

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



**Střevlíci na polích a aplikace exogenní organické  
hmoty na půdu**

**Ondřej Horňák**

Diplomová práce

v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

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

Olomouc 2017



Horňák O. 2017. Střevlíci na polích a aplikace exogenní organické hmoty na půdu. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 41 s., 2 přílohy, v češtině.

## **Abstrakt**

Střevlíkovití hrají v agroekosystémech důležitou roli zejména při hubení škůdců a plevelů, podílejí se na rozkladu organické hmoty a působí také jako bioindikátory změn prostředí. Početnost a druhové složení těchto bezobratlých může být výrazně ovlivněno organickými hnojivy. Jejich aplikace je reakcí na klesající obsah organické hmoty v půdě a může být účinným řešením k jejímu navrácení. Organická hmota má pozitivní vliv na biologické, fyzikální a chemické vlastnosti půdy a její pokles úzce koreluje s intenzifikací zemědělství v rámci zavedení konvenčních systémů hospodaření. Cílem této práce bylo zjištění vlivu organických hnojiv na společenstva střevlíkovitých, za účelem jejich bezpečného používání.

Na dvou studovaných polních lokalitách v česko-polském pohraničí, s porostem silážní kukuřice, byly aplikovány čtyři druhy hnojiv v rozdílných dávkách. Následně zde probíhal po dobu dvou sezón odchyt střevlíkovitých pomocí padacích zemních pastí. Dohromady bylo chyceno 17 882 jedinců v 52 druzích. Mezi nejpočetnější druhy patřili *Pterostichus melanarius*, *Anchomenus dorsalis*, *Pseudoophonus rufipes*, *Bembidion lampros* a *Poecilus cupreus*. Po aplikaci hnojiv na počátku experimentu bylo evidováno výrazné zvýšení početnosti střevlíkovitých a jejich počty postupně klesaly až později v sezóně a v následujícím roce. Na základě toho se vliv organických hnojiv na tyto brouky jevil jako pozitivní. Z použitých hnojiv se signifikantně projevil pouze Agrohum, u kterého však byly zaznamenány spíše nižší počty střevlíků. Z dalších testovaných proměnných mělo významný vliv jarní období odchytu, kdy se pozitivně projevila čerstvě nanesená hnojiva a také byly zachyceny jarní vrcholy aktivity některých početných druhů.

**Klíčová slova:** organická hmota, Carabidae, abundance, hnojivo, roční období

Horňák O. 2017. Ground beetles and application of exogenous organic matter to soil. MSc. thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc, 41 pp., 2 Appendices, in Czech.

## **Abstract**

Ground beetles play an important role in agroecosystem, especially in control of pests and weeds, they participate in decomposition of organic matter and act as bioindicators of environmental changes. Abundance and species composition of these invertebrates can be significantly influenced through organic fertilizers. Their application is a response to decreasing content of soil organic matter and can be an effective solution for its recovery. Organic matter has a positive effect on the biological, physical and chemical soil properties. Decrease of organic matter is closely correlated with agriculture intensification in context of introduction a conventional farming systems. The aim of this study was to determine the influence of organic fertilizers on the ground beetle communities for their safe use.

At two field locations in the Czech-Polish border areas, with the growth of silage maize, have been applied four types of organic fertilizers in different doses. Subsequently there ran for two seasons trapping of ground beetles using pitfall traps. Altogether were captured 17 882 individuals in 52 species. Among the most numerous species were *Pterostichus melanarius*, *Anchomenus dorsalis*, *Pseudoophonus rufipes*, *Bembidion lampros* and *Poecilus cupreus*. After application of fertilizers at the beginning of the experiment were registered a significant increase abundance of ground beetles and their numbers gradually decreased until later in the season and in the following year. On this basis, the impact of organic fertilizers on these beetles appeared to be positive. From the applied fertilizers was significant only Agrohumi in which were detected lower number of ground beetles. Among the other tested variables had a significant effect the spring season of trapping, when was demonstrated positive effect of the freshly applied fertilizer and were captured the spring peaks of the activity some of numerous species.

**Key words:** organic matter, Carabidae, abundance, fertilizer, seasons

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ivana Hadriána Tufa a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, 7. července 2017

.....  
podpis

# Obsah

Seznam tabulek .....	vii
Seznam obrázků .....	viii
Seznam příloh.....	ix
Poděkování .....	x
1. Úvod.....	1
1.1. Charakteristika střevlíkovitých.....	1
1.2. Organická hmota v půdě a její problematika.....	2
1.3. Vliv zemědělství na střevlíkovité .....	5
2. Cíle práce .....	10
3. Materiál a metodika.....	11
3.1. Popis lokalit .....	11
3.2. Hnojiva a jejich aplikace .....	11
3.3. Sběr zoologického materiálu .....	12
3.4. Analýza dat.....	13
4. Výsledky .....	15
4.1. Abundance a druhové složení.....	15
4.2. Vliv environmentálních faktorů na střevlíkovité.....	21
5. Diskuze.....	30
5.1. Celková charakteristika studovaných společenstev .....	30
5.2. Časové změny ve společenstvech.....	31
5.3. Vliv použitého zdroje organické hmoty .....	33
6. Závěr .....	36
7. Literatura.....	37
8. Přílohy.....	42
8.1. Příloha I. ....	42
8.2. Příloha II.....	44

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Suma jedinců a druhů chycených v Braszowicích.....	15
Tabulka 2: Suma jedinců a druhů chycených v Pustých Jakartících. ....	15
Tabulka 3: Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Braszowice v roce 2013. ....	18
Tabulka 4: Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Braszowice v roce 2014. ....	19
Tabulka 5: Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Pusté Jakartice v roce 2013.....	20
Tabulka 6: Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Pusté Jakartice v roce 2014.....	20
Tabulka 7: Výsledky nepřímé gradientové analýzy DCA testující variabilitu druhového složení společenstva nezávisle na prostředí. ....	21
Tabulka 8: Výsledky CCA modelu testující distribuci střevlíků vysvětlenou všemi zaznamenanými environmentálními faktory.....	22
Tabulka 9: Hodnoty odezvy jednotlivých druhů na typy hnojiv. Signifikantní závislosti ( $p \leq 0,05$ ) jsou vyznačeny tučně. ....	23

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Geografická poloha studovaných lokalit (zdroj Mapy.cz) .....	11
Obrázek 2: Průměrné počty jedinců ulovených během třítydenního intervalu do jedné pasti v závislosti na období odchyty a typu hnojiva v Braszowicích. ....	16
Obrázek 3: Průměrné počty jedinců ulovených během třítydenního intervalu do jedné pasti v závislosti na období odchyty a typu hnojiva v Pustých Jakarticích.....	16
Obrázek 4: Ordinační diagram modelu CCA znázorňující vztah mezi environmentálními faktory (červené šipky) a jednotlivými druhy (trojúhelníky).....	22
Obrázek 5: Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů ke hnojivu Agrohum.....	25
Obrázek 6: Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů k masokostní moučce. ....	26
Obrázek 7: Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů k digestátu. ....	27
Obrázek 8: Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů ke hnojivu Rabio. ....	28
Obrázek 9: Celkové průměrné počty jedinců eudominantních a dominantních druhů chycených v rámci jednotlivých hnojiv v průběhu celého experimentu na obou lokalitách. ....	29



## Seznam příloh

Příloha 1: Letecký snímek lokality Braszowice s vyznačenou experimentální ploškou (zdroj Google Earth) .....	42
Příloha 2: Letecký snímek lokality Pusté Jakartice s vyznačenou experimentální ploškou (zdroj Google Earth) .....	42
Příloha 3: Zakládání experimentu na lokalitě Braszowice.....	43
Příloha 4: Zakládání experimentu na lokalitě Pusté Jakartice .....	43

## **Poděkování**

Na prvním místě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce, RNDr. Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D., za rady a konzultace při řešení této práce, včetně poskytnutí materiálu a času, potřebného k realizaci výzkumu. Velké díky patří i Ing. Ladislavu Čápovi za jeho neocenitelnou pomoc s prací v terénu a se sběrem dat. Ing. Vojtěchu Chmelíkovi děkuji rovněž za výpomoc v terénu a při třídění a determinaci získaného materiálu. Chtěl bych také poděkovat Mgr. Radimovi Gabrišovi za jeho čas, přínosné rady a velkou pomoc při determinaci střevlíků. V neposlední řadě děkuji také své rodině a přátelům, kteří mne podporovali nejen při psaní této práce, ale i po celou dobu mého studia.

# 1. Úvod

## 1.1. Charakteristika střevlíkovitých

Střevlíkovití (Carabidae) se řadí k jedné z nejpočetnějších čeledí brouků (Hůrka 2005), čítající více než 35 000 druhů (Hůrka 1966). Na území České republiky je v současné době zaznamenáno 518 druhů a poddruhů této čeledi (včetně vyhynulých), a z toho jich je až 174 uvedených v Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky (Farkač et al. 2005).

Pro tyto brouky je charakteristické zejména černé nebo tmavě hnědé zbarvení. Častými jsou také měděné, mosazné, zelené či modré, kovově lesklé barvy. Výjimkou nejsou ani žluté odstíny většinového povrchu těla nebo jeho částí (Hůrka 1996). Velikost střeoevropských druhů se pohybuje mezi 1,6 až 40 mm. Jedná se většinou o štíhlé brouky se silnými, běhavými nohama (Hůrka 2005), méně časté jsou potom nohy kráčivé, či hrabavé. Ústní ústrojí je kousacího typu a je opatřeno silnými kusadly, sloužícími k uchvacování kořisti, zpracování potravy a také k obraně (Hůrka 1996).

