai, Y., (2022). *Design and performance simulation of a distributed aerobic composting system assisted by solar PV/T heat pump.* Renewable Energy. 196: 547-559.
- Joly, F.X., Coq, S., Coulis, M., Nahmani, J., Hättenschwiler, S., (2018). *Litter conversion into detritivore faeces reshuffles the quality control over C and N dynamics during decomposition.* Functional Ecology. 32: 2605-2614.
- Kalina, M., (2004). *Kompostování a péče o půdu.* 2., upr. vyd. Česká zahrada, 52. Praha: Grada Publishing. 116 pp.
- Kania, G., Kłapeć, T. (2012). *Seasonal activity of millipedes (Diplopoda) – their economic and medical significance.* Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 19: 646 – 650.
- Kocourek, P., Dolejš, P., Kovaříková, A. (2023): *Atlas rozšíření mnohonožek v České republice.* Praha: Národní muzeum. 152 pp.
- Kooistra, M.J., Pulleman, M.M. (2010). *Features Related to Faunal Activity.* Interpretation of Micromorphological Features of soils and regoliths. Elsevier. 397-418.
- Krofta, J., a kol., (1997). *Návody pro laboratorní cvičení z analytické chemie II. 1. vyd.* VŠCHT Praha. 165 s.
- Kulikowska, D., (2016). *Kinetics of organic matter removal and humification progress during sewage sludge composting.* Waste Manage, 49: 196-203.
- Kulikowska, D., Gusiatin, Z.M., Bułkowska, K., Kierklo, K., (2015). *Humic substances from sewage sludge compost as washing agents effectively remove Cu and Cd from soil.* Chemosphere, 136: 42-49.

- Kumari, R., (2017). *Biodiversity of compost mesofauna as an indicator of the composting*. *Biospectra*. 12: 81-86.
- Li, R., Guo, X., Han, J., Yang, Q., Zhang, W., Yu, X., Han, X., Chen, L., Guan, X., Zeng, Z., Yang, H., Wang, S., (2023). *Global pattern and drivers of stable residue size from decomposing leaf litter*. *Catena*. 232: 107390.
- Lock, K., Bakker, D.D., Vos, B.D., (2001). *Centipede communities in the forests of Flanders*. *Pedobiologia*. 45: 27-35.
- Manyuchi, M.M., Phiri, A., (2013). *Vermicomposting in Solid Waste Management: A Review*. *International Journal of Scientific Engineering and Technology*. 2: 1234-1242.
- Marek, P.E, Shear, W.A., (2022). *Myriapods*. *Current Biology*. 23: R1294-R1296.
- Meena, L.A., Karwl, M., Dutta, D., Mishra P.R., (2021). *Composting: Phases and Factors Responsible for Efficient and Improved Composting*. *AGRICULTURE & FOOD: E – NEWSLETTER*. 3: 85–90.
- Mehta, C.M., Sirari, K., (2018). *Comparative study of aerobic and anaerobic composting for better understanding of organic waste management: a mini review*. *Plant Archives* 18: 44–48.
- Messeling, G.J., Bloemhard, C.M.J., (2007). *Woodlice (Isopoda) and millipedes (Diplopoda): control of rare greenhouse pests*. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting*. 18: 43-48.
- Meyer, W.M, Ostertag, R., Cowie, R.H. (2010). *Macro-invertebrates accelerate litter decomposition and nutrient release in a Hawaiian rainforest*. *Soil Biology and Biochemistry*, 43.1: 206-211.
- Minelli, A., Golovatch. S.I., (2013). *Myriapods*. *Encyclopedie of Biodiversity (Second Edition)*. 421-432.
- Misra, R.V., Roy, R.N., Hiraoka, H., (2003). *On-farm composting methods*. Rome, Italy: UN-FAO. 51 pp.

- Nakatsuka, H., Karasawa, T., Ohkura, T., Wagai, R., (2020). *Soil faunal effect on plant litter decomposition in mineral soil examined by two in-situ approaches: Sequential density-size fractionation and micromorphology*. *Geoderma*. 357: 113910.
- Nannoni, F., Mazzeo, R., Protano, G., Santolini, R., (2015). *Bioaccumulation of heavy elements by Armadillidium vulgare (Crustacea, Isopoda) exposed to fallout of a municipal solid waste landfill*. *Ecological Indicators*. 449: 24–31.
- Navrátil, M., Riedel, P., Tuf, I.H., (2008). *Znáte (naše) stonohy?* *Živa* 2/2008: 74–76.
- Neckařová, M., (2008). *Stonožky řádu Lithobiomorpha České republiky*. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra botaniky, Olomouc, 95 s.
- Neher, D.A., Weicht, T.R., Bates, S.T., Leff, J.W., Fierer, N., (2013). *Changes in Bacterial and Fungal Communities across Compost Recipes, Preparation Methods, and Composting Times*. *PLoS ONE*. 8: e79512.
- Nemet, F., Perić, K., Lončarić, Z. (2021). *Microbiological activities in the composting process*. *COLUMELLA Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 8(2): 41–53.
- Onwosi C.O., Igbokwe, V.C., Odimba J.N., Eke I.E., Nwankwoala M.O., Iroh I.N., Ezeogu L.I, (2016). *Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects*. *Journal of Environmental Management*, 190: 140–157.
- Oshins, C., Michel, F., Louis, P., Richard, T.L., Rynk, R., (2022). *Chapter 3 – The composting process*. In: Robert Rynk. *The Composting Handbook*. Academic Press, 51-101. 974 pp.
- Patón, D., García-Gómez, J.C., (2023). *Blatticomposting of Food Waste, Production Estimates, Chemical Composition and CO2 Emissions Savings: A Case Study*. *Waste Biomass Valor*. 14: 3811–3826.
- Peña-Méndez, E.M., Havel, J., Patočka, J., (2005). *Humic substances - compounds of still unknown structure: applications in agriculture, industry, environment, and biomedicine*. *Journal of Applied Biomedicine*. 3:13-24.