Co se týče nároků na prostředí, představují střevlíkovití velice rozmanitou čeleď. Můžeme zde nalézt druhy stenotopní, často reliktního charakteru, obývající přirozené nebo nepříliš poškozené ekosystémy typu sutí, stepí, rašelinišť, vřesovišť, bažin, močálů či klimaxových lesů. Dále druhy adaptabilní, osidlující také hospodářské lesní porosty, pobřeží stojatých i tekoucích vod, lučiny, pastviny a jiné travní porosty. Třetí skupinou jsou druhy eurytopní, často bez zvláštních nároků na prostředí, obývající nestabilní habitaty či silně antropogenně ovlivněná stanoviště (Hůrka et al. 1996). Žijí nejčastěji na povrchu půdy, pod kameny nebo v hrabance, ale také na bylinách, keřích a stromech. Setkat se můžeme i s druhy žijícími pod kůrou, v půdě nebo dokonce i v jeskyních.

Většina našich zástupců se řadí k nesespecializovaným masožravcům, kteří aktivně loví kořist nebo vyhledávají mršiny. Část z nich jsou specializovaní predátoři určitých skupin živočichů, jako jsou například housenky motýlů (rod *Calosoma*), chvostokoci (druhy rodů *Leistus*, *Loricera*, *Notiophilus*), plicnatí plži (rody *Cychrus*, *Licinus*), žížaly (některé druhy rodu *Carabus*) nebo mšice (*Anchomenus dorsalis* a některé druhy rodu *Bembidion*). Velké množství střevlíků se řadí k polyfágům (rody *Amara*, *Harpalus*), s různou převahou masožravosti a býložravosti. Existují také některé výhradně býložravé druhy (z rodů *Zabrus*, *Ophonus*) (Hůrka 1996), které se živí pylem, malými semeny nebo výhonky různých rostlin (Honěk et al. 2003; Gailis a Turka 2013).

Vývoj téměř všech našich druhů je monovoltinní, jednoletý a probíhá ve dvou typech. Typy závisejí na začátku rozmnožování, které je synchronizováno buď diapauzou larválních stádií, nebo pohlavních orgánů dospělců. U prvního typu, s diapauzou larev, přezimují jak larvy, tak dospělci a nová generace se líhne na jaře nebo začátkem léta následujícího roku. U druhého typu, který je nejčastější, dochází k rozmnožování a vývoji larev na jaře a začátkem léta. Dospělci nové generace se líhnou v létě a na podzim téhož roku, poté přezimují (Hůrka 1996).

Střevlíkovití hrají z mnoha hledisek významnou pozitivní roli zejména v antropocenózách, ale také v přirozených biocenózách. Díky tomu, že je většina z nich dravá, působí především v zemědělských systémech jako přirozená ochrana proti škůdcům (Holland a Luff 2000; Cole et al. 2002). Nicméně i býložraví a všežraví střevlíci jsou významnými predátory škůdců a plevelů v agroekosystémech (Honěk a Jarošík 2000; Honěk et al. 2003; Honěk et al. 2009) a dokazují to i celosvětové studie, které ve své práci shrnul Gailis a Turka (2013). Na druhou stranu Winqvist et al. (2014) zmiňuje mnohé z nich také jako klíčový zdroj potravy pro ptáky. Střevlíci (alespoň adaptabilní a reliktní druhy) citlivě reagují na antropogenní změny v kvalitě stanoviště (Kromp 1999), podle Hůrky (1996) konkrétně například na toxické látky (pesticidy, herbicidy), nadměrné používání umělých hnojiv, změnu pH a vlhkosti. Na základě toho mohou být využíváni jako bioindikátory těchto změn prostředí. Diverzita a abundance střevlíkovitých může sloužit také jako indikátor fragmentace a heterogenity zemědělské krajiny (Gailis a Turka 2013). Z hlediska půdotvorné činnosti se podílejí na rozkladu a přerozdělování organických zbytků, což zvýhodňuje mikrobiální aktivitu a vede ke zvyšování rozkladu organické hmoty, dostupnosti živin a zlepšení struktury půdy (Hadjicharalampous et al. 2002).

## **1.2. Organická hmota v půdě a její problematika**

Jednou ze základních podmínek zajišťujících život na Zemi je půda (Šarapatka et al. 2010). Představuje nejsvrchnější vrstvu zemské kůry (Tuf 2013) a je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů (Urban et al. 2003). Proces, při kterém půda vzniká, je dlouhodobý a ovlivňují jej půdotvorné faktory, mezi které patří klima, reliéf, čas, matečná hornina a organismy (Tuf 2013). Urban et al. (2003) poté uvádí, že biologický faktor, kterým jsou zmíněné organismy, je velmi často označován jako vedoucí půdotvorný činitel. Také Tuf (2013) charakterizuje půdu jako živý systém, jenž by byl

bez půdních organismů pouhým abioticky zvětralým substrátem bez důležitých vlastností, které dělají půdu půdou. Tvoří nedílnou součást zemědělské krajiny, lesů i travních ekosystémů. Má řadu významných funkcí (například filtrační, pufrací), je prostředím pro život organismů, ovlivňuje koloběhy živin a je základem produktivity v přirozených a také umělých ekosystémech. Pro zajištění těchto funkcí je však potřeba, aby byla zachována půdní kvalita, kterou můžeme hodnotit právě na základě těchto, ale i mnoha dalších vlastností a funkcí (Šarapatka 2002).

Zásadním atributem kvality půdy, jak uvádí Moeskops et al. (2012), je půdní organická hmota. Jejím zdrojem jsou především rostliny (Frouz 2010) a nachází se v půdě jak v mrtvém stavu, ve formě odumřelých kořenů a živočišných zbytků, opadu a humusu, tak i stavu živém, a to ve formě kořenů rostlin a edafonu (Tuf 2013). Činností edafonu dochází k dekompozici organické hmoty a transformaci anorganických látek, čímž dochází k zpřístupňování živin pro rostliny. Významná je i syntéza složitých organických látek obohacujících zásoby humusu v půdě (Urban et al. 2003). K upřesnění Šarapatka et al. (2010) zmiňuje, že obecně zooedafon rozkládá organickou hmotu mechanicky (drtí, rozmělnuje) a fytoedafon, ke kterému se řadí bakterie, aktinomycety a houby, ji rozkládá převážně chemicky (tráví pomocí enzymů).

Organická hmota je v půdě důležitá z mnoha hledisek. Můžeme jmenovat například její biologický význam jako zásobárna energie a zdroj živin, dále také její vliv na resilienci ekosystému, aktivitu enzymů, společenstva organismů a růst rostlin (Šarapatka 2002). Z hlediska fyzikálního a chemického zmiňuje Kaczynski et al. (2013) pozitivní vliv na retenci vody, půdní strukturu a s nimi související ochranu proti erozi, sorpční kapacitu, stabilizaci pH či filtraci nečistot.

Půda obsahuje oproti atmosféře zhruba třikrát více uhlíku, který je obsažen především v organické hmotě (Frouz 2010), jejíž tvoří hlavní složku (Šarapatka 2002). Množství uhlíku obsaženého v půdě je dáno poměrem mezi jeho vstupy (rostliny, kořeny) a výstupy (oxid uhličitý uvolňovaný mikrobiální dekompozicí) (Kaczynski et al. 2013). Dle Frouze (2010) může být míra obsahu uhlíku také ovlivněna způsobem užívání půdy, kdy například orba může vést k mineralizaci organické hmoty a tím zároveň k úbytku uhlíku. Naopak k jeho zvýšení může přispívat pěstování víceletých pícnin na orné půdě či zavedení bezorebných technologií. Jak ale udává Kaczynski et al. (2013), obsah půdního uhlíku je také ovlivňován typem a zrnitostí půdy, klimatem, topografií a interakcemi mezi těmito faktory.

V rámci dlouhodobě udržitelných zemědělských systémů by se mělo dbát na co nejuzavřenější koloběh živin a snahu o maximální využívání zdrojů z vlastního zemědělského podniku. Pravidelné navracení odebraných živin a dostatečný dodatek organické hmoty do půdy je důležitý z hlediska zachování její úrodnosti a produktivity. Správné hospodaření s živinami je však důležité i z hlediska životního prostředí. Při nadměrném přísunu živin, zejména fosforu a dusíku, dochází erozí či vyplavováním těchto prvků z půdy k eutrofizaci vodních zdrojů.

K tomu, abychom zamezili negativním vlivům a optimalizovali využívání živin, nám slouží jejich bilance (Šarapatka et al. 2010). Urban et al. (2003) popisuje bilanci živin jako poměr mezi zdroji a spotřebou a jako jednu ze základních zemědělských rozvah. Dle Šarapatky et al. (2010) je tato bilance v agroekosystému ovlivňována lidskou činností čili sklizní, zpracováním půdy a hnojením. V rámci přírodních procesů musíme počítat také s živinami z atmosférických srážek, ze zvětralých hornin či minerálů a zanedbatelné nejsou ani jejich ztráty vyplavováním z půdy, erozí a denitrifikací. Jak dále uvádí Urban et al. (2003), pokud dojde k tomu, že je bilance dlouhodobě kladná, má to za následek, kromě finanční újmy, výrazné změny půdního prostředí, které mohou vést až k devastaci půdní struktury. V tomto případě je potřeba přistoupit ke zvýšení výnosů použitím jiných odrůd nebo omezit vstupy. Naopak dlouhodobě záporná bilance vede k okyselení půdy a destrukci sorpčního komplexu, přičemž dochází k nevratným změnám její úrodnosti. Za těchto okolností je nutné obsah živin zvýšit dodávkou hnojiv nebo přejít na výnosově nižší hladiny.

Jak tedy vyplývá z předchozích informací, vyváženost půdní organické hmoty je jedním ze základních pilířů, vedoucích k udržitelnému zemědělskému systému, což shrnuje i Kaczynski et al. (2013) tím, že její pokles byl označen jako hlavní ohrožení půdní kvality. Ve své studii poukazuje na výsledky regionálních hodnocení obsahu půdní organické hmoty, které vykazují její možný pokles. K nižším vstupům organické hmoty do půdy vedly jak dlouhodobé, tak nedávné změny v zemědělství. Počátek můžeme hledat již v polovině 19. století, kdy do zemědělství vstupuje industrializace. Ta spočívala v zavedení moderní agronomie, intenzivního šlechtění rostlin, používání pesticidů, antibiotik, hnojiv a nových technických zařízení za účelem zvýšení výnosů plodin. Tato intenzifikace nabývala vrcholu z důvodu nedostatku potravin a snahy o potravní soběstačnost států zejména po druhé světové válce. Již v této době se však začínají projevovat negativní účinky intenzifikace na životní prostředí (Šarapatka et al. 2010). K dalším změnám v zemědělství došlo po začlenění České republiky do

Evropské unie (Kaczynski et al. 2013). Zvýšila se organizace a intenzita rostlinné a živočišné produkce a došlo také k větší specializaci hospodářství spolu se zjednodušením střídání plodin. To může mít za následek snižování vstupů organické hmoty do půdy, k čemuž přispívá také úbytek farem s živočišnou výrobou, produkujících hnůj a kejdu, které jsou významným zdrojem organické hmoty. Na základě těchto změn se stalo posouzení současného stavu a trendu organické hmoty v půdě, spolu s možnostmi jejího dodatku, velice důležitým úkolem.

Pro udržitelnou produkci plodin má aplikace organických hnojiv nepostradatelnou roli a jeví se jako nezbytným opatřením pro navrácení organické hmoty do půdy (Moeskops et al. 2012). Nejrozšířenějším organickým hnojivem je hnůj, dále se využívá také močůvka, kejda, kompost (Urban et al. 2003), posklizňové zbytky či rašelina (Moeskops et al. 2012). Urban et al. (2003) zmiňuje jako významné také zelené hnojení, což je v podstatě účelné pěstování plodin, které se následně zapravují do půdy a slouží jako organické hnojivo. Každé z těchto hnojiv, jak uvádí Moeskops et al. (2012), vykazuje specifické účinky na půdní funkce, mikrobiotu a zásoby půdní organické hmoty. Mnohé z těchto účinků jsou však doposud málo prozkoumány.

Obecně by měla aplikace organických hnojiv zachovávat a podporovat úrodnost půdy, navracet živiny exportované plodinami, zajišťovat výživu edafonu a udržovat biologickou aktivitu půdy. Množství živin, dodaných hnojivy, by však nemělo přesahovat potřebu rostlin. Pouze v případě, kdy je nutné dosytit nižší obsah určitých živin v půdě, je opodstatněné krátkodobě zvýšit jejich bilanční dávky (Urban et al. 2003).

### **1.3. Vliv zemědělství na střevlíkovité**

Střevlíkovití jsou na polích druhově bohatou a hojnou skupinou (Kromp 1999), což z nich dělá jednu z nejčastějších čeledí epigeicky aktivních členovců v agroekosystémech (Cole et al. 2002). Nicméně jak uvádí Kromp (1999), negativní změny, způsobené přechodem k intenzifikaci, racionalizaci a mechanizaci zemědělství, se mimo jiné dotkly i této skupiny brouků.

Edafon, do kterého zahrnujeme i střevlíkovité, je v zemědělských půdách ovlivněn zejména systémem hospodaření (Šarapatka et al. 2002; Sadej et al. 2012). Skrze tyto systémy je početnost a rozmanitost střevlíkovitých určována především dostupností potravin, úkrytu a vhodným mikroklimatem (Hadjicharalampous et al.

2002), což úzce souvisí s chemickými vstupy, plodinami v osevním postupu a agrotechnickými zásahy (Šarapatka et al. 2002). Tyto managementové aspekty se výrazně liší mezi konvenčním a ekologickým zemědělstvím a jsou obecně diskutovány v řadě studií.

Cílem konvenčního zemědělství je co nejvyšší produkce a zisk (Urban et al. 2003). Hadjicharalampous et al. (2002) na základě mnoha výzkumů spojuje s konvenčním zemědělstvím negativní změny v agroekosystémech, vedoucí ke snížení diverzity a početnosti flóry a fauny díky vysoké homogenitě zemědělské krajiny, agrochemikáliím a orbě. Purtauf et al. (2005) zmiňuje také přímé účinky toxicity, způsobené minerálními hnojivy a pesticidy a také nepřímé účinky konvenčního zemědělství skrze snižování dostupnosti potravy a kvality stanoviště.

Na druhou stranu ekologické zemědělství dbá na zachování úrodnosti půd, ochranu životního prostředí a hospodárné využívání přírodních zdrojů, kdy se bilance živin blíží nule. V systému hnojení jsou využívána organická hnojiva a je zamezeno používání pesticidů. Tyto přístupy vedou obvykle oproti konvenčnímu zemědělství k vyššímu obsahu organické hmoty v půdě a také vyšší biodiverzitě (Urban et al 2003).

Při srovnání těchto dvou zemědělských přístupů z pohledu abundance a druhového bohatství dosahovalo ekologické zemědělství ve většině případů vyšších hodnot (Kromp 1999). Hole et al. (2005) srovnával studie zaměřené na rozdíly ekologických a konvenčních farem. U dvanácti studií byly zaznamenány vyšší abundance střevlíků, v některých případech také spolu s jejich vyšší diverzitou, na ekologicky obhospodařovaných polích. Naopak tomu bylo u čtyř studií. Stejnou problematikou se zabýval také Döring a Kromp (2003) ve srovnávací studii, která měla dle navrženého indexu určit druhy, profitující z ekologického hospodaření. Ukázalo se, že druhová bohatost byla vyšší na ekologicky řízených polích, kde bylo v průměru o 34 % druhů více. Nejvyšší prospěch z tohoto hospodaření vykazoval střevlík zlatý (*Carabus auratus*), některé druhy kvapníků rodu *Amara* (*A. familiaris*, *A. similata* a *A. Aenea*), kvapník plstnatý (*Pseudoophonus rufipes*) a kvapník modrý (*Harpalus affinis*). Obecně bylo zjištěno, že větší prospěch z ekologického zemědělství mají druhy, které více preferují otevřené plochy a jsou typické pro zemědělskou krajinu. Jisté rozpory byly zaznamenány u střevlíčka druhu *Pterostichus melanarius*, který měl v některých studiích větší početnosti v konvenčních a intenzivně řízených systémech, ale existují i výzkumy, kdy tomu bylo naopak. Ve výsledku však tento druh zřejmě profituje o něco více z ekologického managementu. Nicméně Purtauf et al. (2005), navzdory předešlým



zjištěním, nezaznamenal žádné rozdíly v rozmanitosti a početnosti střevlíků mezi ekologickými a konvenčními systémy hospodaření. Stejně výsledky při srovnání typu managementu uvádí i Winqvist et al. (2014), která však zaznamenala změny ve společenstvech střevlíkovitých v případě zvýšení výnosů plodin. Ty nevedly k významné změně v celkové druhové bohatosti střevlíků, ale došlo ke snížení jejich abundance. Ovlivněno bylo také složení střevlíkovitých z pohledu jejich funkčních vlastností a to tak, že došlo k poklesu diverzity býložravců a všežravců, zatímco masožravé druhy zůstaly beze změny. Z pohledu abundance však došlo ke snížení i v rámci skupiny masožravců. To může být vysvětleno tím, že se zvýšenými výnosy často souvisí vysoká spotřeba anorganických hnojiv a pesticidů, které působí negativně na biodiverzitu. Také Döring a Kromp (2003) potvrzují, že býložravé a všežravé druhy profitují z ekologického zemědělství. Důvodem je zvýšený přísun rostlinné potravy (vyšší rostlinný kryt a více druhů plevelů), která není v rámci tohoto systému omezena herbicidy.

Vedle obecného vlivu systému hospodaření na společenstva střevlíkovitých je v mnoha studiích také zkoumáno, jak na tyto brouky působí samotná aplikace hnojiva. Dle Šarapatky et al. (2002) je hnojení jedním z faktorů, které výrazně ovlivňují půdní faunu, včetně střevlíkovitých. Ve srovnání s nehnojenými plochami vykazují vyšší abundance organismů plochy hnojené hnojem a většinou i průmyslovými hnojivy. Gailis a Turka (2013) uvádějí, že aplikace organických hnojiv mění povrch půdy, což má pozitivní vliv na přezimování a kladení vajíček. Organické hnojení také podporuje přítomnost dalších bezobratlých, kteří jsou pro střevlíky potravou. Pozitivní vliv můžeme zaznamenat i z hlediska podpory plevelů a hustějšího rostlinného krytu, což zajišťuje udržení vlhkosti a příznivého mikroklimatu pro bezobratlé.