- Pliva, P., (2006). *Zakládání, průběh a řízení kompostovacího procesu*. Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha. 65 pp.
- Pottipati, S., Chakma, R., Haq, I., Kalamdhad, A.S., (2022). 3 - *Composting and vermicomposting: Process optimization for the management of organic waste*. Advanced Organic Waste Management. 33–43.
- Prescott, C. (2010) *Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? Biogeochemistry, 101: 133–149*
- Revathy, S., Manoharam, J., (2018). *New Wonderful Method of Recycling Verm-Milli Composting*. A Study. International Journal of Management, Technology And Engineering. 8: 828–833.
- Rynk, R., Cooperband, L., Oshins, C., Wescott, H., Bonhotal, J., Schwarz, M., Sherman, R., Brown, S., (2022). *Chapter 1 – Why the compost?* In: Robert Rynk. The Composting Handbook. Academic Press, 1-26. 974 pp.
- Rynk, R., Schwarz, M., Richard, T. L., Cotton, M., Halbach, T., Siebert (2022). *Chapter 4 – Compost feedstocks*. In: Robert Rynk. The Composting Handbook. Academic Press, 103-157. 974 pp.
- Sánchez, Ó.J., Ospina, D.A., Montoya, S., (2017). *Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process*. Waste Management. 69: 136-153.
- Sarkar, S., Pal, S., Chanda, S., (2016). *Optimization of a Vegetable Waste Composting Process with a Significant Thermophilic Phase*, Procedia Environmental Sciences. 35:435-440.
- Scott, N., (2009). *How to Make and Use compost*. Uit Cambridge, Bloomsbury Publishing. 199 pp.
- Shen, G., Chen, D., Wu, Y., Liu, L., Liu, C., (2019). *Spatial patterns and estimates of global forest litterfall*. Ecosphere 10:e02587.
- Schnitzer, M., (1991). *Soil organic matter-the next 75 years*. Soil Science. 151: 41-58.

- Singh, R.P., Singh, P., Araujo, A.S.F., Ibrahim, M.H., Sulaiman, O., (2011). *Management of urban solid waste: Vermicomposting a sustainable option*. Resources Conservation and Recycling. 55: 719-729.
- Souza, T., (2022). *Soil Organisms and Ecological Processes*. In: *Soil Biology in Tropical Ecosystems*. Springer, Cham. 139 pp.
- Sridhar, K.R., Ashwini, K.M., (2016). *Diversity, restoration and conservation of millipedes*. Biodiversity in India.5: 1–38.
- Stehouwer, R., Cooperband, L., Rynk, R., Biala, J., Bonhotal, J., Antler, S., Lewandowski, T., Nichols, H., (2022). *Chapter 15 – Compost characteristics and quality*. In: Robert Rynk. *The Composting Handbook*. Academic Press, 737-775. 974 pp.
- Sundberg C, Smårs S, Jönsson H., (2004). *Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting*. Bioresour Technol. 95:145-50.
- Sýkorová, P., (2009). *Posouzení možnosti nakládání s komposty podle vyhlášky č. 341/2008 SB*. Magisterská práce. Vysoká škola Báňská technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut enviromentálního inženýrství, Ostrava, 87 pp.
- Szlavec, K., Vilisics, F., Tóth, Z., Hornung, E., (2018). *Terrestrial isopods in urban environments: an overview*. ZooKeys. 80: 97–126.
- Tilston, E.L., Pitt, D., Groenhof, A.C., (2002). *Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops*. New Phytologist, 154: 731-740.
- Tlustoš, P., Kaplan, L., Dubský, M., Bazalová, M., Száková, J. (2014). *Stanovení fyzikálních a chemických vlastností pevných a kapalných složek digestátu bioplynových stanic*. Česká zemědělská univerzita v Praze. 29 pp.
- Tuf, I.H., (2013). *Praktika z půdní zoologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 93 pp.

- Vázquez, M.A., Sen, R., Soto, M., (2015). *Physico-chemical and biological characteristics of compost from decentralised composting programmes*. *Bioresource Technology*. 198: 520–532.
- Wang, K., He, C., You, S., Liu, W., Wang, W., Zhang, R., Qi, H., Ren, N., (2015). *Transformation of organic matters in animal wastes during composting*. *Journal of Hazardous Material*, 300, 745e753.
- Waszkielis, K.M., Wronowski, R., Chlebus, W., Białobrzewski, I., Dach, J., Pilarski, K., Janczak, D., (2013). *The effect of temperature, composition and phase of the composting process on the thermal conductivity of the substrate*. *Ecological Engineering*. 61:354-357.
- Wei, Y., Liang, Z., Zhang, Y., (2022). *Evolution of physicochemical properties and bacterial community in aerobic composting of swine manure based on a patent compost tray*. *Bioresource Technology*. 343: 126136.
- Wolters, V., (2001). *Biodiversity of soil animals and its function*. *European Journal of Soil Biology*. 4: 221-227.
- Wood, C. T., Zimmer, M., (2017). *Can terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) make use of biodegradable plastics?* *Applied Soil Ecology*. 77: 72-79.
- Yang, X., Shao, M., Li, T. (2020). *Effects of terrestrial isopods on soil nutrients during litter decomposition*. *Geoderma*. 376: 114546.
- Yang, X., Yang, Z., Warren, M.W., Chen, J., (2012). *Mechanical fragmentation enhances the contribution of Collembola to leaf litter decomposition*. *European Journal of Soil Biology*. 53: 23-31.
- Zakary, I.A., Khalib, S.N., Ramzi, N.M., (2018). *Effect of pH, temperature and moisture content during composting of rice straw burning at different temperature with food waste and effective microorganisms*. *E3S Web of Conferences*. 34: 02019.
- Zhang, D., Hui, D., Luo Y., Zhou G., (2008). *Rates of litter decomposition in terrestrial ecosystems: global patterns and controlling factors*. *Journal of Plant Ecology*, 1.(2): 85–93.

Internetové zdroje

Aggie Horticulture (2009) Chapter 1. *The decomposition process*. Texas AgriLife Extension Service. [cit. 2023-12-26]. Dostupné z: <https://aggie-horticulture.tamu.edu/earthkind/landscaping/dont-bag-it/chapter-1-the-decomposition-process/>.

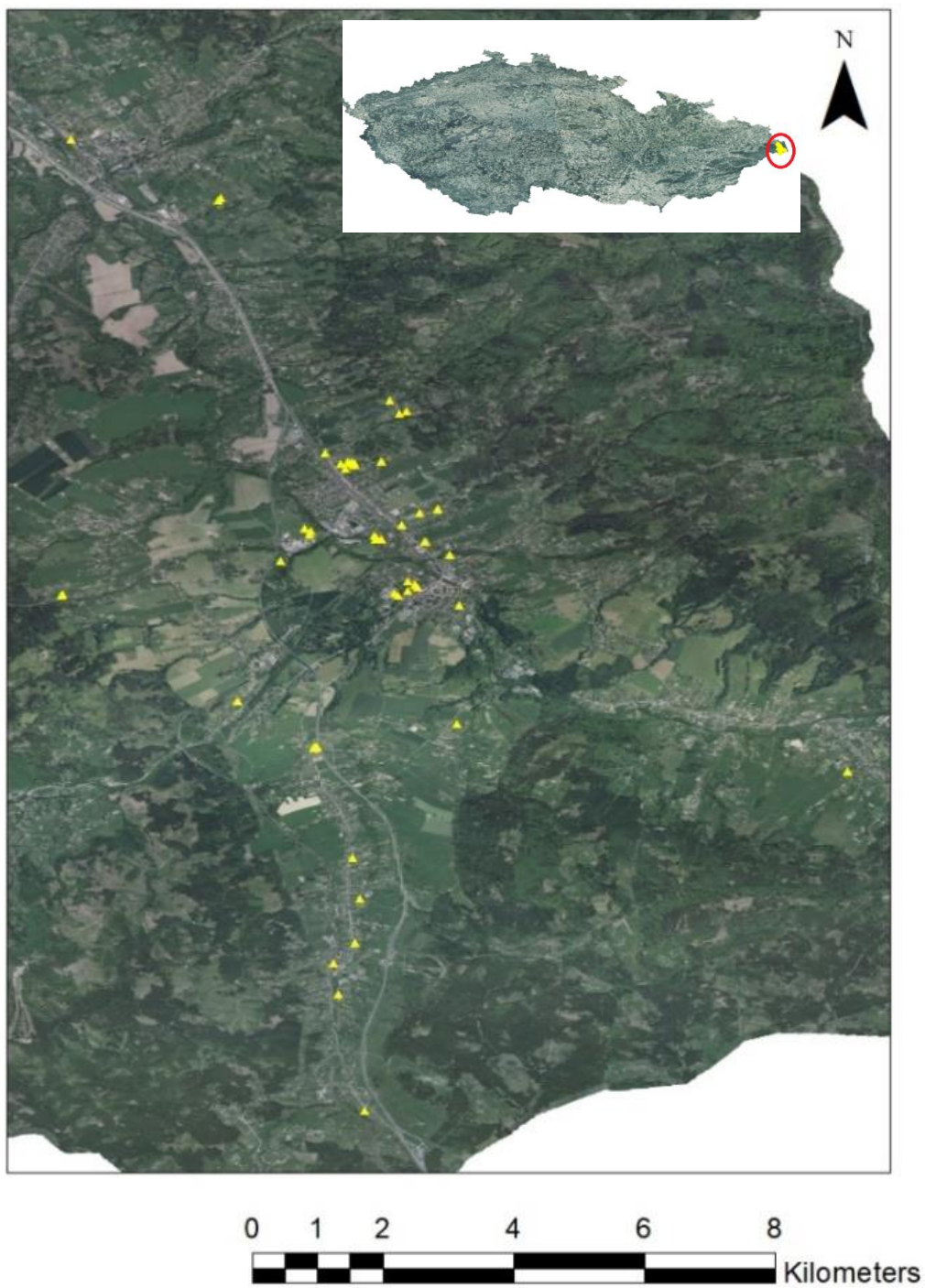
Chiarella, K., (2017). Blatticomposting. [online]. [cit. 2023-12-26]. Dostupné z: <https://www.wormman.blog/Blatticomposting/blatticomposting.pdf>. 24 s.