Tyto závěry jsou v souladu s přehledem Krompa (1999), který cituje mnohé výzkumy, poukazující na vyšší druhovou rozmanitost a abundanci střevlíkovitých na organicky hnojených polích, často však s rozdílnými reakcemi na druhové úrovni. Další práce, kterou zmiňuje, zkoumala efekt použití zeleného hnojení v kombinaci s podsevem. Zde byl u některých druhů zjištěn v průměru 50% nárůst následující generace dospělců. Obdobných výsledků dosáhl Helenius et al. (1995), kdy pokusné plochy s podsevem a zeleným hnojením vykazovaly statisticky významné zvýšení úlovku střevlíků. Lövei et al. (2003) se zabýval vlivem podsevu, hnoje a jejich kombinace. V této studii však nebyl prokázán signifikantní účinek žádného z těchto zásahů na druhovou diverzitu či abundanci. Nicméně aplikace hnoje měla na

střevlíkovité větší vliv než podsev. Okamžité zvýšení druhové diverzity a počtu jedinců po aplikaci chlévského hnoje zaznamenali Purvis a Curry (1984). Toto zvýšení však bylo pouze dočasné a později v sezóně, kdy vrstva hnoje vyschla, abundance a diverzita poklesla. Nabízí se vysvětlení, že čerstvý hnůj dočasně zlepšil mikroklima povrchu půdy a zvýšil množství dostupné kořisti. Larsen et al. (1996) studoval dlouhodobý vliv čistírenských kalů, obsahujících těžké kovy a nekontaminovaného hnojiva v podobě močoviny. Ve srovnání s kontrolními plochami byla abundance a druhová bohatost signifikantně vyšší u čistírenských kalů i močoviny. Z pohledu druhové diverzity se mezi sebou rozdílně hnojené plochy nelišily. Podobné výsledky evidoval také Sadej et al. (2012), jenž srovnával plochy s aplikací chlévského hnoje, kejdy, minerálního NPK hnojiva, nehnojenou kontrolní plochu a úhor (osmiletý a dvanáctiletý). Vyšší diverzita střevlíků byla zjištěna u zásahů s vyšším obsahem organického uhlíku a dusíku, ale nejvíce jedinců a druhů bylo zaznamenáno na úhoru. Zde se však ukázalo, že úhory byly osídleny zřetelně odlišnými komunitami střevlíků. To bylo vysvětleno tím, že půda ponechaná dlouhodobě ladem poskytuje příležitost k rozvoji rozdílných skupin střevlíků, což na těchto místech podporuje také nižší disturbance. V kontrastu s výše uvedenými výzkumy je práce Idingera a Krompa (1997). Zde se po aplikaci hnojiva (kompost a anorganické hnojivo), neprokázaly žádné statisticky významné změny společenstva střevlíkovitých.

Kromě typu hnojení může mít na abundanci a diverzitu střevlíkovitých vliv také množství jeho aplikované dávky (Šarapatka et al. 2002). To potvrzuje Kromp (1999) výzkumem, kde byl zaznamenán nejvyšší počet druhů na ploše, která byla obohacena nejvyšší dávkou statkových hnojiv. K podobným výsledkům dospěla i Porhajašová (2008), kdy abundance střevlíků výrazně vzrostla po aplikaci nejvyšší z dávek hnojiva. V kontrastu uvádí Kromp (1999) práci, která zaznamenala pokles diverzity střevlíkovitých s rostoucí intenzitou hnojení.

Hole et al. (2005) na základě nejednotnosti výsledků mnoha studií, které srovnávaly ekologické a konvenční zemědělství, poukazuje na to, že rozhodující vliv na diverzitu a početnost polních střevlíků, může mít komplexní charakter stanoviště. Purtauf et al. (2005) popisuje rostoucí druhovou diverzitu se stoupající mírou travních porostů okolo polí. Z toho vyvozuje, že louky a pastviny v blízkosti polí působí jako hlavní zdroj druhové rozmanitosti střevlíků a pro její zvyšování jsou krajinné prvky mnohem důležitější než samotné ekologické zemědělství. Uvádí také, že mnoho druhů střevlíků přezimuje v okolní krajině a na pole se rozptýlí až na jaře. Lze tedy říci, že

heterogenita krajiny významně ovlivňuje druhovou bohatost a složení společenstev a je hnacím motorem biodiverzity v zemědělských oblastech (Duflot et al. 2014). S tím je v souladu také výzkum Batáryho et al. (2000), který prokázal, že biotopoví generalisté jsou na rozdíl od specializovaných druhů více ovlivněni homogenizací krajiny a jejich početnost i druhová bohatost roste se zvyšující se heterogenitou okolního prostředí. Nicméně příliš vysoká míra heterogenity krajiny způsobuje také její větší fragmentaci, což na biodiverzitu působí naopak negativně. Je proto zřejmé, že ideální podmínky pro maximální biodiverzitu musíme hledat při středních mírách heterogenity (Duflot et al. 2014).

Zmíněná fragmentace, způsobená liniovými prvky v krajině, může vést k nižší druhové bohatosti a početnosti. Pohyb střevlíků mezi jednotlivými polními biotopy mohou inhibovat silnice, železnice, štěrkové a zpevněné zemědělské cesty či remízky. Střevlíkovití poté vykazují neochotu k překonávání těchto prvků, které pro ně představují obtížněji prostupné hranice. Na základě toho dochází ve velké míře pouze k podélnému rozptýlení okolo těchto bariér. To může vést k jisté míře izolace metapopulací a mít nepříznivý vliv na jejich přežívání, přestože je tento efekt pouze pozvolného charakteru a záleží také na schopnostech šíření jednotlivých druhů (Mader et al. 1990; Holland a Luff 2000; Gailis a Turka 2013).

## 2. Cíle práce

Předložená práce je součástí česko-polského projektu Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu, který byl navržen v reakci na trend snižujícího se obsahu půdní organické hmoty v mnoha evropských zemích. Projekt si klade za cíle vyhodnotit stav obsahu půdní organické hmoty v oblasti česko-polského pohraničí a v návaznosti na tyto výsledky vytvořit metodický postup aplikace exogenní organické hmoty na půdu. Tento postup by měl zároveň zohledňovat půdní ekosystémové služby. Z hlediska transformace exogenní organické hmoty je důležité definovat půdní vlastnosti, které ji ovlivňují. Stěžejní je v tomto projektu také zjištění krátkodobých a dlouhodobých vlivů aplikované organické hmoty na chemii a biologii půdy (Ministerstvo zemědělství 2009–2017).

Diplomová práce se zabývá otázkou, jak ovlivňuje organická hmota, aplikovaná na půdu formou organických hnojiv, společenstva střevlíkovitých brouků, kteří ji obývají. Tento dvouletý výzkum byl uskutečněn v letech 2013–2014 na polních lokalitách v česko-polském pohraničí. Na základě získaných dat se pokusíme:

- Vyhodnotit vliv aplikace exogenní organické hmoty na abundanci a druhovou rozmanitost střevlíkovitých.
- Vyhodnotit odezvu střevlíkovitých na jednotlivé typy použitých organických hnojiv, včetně velikosti jejich dávek.
- Definovat aspekty této problematiky, ke kterým může být přihlédnuto ve snaze o zohlednění biodiverzity při nakládání s organickými hnojivy.

## 3. Materiál a metodika

### 3.1. Popis lokalit

Výzkum byl zahájen v roce 2013 a probíhal dvě vegetační sezóny. Experimentálními plochami byly dvě polní lokality v česko-polském pohraničí (obr. 1). První z nich se nacházela na severovýchodě České republiky, v Pustých Jakarticích. Tato lokalita (GPS: 49°58'23.60"N 17°57'17.82"E) ležela v nadmořské výšce 292 m a půdním typem byla hnědozem. Druhá lokalita byla v polských Braszowicích (GPS: 50°33'36.75"N 16°47'55.38"E), její nadmořská výška činila 290 m a půdním typem byla kambizem. Výměra obou těchto ploch byla 800 m<sup>2</sup> a pěstovanou plodinou zde byla silážní kukuřice (*Zea mays*), kultivar N K Terada FAO 260.



Obrázek 1: Geografická poloha studovaných lokalit (zdroj Mapy.cz)

### 3.2. Hnojiva a jejich aplikace

Na obou výzkumných plochách bylo vytyčeno 40 dílčích plošek o výměře 20 m<sup>2</sup>. Na ně se následně aplikovaly 3 druhy hnojiv, přičemž bylo každé z nich ve 3 rozdílných dávkách. Dostali jsme tedy 9 kombinací, které doplnila jedna kontrolní nehnojená ploška. Toto schéma se na celé experimentální ploše čtyřikrát opakovalo. Mezi hnojiva patřilo Rabio, živočišná moučka, Agrohum (v Pustých Jakarticích) a digestát (v Braszowicích).

Tato hnojiva byla použita v dávkách s 50 %, 75 % a 100 % doporučené dávky dusíku (200 kg/ha). Případný zbývající dusík (tj. 50 % a 25 %) byl doplněn minerálním dusíkem, včetně kontrolní plošky. V Pustých Jakarticích se hnojiva aplikovala 30. dubna a v Braszowicích 14. května 2013. Výjimku tvořila masokostní moučka, se kterou bylo na první lokalitě hnojeno 21. května a na druhé lokalitě 17.–18. května.

Průmyslový kompost Rabio je organické hnojivo, které se vyrábí homogenizací a kompostováním materiálů obsahujících rozložitelné organické látky, včetně kalů z čistíren odpadních vod. Obohacuje půdu o základní živiny, aktivní humus a mikroorganismy, které oživují biologickou činnost půdy. Svoji vyšší hodnotou pH upravuje nepříznivé kyselé půdní reakce. Má pozitivní vliv na strukturu lehkých půd, čímž posiluje jejich schopnost zadržovat vláhu a živiny.

Živočišná moučka NP 7–6 (MBM NP 7–6) dodává do půdy dusík a fosfor v organické vazbě, díky čemuž dochází k jejich dlouhodobému uvolňování. Obsahuje také vápník a další důležité stopové prvky. Jedná se o zásobní organické hnojivo ve formě hnědé moučky, které se používá k základnímu hnojení a přihnojování v průběhu vegetačního období, přičemž se zapravuje do půdy.

Organické hnojivo Agrohum se vyrábí ze statkových hnojiv (drůbeží podestýlka, kejda) v procesu termofilní aerobní fermentace. Doplňuje v půdě základní živiny v žádoucím poměru a příznivě působí na činnost půdních bakterií i půdní strukturu (Smatanová nedatováno).

Digestát představuje fermentační zbytek anaerobní digesce statkových hnojiv, kejdy, rostlinného materiálu a objemných krmiv (Smatanová 2012).

### **3.3. Sběr zoologického materiálu**

Epigeon byl vzorkován pomocí metody padacích zemních pastí. Každá z pastí se skládala ze zavařovací sklenice Omnia o objemu 0,7 l a průměru hrdla 75 mm. Do ní byl pro usnadnění manipulace a vybírání pastí vložen plastový kelímek s objemem 0,3 l. Fixační tekutinou byl 4% roztok formaldehydu, kterým se kelímek plnil přibližně do 1/3. Past byla následně přikryta plechovou stříškou, bránící jejímu znečištění a vyplavení deštěm (Hora 2010).

Na pokusných plochách byly zemní pasti instalovány v celkovém množství 120 pastí na lokalitu. Systém rozmístění pastí byl navržen způsobem, že každé

experimentální plošce s určitým zásahem hnojení (o velikosti 20 m<sup>2</sup>), odpovídaly vždy 3 pasti.

V probíhajícím dvouletém výzkumu byly zemní pasti zakládány a vybírány v intervalech tří týdnů, a to vždy v období jaro/léto a léto/podzim. Na každé lokalitě proběhly dohromady 4 odběry. V prvním roce byly pro období jaro/léto zakládány pasti na lokalitě Pusté Jakartice 31. května 2013 a vybírány byly 21. června. V období léto/podzim zde byly založeny 4. září a jejich výběr byl 24. září. V Braszowicích proběhlo založení pastí v prvním období 22. června 2013 a vybrány byly 12. července. Ve druhém období byla jejich instalace 5. září a výběr 25. září. V následujícím roce bylo zakládání a vybírání pastí obdobné. V Pustých Jakarticích proběhlo v intervalech 27.5.–17.6. a 27.8.–18.9. Na lokalitě Braszowice v termínech 21.5.–11.6. a 26.8.–17.9.

Získaný zoologický materiál byl klasifikován zvláště pro každou z pastí do jednotlivých taxonomických skupin, v nichž byly zaznamenány počty jedinců. Mezi tyto skupiny patřili brouci (Coleoptera), pavouci (Araneae), sekáči (Opiliones), stonožky (Chilopoda), mnohonožky (Diplopoda), stejnonožci (Isopoda), dvoukřídlí (Diplopoda), chvostokoci (Collembola) a larvy brouků. Roztřízený materiál, s výjimkou chvostokoků a larev brouků, byl konzervován 30% roztokem etanolu. Z řádu brouků (Coleoptera) byli v rámci této práce determinováni a vyhodnoceni zástupci čeledi střevlíkovitých (Carabidae). Determinace probíhala pomocí určovacího klíče (Hůrka 1996) na druhovou úroveň. Obtížněji identifikovatelné druhy a jejich určení bylo konzultováno s Mgr. Radimem Gabrišem.

### 3.4. Analýza dat

U obou lokalit byly zaznamenány abundance a druhová složení střevlíků. Dále byla pro jednotlivé druhy vypočítána dominance, která vyjadřuje procentuální zastoupení jedinců daného druhu ve společenstvu. Výslednou hodnotu dominance škálujeme do pěti tříd (Losos et al. 1985): eudominantní (více než 10 %), dominantní (5–10 %), subdominantní (2–5 %), recedentní (1–2 %) a subrecedentní (méně než 1 %).

Každý druh byl také podle Hůrky et al. (1996) zařazen do skupiny reliktní (R), adaptabilní (A), nebo eurytopní (E). Tyto skupiny jsou stanoveny na základě šíře ekologické valence druhu a jeho vázanosti k biotopu.

Zpracování datového souboru proběhlo pomocí programového balíku CANOCO for Windows 4.5, který umožňuje analýzu mnohorozměrných dat. Nejdříve bylo potřeba

exportovat data z tabulkového programu Microsoft Excel do souboru kompatibilního s Canocem pomocí programu WCanoImp. Nezávisle proměnnou (environmentální data) byla vybrána lokalita, období odchyty a typ hnojiva. Závisle proměnné (druhová data) představovaly početnosti jednotlivých druhů (Lepš a Šmilauer 2000).

Pro následnou analýzu bylo nutné vybrat správný ordinační model. K tomu slouží metoda nepřímé gradientové analýzy DCA (*Detrended correspondence analysis*). Tato analýza nám říká, jaké jsou hlavní směry variability v souboru dat a délky gradientů (*Lengths of gradient*). Pomocí těchto gradientů rozhodujeme o zvolení unimodálního nebo lineárního modelu (Herben a Münzbergová 2003). Pokud je nejvyšší hodnota gradientu větší než 4,0, je vhodné použít unimodální metodu, jelikož jsou data příliš heterogenní. Pokud je tato hodnota menší než 3,0, měli bychom použít metodu lineární. V případě, že se délka gradientu pohybuje v tomto rozmezí, lze použít metody obě (Lepš a Šmilauer 2000).

Největší hodnota gradientu byla 3,9, proto jsme rozhodli pro použití unimodální metody korespondenční kanonické analýzy CCA (*Correspondence canonical analysis*). Tato přímá ordinační metoda hledá směry variability v druhových datech, které jsou korelovány vybranými faktory prostředí (environmentální data) (Herben a Münzbergová 2003). Významnost tohoto modelu a jednotlivých faktorů byla testována Monte Carlo permutačními testy.

Závislost druhových dat na faktorech prostředí jsme zjišťovali pomocí regrese, a to metodou zobecněných aditivních modelů GAM (*Generalized additive models*). Tímto způsobem jsme dokázali určit, pro která druhová data jsou zvolené environmentální proměnné statisticky významné včetně toho, jakou na ně mají reakci.

Výstupy z těchto modelů a unimodální metody CCA jsme graficky vizualizovali pomocí programu CanoDraw (Lepš a Šmilauer 2000).



## 4. Výsledky

### 4.1. Abundance a druhové složení

V průběhu dvouletého výzkumu bylo na obou lokalitách zaznamenáno dohromady 17 882 jedinců čeledi střevlíkovitých v 52 druzích. Z pohledu abundance čítala lokalita Braszowice (tab. 1) téměř třikrát více jedinců než Pusté Jakartice (tab. 2). Výrazné rozdíly v početnostech byly zjištěny také v rámci období a roku odchyty.

**Tabulka 1:** Suma jedinců a druhů chycených v Braszowicích.

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem
<b>Abundance</b>	10759	2222	12981
<b>Počet druhů</b>	30	35	44

**Tabulka 2:** Suma jedinců a druhů chycených v Pustých Jakarticích.

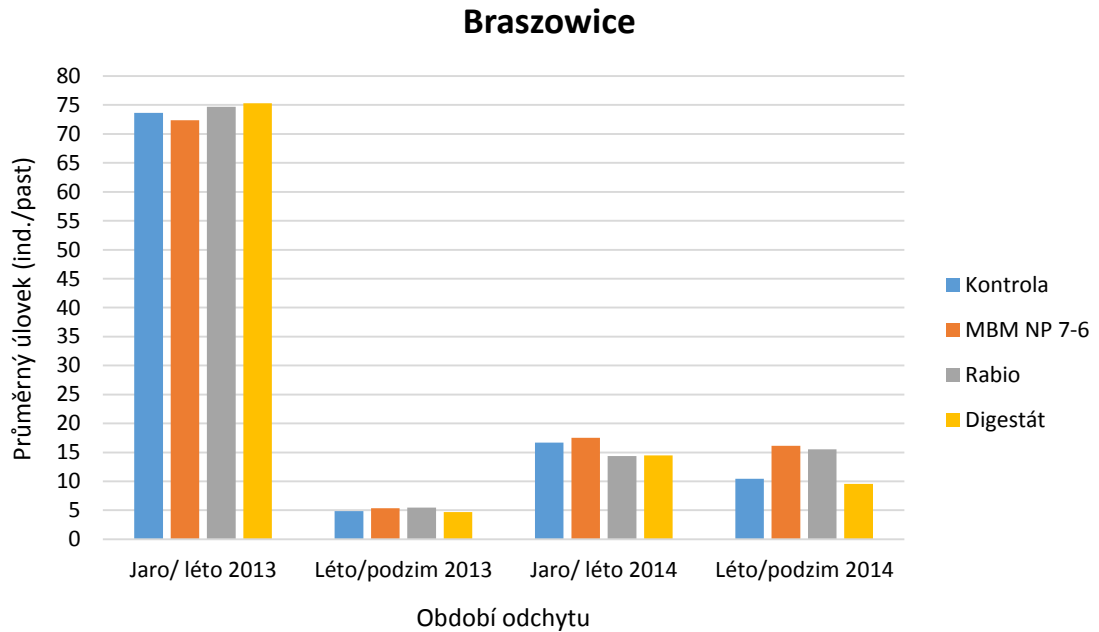
	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem
<b>Abundance</b>	3478	1423	4901
<b>Počet druhů</b>	22	21	29

V Braszowicích bylo na přelomu jara/léta 2013 chyceno čtrnáctkrát více jedinců, než v následujícím období léto/podzim (tab. 3). V roce 2014 nebyly rozdíly mezi obdobími odchyty znatelné, nicméně při srovnání s prvním rokem výzkumu se celkově ulovilo téměř třikrát méně jedinců (tab. 4).