Šrefl, J., (2012). Kompost je energie vrácená do půdy. Biom.cz [online]. [cit. 2023-12-26]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompost-je-energie-vcacena-do-pudy>

Přílohy

Alcohol stillage	Fats, oils and grease (e.g., from traps)	Poultry manure
Anchovies	Filter press cake (apple, olive, etc.)	Rabbit manure
Animal mortalities	Fish kills	Rice hulls
Apple pomace	Fish processing wastes	Salsa processing waste
Aquatic weeds	Flower seed screenings	Sausage casings
Bamboo, stems and leaves	Fruit, culled and spoiled	Sea urchin
Banana pulp	Garlic culls and plant residues	Seaweed
Biosolids (wastewater sludge)	Gelatin production waste	Septage (septic take solids)
Blood (from abattoirs)	Glucose solution	Shark carcasses
Bread and breadcrumbs	Grain (burnt, spoiled and wasted)	Sheep manure
Brewer's grains	Grape pomace	Shrimp waste
Brush (chips, shredded, etc.)	Grass clippings	Silage, spoiled and feed refusals
Butcher wastes (meat, bones, fat)	Gypsum and dry wall	Spent hops
Cannabis, seized and legal residues	Hay, spoiled and wasted	Straw
Carcasses from road kill	Horse manure, stables and racetrack	Sugarcane bagasse
Cardboard (corrugated, coated, paperboard, etc.)	Ice cream manufacturing waste	Sugarcane press mud (filter cake)
Cattle manure	Leather	Sunflower shells
Citrus fruit rinds and pulp	Lees (fruit fermentation sediment)	Swine manure
Coal ash	Lime	Tannery wastes (e.g., hides, sludges)
Cocoa shells	Mixed food waste (residential, grocery, school, restaurant, etc.)	Tare dirt (soil from beets, potatoes)
Coconut coir	Mollusk shells	Tea
Coffee grounds	Newspaper	Telephone books
Compost (recycled)	Night soil (human waste)	Tobacco
Contaminated soil (petroleum, munitions, etc.)	Olive processing wastes	Tomato paste processing waste
Cork	Onion culls	Tree bark
Corn cobs and stover	Organic textiles and textile residues	Trout manure
Cotton gin trash (leaves, stems, etc.)	Palm oil processing wastes	Vanilla bean residues
Cotton mattresses	Paper	Vegetables—culled and spoiled
Crab and lobster shells	Paper mill sludge	Vitamin residuals
Cranberry plant residue	Pasta (wet, dry and boxed)	Walnut shells
Currency, shredded	Paunch manure	Waste beverages, in bulk tankers
Deciduous tree leaves	Peanut shells	Waste beverages, in containers
Diatomaceous earth (w/filter cake)	Peat moss	Water hyacinth
Pharmaceutical gel caps	Wood chips	Whey (from cheese and yogurt)
Dissolved air flotation (DAF) sludge	Pine needles (and other conifers)	Wood ash
Dog food	Potato culls	Wood sawdust and shavings
Drilling mud	Potato peels	Yard trimmings, mixed
Elephant manure		Zoo manure and bedding

Příloha 1: Co vše se dá kompostovat podle Rynka et. al., (2022).



Příloha 2: Mapa vyznačující jednotlivé lokality odběrů.

Zajímá Vás, jak si vede Váš kompost? Chtěli byste znát jeho druhovou skladbu? ☺

Přeji hezký den,

jmenuji se Markéta Sikorová a studuji obor Ochrana a tvorba krajiny na katedře Ekologie a ochrany životního prostředí na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého. Abych mohla úspěšně zakončit své magisterské studium, musím mimo jiné napsat diplomovou práci.

Proč Vám to ale píšu? Ve své práci se budu zabývat druhovou pestrostí a množstvím biomasy bezobratlých v kompostech. Pro uskutečnění práce musím odebrat vzorky z 60 kompostů (z Návsi a okolí). A tímto bych Vás chtěla požádat o pomoc. Odběr vzorku nezabere více než 20 minut, vzorky budu odebírat na přelomu dubna a května (přibližně 16.4. – 9.5.). Pokud byste měl/měla zájem tímto přispět k mé práci a nadále k výsledkům, nebude problém Vám je poskytnout, mohu Vám poté zaslat celou mou práci nebo jen skladbu vzorku odebraného na Vaší zahradě.

Někdy v uvedeném rozmezí bych u Vás zazvonila a pokud řeknete, nechci vám umožnit přístup ke kompostéru pochopím a půjdu pryč, ale budu ráda, když si tento návrh necháte alespoň projít hlavou a ke svému kompostu mi umožníte na pár minut přístup. 😊

A co by se ve vašem kompostu mohlo objevit? Plno zajímavých živočichů, například tyto ...