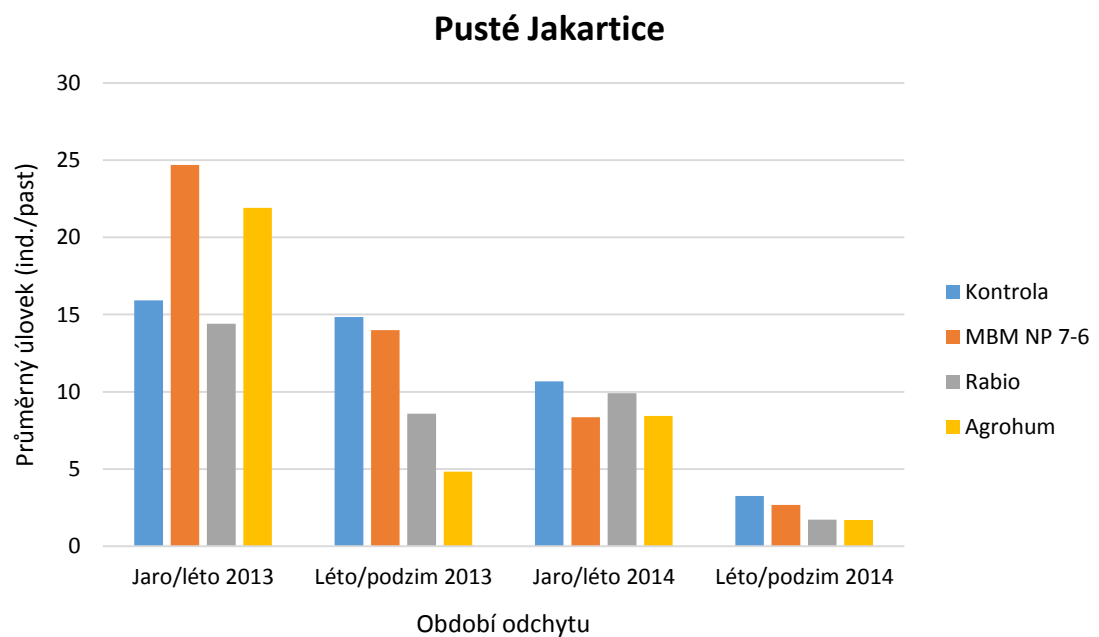
Podobné výsledky můžeme pozorovat také na lokalitě Pusté Jakartice, kde byla celková početnost v roce 2014 (tab. 6) výrazně nižší než v roce předešlém. Dále zde bylo v období jaro/léto 2013 evidováno dvakrát více střevlíků oproti následnému odchyty (tab. 5). Ve druhém výzkumném roce došlo mezi prvním a druhým odchytovým obdobím rovněž k nápadnému poklesu abundance, což je ale odlišný efekt v porovnání s Braszowicemi.

Při shrnutí těchto výsledků můžeme na lokalitě Braszowice vidět razantní pokles v průměrných početnostech ulovených jedinců ve druhém období odchyty. Následně byl evidován mírný nárůst, ale abundance jsou již výrazně nižší než v prvním období

(obr. 2). V Pustých Jakarticích mají tyto hodnoty také klesající tendenci, nicméně pokles průměrných úlovků je spíše pozvolného charakteru (obr. 3).



**Obrázek 2:** Průměrné počty jedinců ulovených během třítydenního intervalu do jedné pasti v závislosti na období odchyty a typu hnojiva v Braszowicích.



**Obrázek 3:** Průměrné počty jedinců ulovených během třítydenního intervalu do jedné pasti v závislosti na období odchyty a typu hnojiva v Pustých Jakarticích.

Z hlediska diverzity se ve srovnání s 29 druhy zaznamenanými v Pustých Jakartících (tab. 2) jeví jako bohatší Braszowice s 44 druhy (tab. 1). Na této lokalitě byl v roce 2013 eudominantní *Pterostichus melanarius* (až 77 %) a *Pseudoophonus rufipes* (13 %). Dominantní druh nebyl nalezen žádný a subdominantní byl pouze *Bembidion lampros* (2 %). V dalším roce se zařadil do eudominantní kategorie *Anchomenus dorsalis*, jehož velmi nízká dominance v prvním roce nyní vzrostla až na 36 %. K této skupině se nově přidal i *B. lampros* se 13% dominancí. Kvapník plstnatý (*P. rufipes*) si zachoval míru dominance z prvního roku a k výraznějšímu snížení dominance došlo u druhu *P. melanarius* (10 %). Své zastoupení navýšili *Bembidion quadrimaculatum* (8 %) a *Poecilus cupreus* (6 %) a zařadili se tak k dominantním druhům. Za zmínku stojí ještě *Clivina fossor* (4 %) a *Harpalus affinis* (4 %), kteří taktéž posílili svou dominanci a zastupovali subdominantní skupinu (tab. 3, 4).

Pusté Jakartice zahrnovaly v prvním roce výzkumu 4 eudominantní druhy, kterými byly *A. dorsalis* (22 %), *P. melanarius* (21 %), *B. lampros* (21 %) a *P. rufipes* (13 %). Jediným zástupcem dominantních druhů byl *B. quadrimaculatum* (9 %). *P. cupreus* (4 %) a *Trechus quadristriatus* (3 %) představovali kategorii subdominantní. Ve druhém roce svou dominanci výrazně posílil *P. cupreus* (40 %) a zařadil se tak k eudominantním druhům. V této kategorii posílil i *P. rufipes* (24 %) a k poklesu naopak došlo u druhů *P. melanarius* (18 %) *A. dorsalis* (14 %) a *B. lampros*. Jako jediný subdominantní druh se zde vyskytoval *H. affinis* (3 %) a dominance zbylých zástupců nepřesáhla 1 % (tab. 5, 6).

Při celkovém součtu abundancí všech zástupců na obou lokalitách patřili mezi eudominantní druhy *P. melanarius* (49 %), *P. rufipes* (14 %) a *A. dorsalis* (13 %). K dominantní skupině náležel *B. lampros* (8 %) a *P. cupreus* (6 %). Celkem tvoří tyto druhy až 89 % z celého úlovku.

Ze všech zaznamenaných druhů jich 16 patřilo do adaptabilní (A) bioindikační skupiny, což tvoří 31 % a zbylých 36 druhů náleželo k eurytopní (E) skupině (69 %). Zástupci reliktní skupiny nalezeni nebyli. Při pohledu na jednotlivé lokality bylo v Braszowicích 70 % eurytopních a 30 % adaptabilních druhů. V Pustých Jakartících bylo zastoupení eurytopních druhů ještě o něco vyšší (79 %).

**Tabulka 3:** Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Braszowice v roce 2013.

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem	Dominance (%)	Skupina
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	7	1	8	0.08	E
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	2	1	3	0.03	E
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)	1	1	2	0.02	E
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	16	23	39	0.41	E
<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer, 1797)	1	0	1	0.01	E
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	222	11	233	2.45	E
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	185	2	187	1.97	E
<i>Bembidion tetracolum</i> Say, 1823	2	0	2	0.02	E
<i>Blemus discus</i> (Fabricius, 1792)	1	10	11	0.12	A
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg, 1827)	0	4	4	0.04	A
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	3	9	12	0.13	E
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	0.01	E
<i>Carabus coriaceus</i> Linnaeus, 1758	0	1	1	0.01	A
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus, 1758	1	0	1	0.01	E
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	9	12	21	0.22	E
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller, 1783)	2	0	2	0.02	E
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	50	9	59	0.62	E
<i>Harpalus honestus</i> (Duftschmid, 1812)	1	0	1	0.01	A
<i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)	2	0	2	0.02	E
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	7	0	7	0.07	E
<i>Microlestes maurus</i> (Sturm, 1827)	1	0	1	0.01	E
<i>Notiophilus pusillus</i> G. R. Waterhouse, 1833	1	1	2	0.02	E
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	50	100	150	1.58	E
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	1035	206	1241	13.06	E
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	7205	155	7360	77.43	E
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)	5	2	7	0.07	A
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	0	1	1	0.01	A
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	17	7	24	0.25	E
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	63	59	122	1.28	E
<b>Celkem</b>	<b>8889</b>	<b>616</b>	<b>9505</b>	<b>100.00</b>	

**Tabulka 4:** Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Braszowice v roce 2014.

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem	Dominance (%)	Skupina
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	17	9	26	0.75	E
<i>Amara aulica</i> (Panzer, 1796)	0	1	1	0.03	E
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	3	0	3	0.09	E
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)	0	1	1	0.03	E
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	19	1249	1268	36.48	E
<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer, 1797)	10	0	10	0.29	E
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus, 1761)	2	0	2	0.06	E
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	452	6	458	13.18	E
<i>Bembidion lunulatum</i> (Fourcroy, 1785)	0	1	1	0.03	A
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	244	24	268	7.71	E
<i>Bembidion tetracolum</i> Say, 1823	0	2	2	0.06	E
<i>Blemus discus</i> (Fabricius, 1792)	0	18	18	0.52	A
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg, 1827)	0	2	2	0.06	A
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	0	10	10	0.29	E
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	0	17	17	0.49	E
<i>Carabus coriaceus</i> Linnaeus, 1758	0	2	2	0.06	A
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	132	16	148	4.26	E
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	2	0.06	E
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	138	0	138	3.97	E
<i>Harpalus signaticornis</i> (Duftschmid, 1812)	1	0	1	0.03	E
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)	1	0	1	0.03	E
<i>Laemostenus terricola</i> (Herbst, 1784)	0	2	2	0.06	A
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	1	0.03	E
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	3	10	13	0.37	E
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	0	2	2	0.06	A
<i>Notiophilus pusillus</i> G. R. Waterhouse, 1833	1	0	1	0.03	E
<i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790)	0	42	42	1.21	A
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	120	73	193	5.55	E
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	352	49	401	11.54	E
<i>Pterostichus anthracinus</i> (Illiger, 1798)	0	1	1	0.03	A
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	338	17	355	10.21	E
<i>Pterostichus nigrata</i> (Paykull, 1790)	0	1	1	0.03	E
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	0	1	1	0.03	A
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer, 1797)	0	1	1	0.03	E
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)	0	1	1	0.03	A
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	7	2	9	0.26	A
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	2	7	9	0.26	E
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	27	37	64	1.84	E
<b>Celkem</b>	<b>1870</b>	<b>1606</b>	<b>3476</b>	<b>100.00</b>	

**Tabulka 5:** Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Pusté Jakartice v roce 2013.

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem	Dominance (%)	Skupina
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	38	2	40	1.13	E
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	2	0	2	0.06	E
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	1	1	2	0.06	E
<i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)	7	3	10	0.28	E
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)	0	2	2	0.06	E
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)	30	1	31	0.87	E
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	93	684	777	21.87	E
<i>Anisodactylus signatus</i> (Panzer, 1797)	5	0	5	0.14	E
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)	736	12	748	21.05	E
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus, 1761)	324	6	330	9.29	E
<i>Brachinus explodens</i> Duftschmid, 1812	0	28	28	0.79	E
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg, 1827)	0	2	2	0.06	A
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	22	7	29	0.82	E
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	2	6	8	0.23	E
<i>Carabus violaceus</i> Linnaeus, 1758	0	1	1	0.03	A
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	8	0	8	0.23	E
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	54	2	56	1.58	E
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid, 1812)	2	0	2	0.06	E
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	1	0	1	0.03	E
<i>Panagaeus bipustulatus</i> (Fabricius, 1775)	1	0	1	0.03	A
<i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790)	0	7	7	0.20	A
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	79	59	138	3.88	E
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	223	246	469	13.20	E
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	740	14	754	21.22	E
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	1	0	1	0.03	A
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	0	5	5	0.14	E
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	19	77	96	2.70	E
<b>Celkem</b>	<b>2388</b>	<b>1165</b>	<b>3553</b>	<b>100.00</b>	

**Tabulka 6:** Přehled odchycených druhů, jejich početnosti, dominance a bioindikační skupina na lokalitě Pusté Jakartice v roce 2014.

	Jaro/léto	Léto/podzim	Celkem	Dominance (%)	Skupina
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	124	69	193	14.32	E
<i>Brachinus explodens</i> Duftschmid, 1812	1	6	7	0.52	E
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	0	1	1	0.07	A
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller, 1783)	2	0	2	0.15	E
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank, 1781)	40	1	41	3.04	E
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	524	9	533	39.54	E
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	214	108	322	23.89	E
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	185	64	249	18.47	E
<b>Celkem</b>	<b>1090</b>	<b>258</b>	<b>1348</b>	<b>100.00</b>	

## 4.2. Vliv environmentálních faktorů na střevlíkovité

Na základě nepřímé gradientové analýzy DCA, která určuje ordinační model, bylo zjištěno, že nejdelší gradient osy v analýze byl 3,9. Tato hodnota umožňuje použití lineární i unimodální metody. Jelikož abundance zřídkačky lineárně korelují s nějakým faktorem, byla pro následné analýzy užita unimodální metoda CCA (tab. 7).

**Tabulka 7:** Výsledky nepřímé gradientové analýzy DCA testující variabilitu druhového složení společenstva nezávisle na prostředí.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues:	0,774	0,524	0,332	0,204	6,517
Lengths of gradient:	3,407	2,887	1,657	3,941	
Species-environment correlations:	0,836	0,127	0,2	0,299	
Cumulative percentage variance					
of species data:	11,9	19,9	25	28,1	
of species-environment relation:	66,8	67,1	0	0	
Sum of all eigenvalues					6,517
Sum of all canonical eigenvalues					0,745

V první analýze bylo testováno vzájemné působení environmentálních a druhových dat. Monte Carlo permutační test významnosti CCA modelu ukázal, že první kanonická osa je signifikantní ( $F=79,717$ ;  $p=0,002$ ) a vysvětluje 55,6 % variability. Celý model vysvětluje 73,8 % variability (tab. 8) a je také signifikantní ( $F=18,184$ ;  $p=0,002$ ).

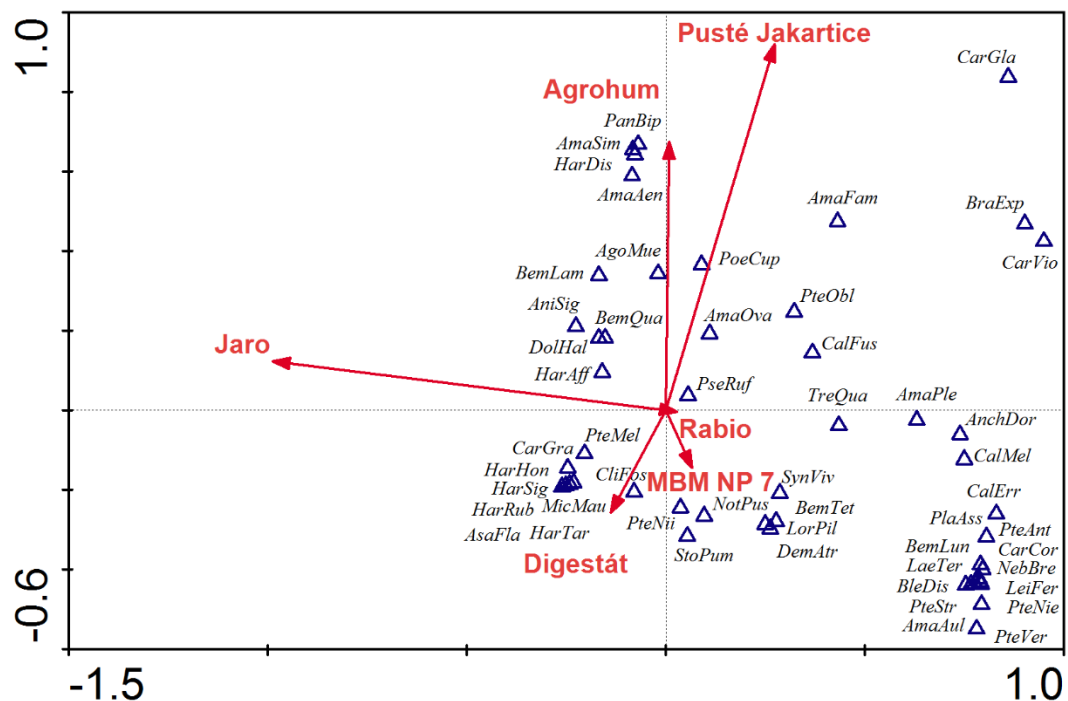
Mezi signifikantní faktory patřil z testovaných environmentálních dat vliv lokality ( $F=21,79$ ;  $p=0,002$ ), období odchytu ( $F=78,45$ ;  $p=0,002$ ) a hnojivo Agrohumi, aplikované v Pustých Jakarticích ( $F=3,95$ ;  $p=0,002$ ). Ostatní proměnné statisticky významné nebyly. Ordinační diagram tohoto modelu, vizualizující vztahy mezi jednotlivými proměnnými, je zobrazen na obrázku 4.

Na základě hrubých dat je patrné, že signifikantní vliv lokality se projevil díky výrazně většímu počtu chycených jedinců na lokalitě Braszowice. Tito jedinci patří k druhům, které v diagramu leží pod první ordinační osou. Vliv období odchytu se ukázal statisticky významný díky větším početnostem zaznamenaných při odchycích v období jaro/léto (v Braszowicích dohromady téměř pětkrát více). Tyto početnosti tvoří

druhy, které jsou vyobrazeny nalevo od druhé ordinační osy, případně v její blízkosti. Z diagramu také vyplývá, že skupinu v pravém dolním rohu tvoří druhy s nejvyšším či převažujícím výskytem na ploškách ošetřených masokostní moučkou nebo kompostem Rabio. Tyto druhy byly také odchyceny téměř výhradně v podzimním období (obr. 4).

**Tabulka 8:** Výsledky CCA modelu testující distribuci střevlíků vysvětlenou všemi zaznamenanými environmentálními faktory.