Ponravy různých druhů brouků :)





Tyto zajímavé sivky, které se ve vteřině stočí do „klubička“



Mnohonožky



Stonožky



Miniaturní chvostokoky, kterých tam může být neuvěřitelné množství



Žížaly

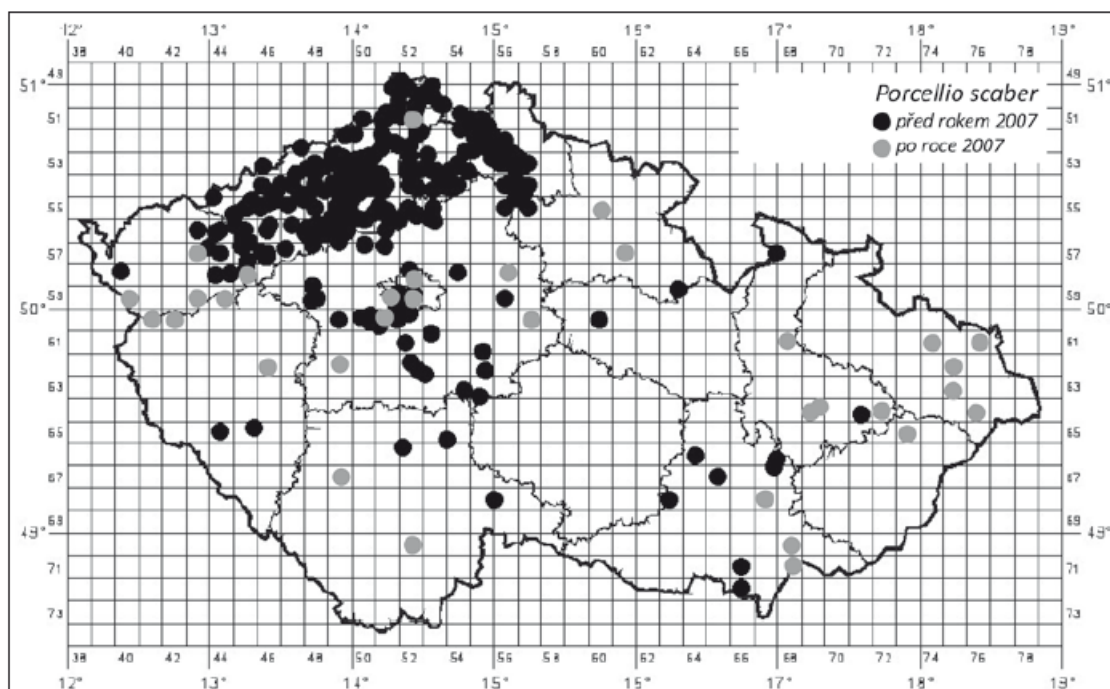
Pokud by Vás zajímaly bližší informace k tomuto tématu a práci neváhejte a ozvěte se na e – mail: sikorova.m17@seznam.cz.

Příloha 3: Informační letáček

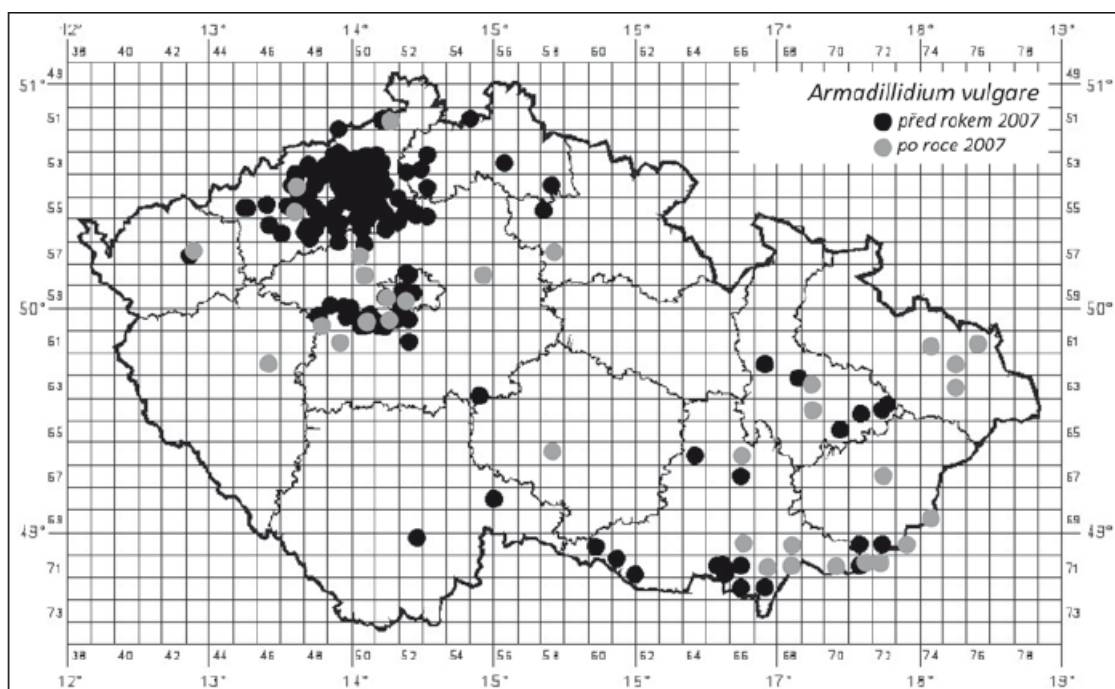
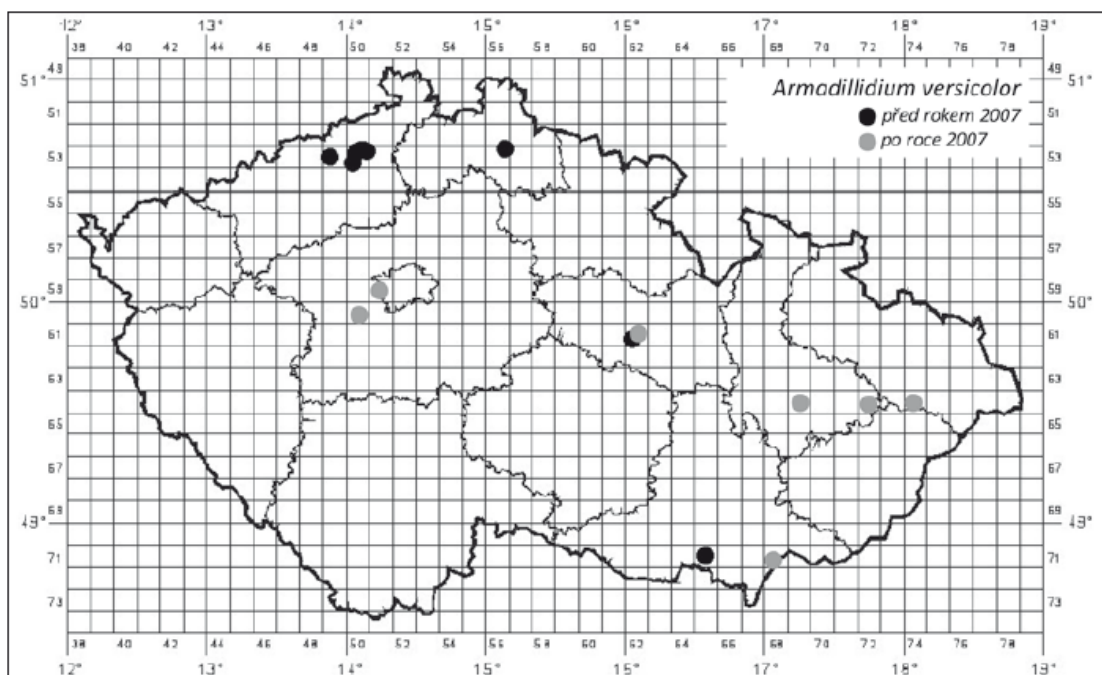
Dotazník k diplomové práci o bezobratlých v kompostérech.

1. Je kompostér otevřený nebo zavřený?
2. Jak často byla do kompostu přihazována rostlinná, popřípadě živočišná hmota?
3. Jaké je procentuální zastoupení jednotlivých materiálů v kompostéru?
 - a) běžný zahradní odpad
 - b) posekaná tráva
 - c) živočišné zbytky
 - d) kuchyňský odpad
4. Přehazujete kompost během roku?

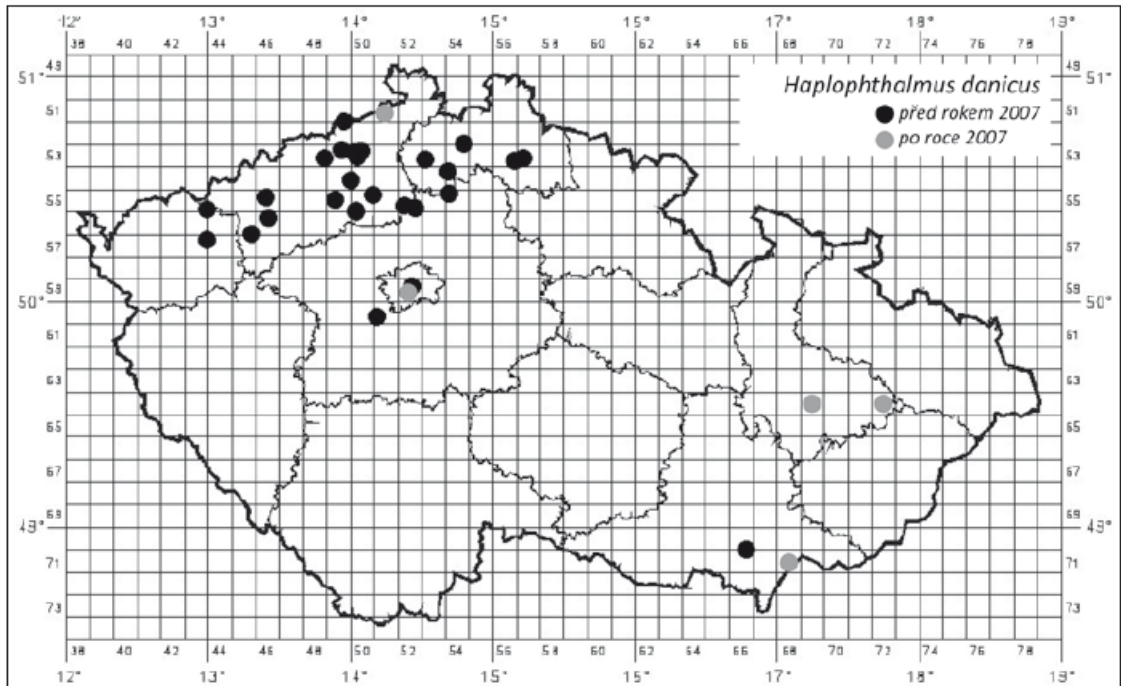
Příloha 4: Stručný dotazník ke zkoumaným kompostérům



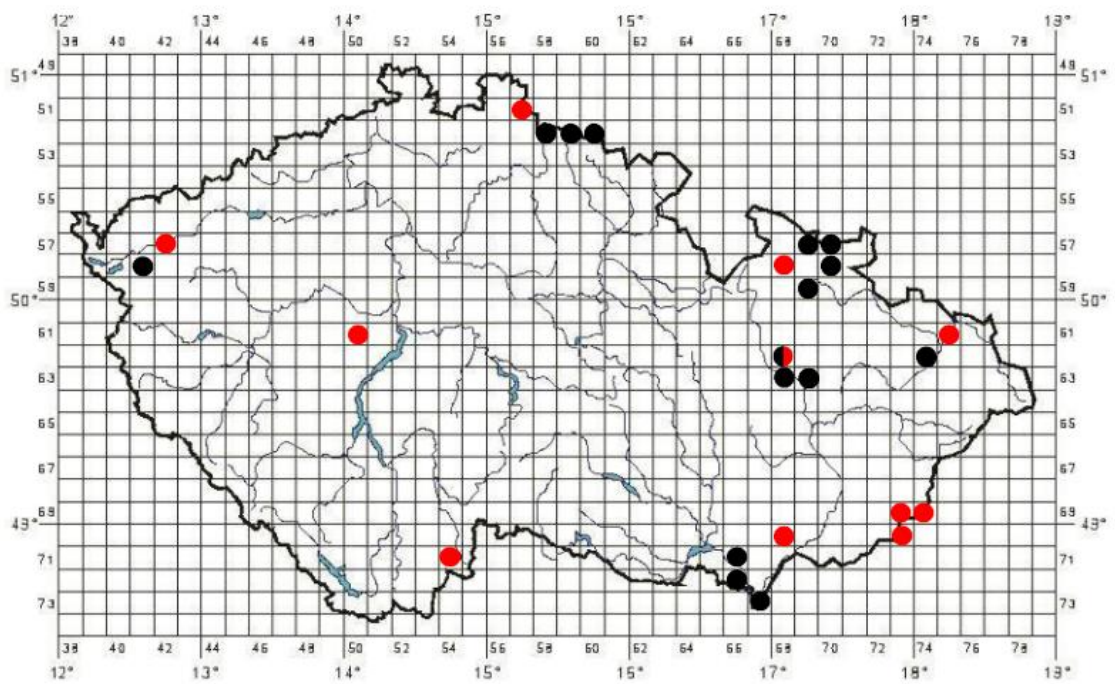
Příloha 5: Mapka výskytu *Porcellio scaber* (Orsavová, Tuf 2018).



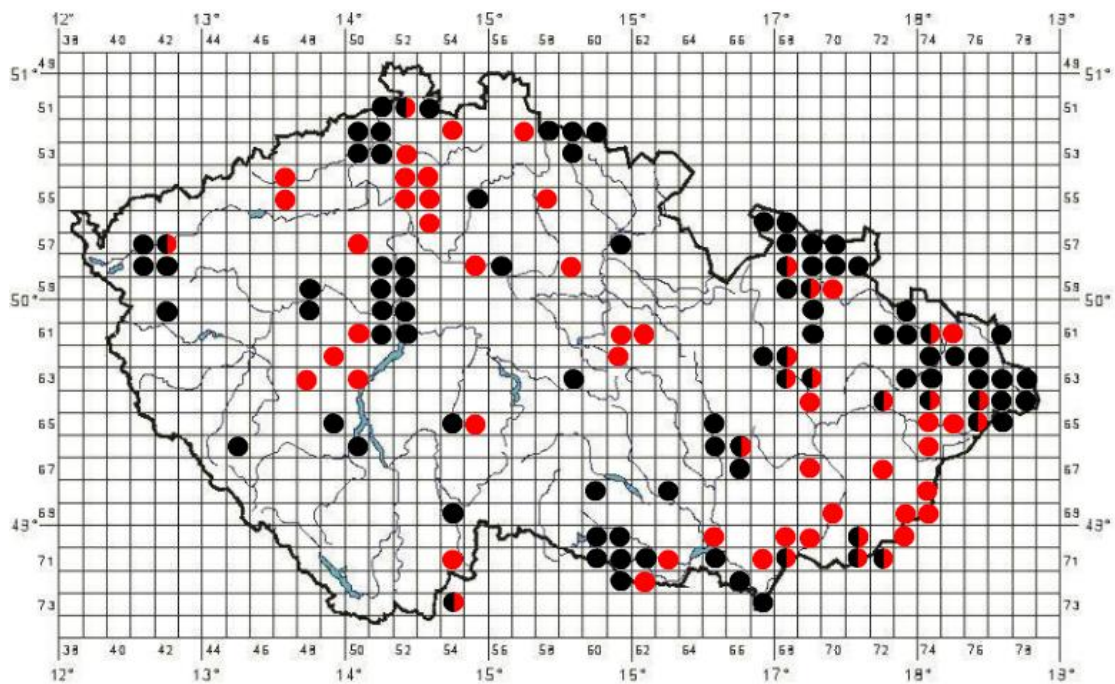
Příloha 6: Znárodnění potvrzených výskytů dvou druhů *Armadillidium versicolor* na první mapce a *Armadillidium vulgare* na mapce druhé (Orsavová, Tuf 2018).



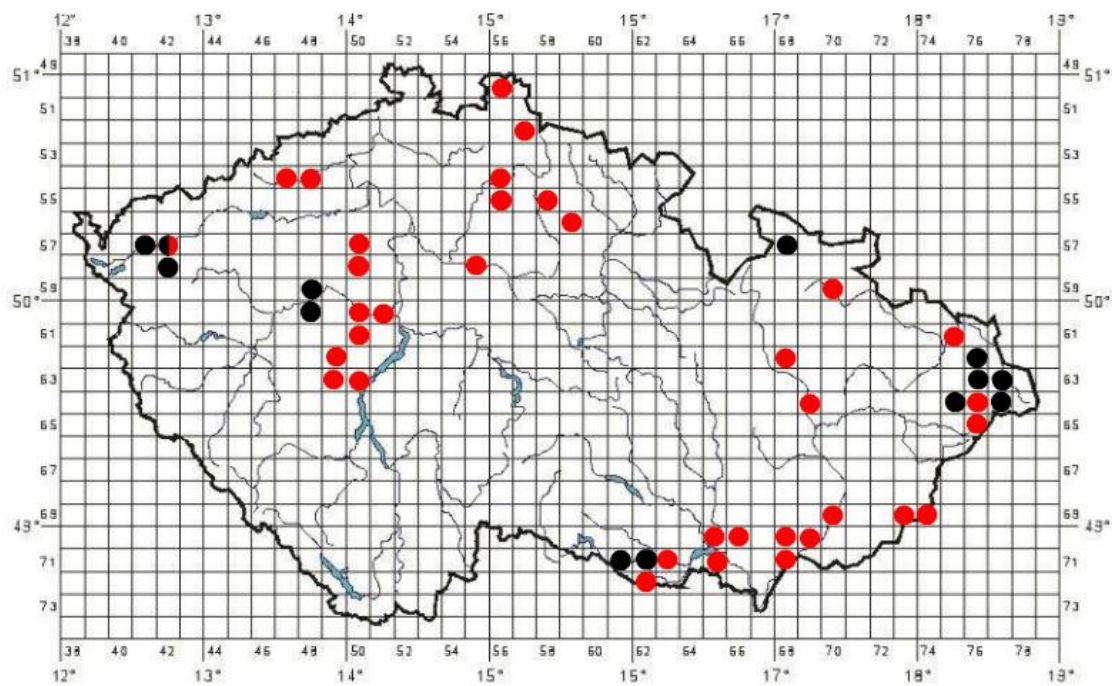
Příloha 7: Mapka výskytu v České republice druhu *Haplophthalmus danicus* (Orsavová, Tuf 2018).



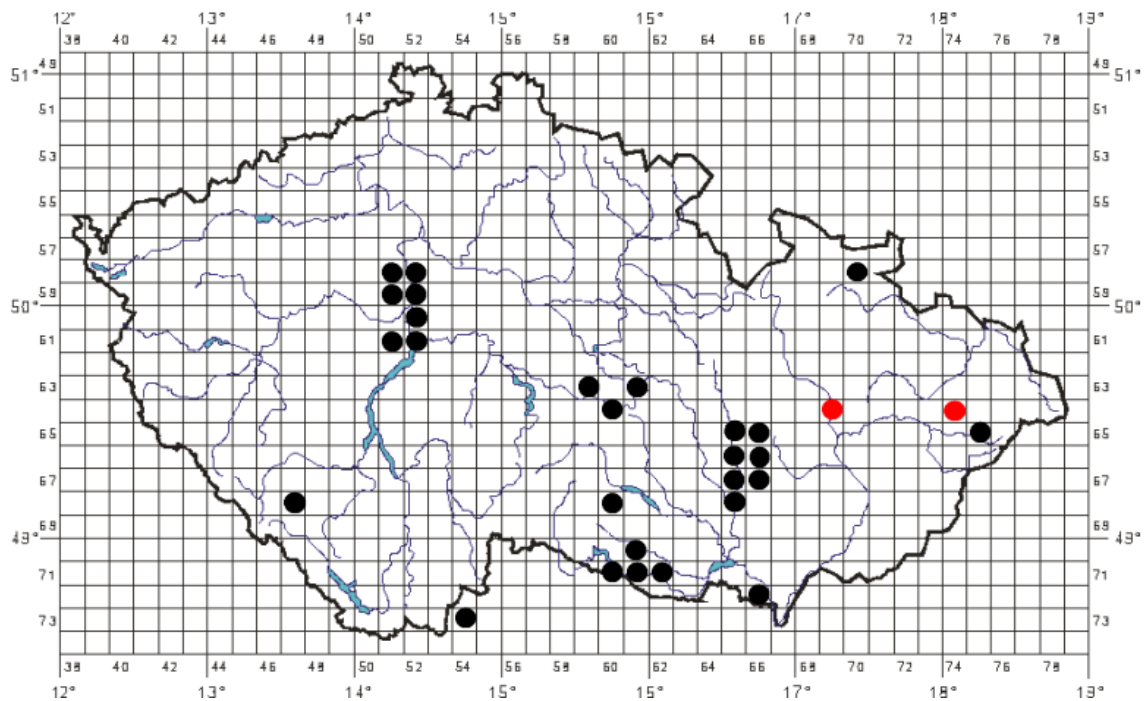
Příloha 8: Mapka výskytu v České republice druhu *Lithobius curtipes* (Dvořáková, 2023).



Příloha 9: Mapa výskytu v České republice druhu *Lithobius forcificatus* (Dvořáková, 2023).



Příloha 10: Mapa výskytu v České republice druhu *Lithobius microps* (Dvořáková, 2023).



Příloha 11: Mapka výskytu v České republice druhu *Cryptops hortensis* (Dvořáková, 2023).