Axes	1	2	3	4	Total inertia
Eigenvalues:	0,556	0,152	0,015	0,006	6,517
Species-environment correlations:	0,863	0,61	0,275	0,177	
Cumulative percentage variance					
of species data:	8,5	10,9	11,1	11,2	
of species-environment relation:	75,4	95,9	98	98,8	
Sum of all eigenvalues					6,517
Sum of all canonical eigenvalues					0,738



**Obrázek 4:** Ordinační diagram modelu CCA znázorňující vztah mezi environmentálními faktory (červené šipky) a jednotlivými druhy (trojúhelníky). Zkratky druhů jsou uvedeny v tab. 9.



V další analýze jsme testovali interakce hnojiva a velikosti jeho aplikované dávky s jednotlivými druhy střevlíků. Metoda zobecněných aditivních modelů GAM nám ukázala, pro které druhy je dané hnojivo signifikantní a pomocí grafického výstupu z těchto modelů jsme také zjistili trend jejich reakce na daný zásah. Přestože se v předchozí analýze ukázalo jako signifikantní pouze hnojivo Agrohumi, postupně byly otestovány i všechny zbylé druhy hnojiv, abychom získali představu o jejich vlivech na střevlíkovitě. Výsledky modelů GAM jsou shrnuty v tabulce 9. K tomu byl na doplnění vytvořen také graf průměrných úlovků celkově nejpočetnějších druhů, tedy eudominantních a dominantních, pro každé z hnojiv (obr. 9).

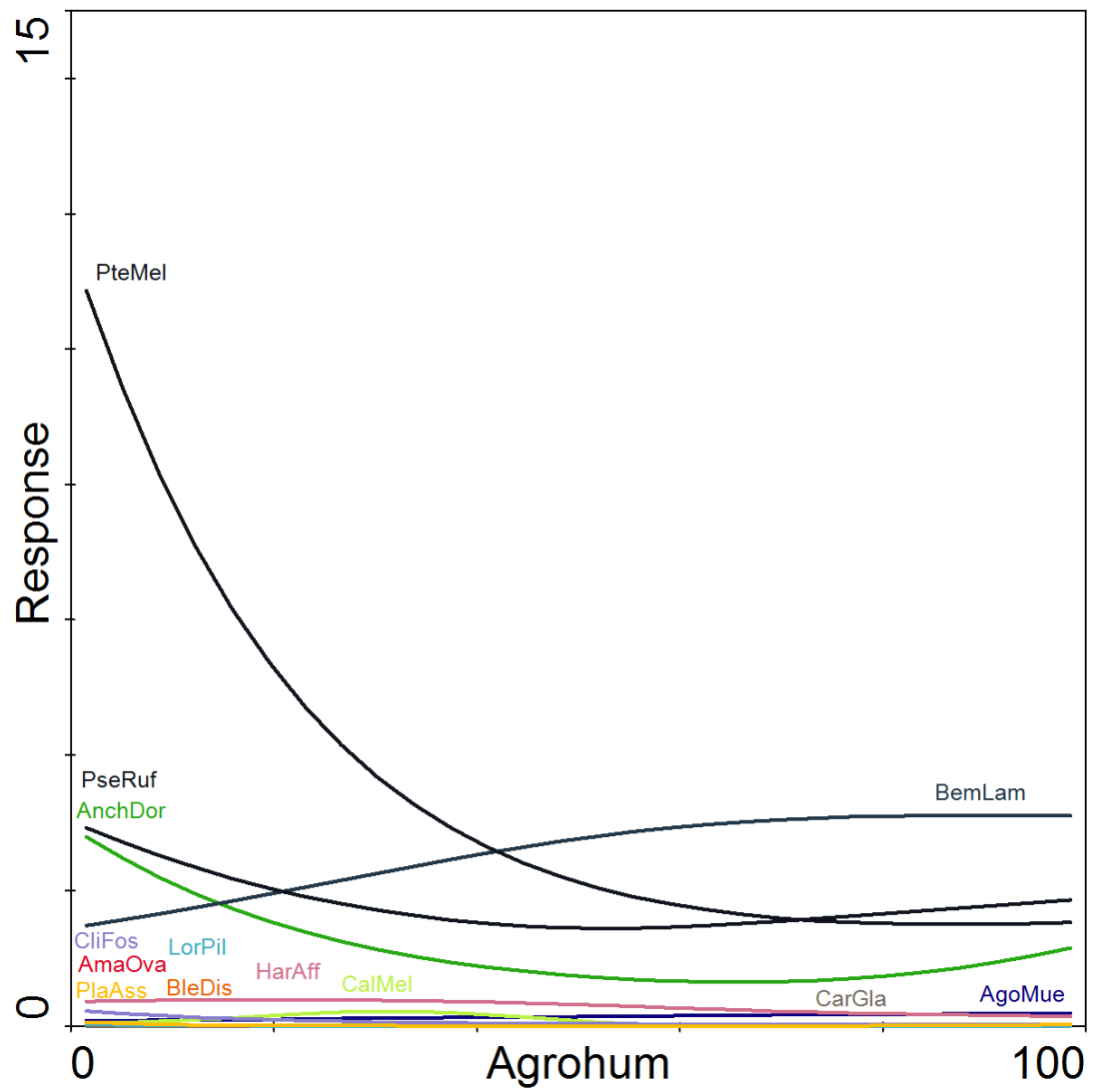
**Tabulka 9:** Hodnoty odezvy jednotlivých druhů na typy hnojiv. Signifikantní závislosti ( $p \leq 0,05$ ) jsou vyznačeny tučně.

Druh	Zkratka	Agrohumi		MBM NP 7		Rabio		Digestát	
		F	p	F	p	F	p	F	p
<i>Agonum muelleri</i>	AgoMue	3,2	<b>0,04</b>	1,91	0,15	3,62	<b>0,03</b>	2,67	0,07
<i>Amara aenea</i>	AmaAen	0,37	0,31	0,65	0,48	0,65	0,48	0,40	0,33
<i>Amara aulica</i>	AmaAul	0,22	0,24	20,48	<b>&lt;0,01</b>	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Amara familiaris</i>	AmaFam	0,37	0,31	0,65	0,48	1,62	0,20	0,40	0,33
<i>Amara ovata</i>	AmaOva	3,23	<b>0,05</b>	4,75	<b>0,01</b>	1,84	0,16	0,44	0,35
<i>Amara plebeja</i>	AmaPle	1,3	0,27	2,73	0,07	2,44	0,09	1,36	0,26
<i>Amara similata</i>	AmaSim	1,04	0,35	1,53	0,22	0,53	0,41	3,82	<b>0,02</b>
<i>Anchomenus dorsalis</i>	AnchDor	4,36	<b>0,01</b>	2,33	0,10	1,94	0,15	0,29	0,25
<i>Anisodactylus signatus</i>	AniSig	2,2	0,11	4,82	<b>0,01</b>	1,73	0,18	1,40	0,25
<i>Asaphidion flavipes</i>	AsaFla	0,37	0,31	1,27	0,28	1,17	0,30	22,01	<b>&lt;0,01</b>
<i>Bembidion lampros</i>	BemLam	6,86	<b>&lt;0,01</b>	1,78	0,17	0,70	0,50	0,48	0,39
<i>Bembidion lunulatum</i>	BemLun	0,22	0,24	0,52	0,41	24,9	<b>&lt;0,01</b>	0,24	0,25
<i>Bembidion quadrimaculatum</i>	BemQua	1,06	0,35	1,68	0,19	2,95	0,05	2,35	0,10
<i>Bembidion tetracolum</i>	BemTet	0,74	0,48	2,1	0,12	3	0,05	0,79	0,45
<i>Blemus discus</i>	BleDis	4,58	<b>0,01</b>	0,26	0,23	1,41	0,24	1,38	0,25
<i>Brachinus eximius</i>	BraExp	0,62	0,47	0,34	0,29	0,71	0,49	3,13	<b>0,04</b>
<i>Calathus erratus</i>	CalErr	1,79	0,17	0,88	0,42	0,61	0,46	1,92	0,16
<i>Calathus fuscipes</i>	CalFus	2,22	0,11	0,96	0,38	1,33	0,26	1,38	0,25
<i>Calathus melanocephalus</i>	CalMel	3,55	<b>0,03</b>	1,59	0,21	1,87	0,15	1,58	0,21
<i>Carabus coriaceus</i>	CarCor	0,56	0,43	0,44	0,36	3,93	<b>0,02</b>	0,59	0,45
<i>Carabus glabratus</i>	CarGla	36,61	<b>&lt;0,01</b>	0,52	0,41	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Carabus granulatus</i>	CarGra	0,22	0,24	0,52	0,41	16,56	<b>&lt;0,01</b>	0,24	0,25
<i>Carabus violaceus</i>	CarVio	0,22	0,24	0,52	0,41	24,12	<b>&lt;0,01</b>	0,24	0,25
<i>Clivina fossor</i>	CliFos	8,67	<b>&lt;0,01</b>	2,59	0,08	4	<b>0,02</b>	3,95	<b>0,02</b>
<i>Demetrias atricapillus</i>	DemAtr	0,37	0,31	1,27	0,28	1,63	0,20	1,99	0,14
<i>Dolichus halensis</i>	DolHal	0,74	0,48	0,81	0,44	0,56	0,43	0,79	0,45
<i>Harpalus affinis</i>	HarAff	3,45	<b>0,03</b>	0,39	0,33	1,84	0,16	1,36	0,26

**Tabulka 9 (pokračování):** Hodnoty odezvy jednotlivých druhů na typy hnojiv. Signifikantní závislosti ( $p \leq 0,05$ ) jsou vyznačeny tučně.

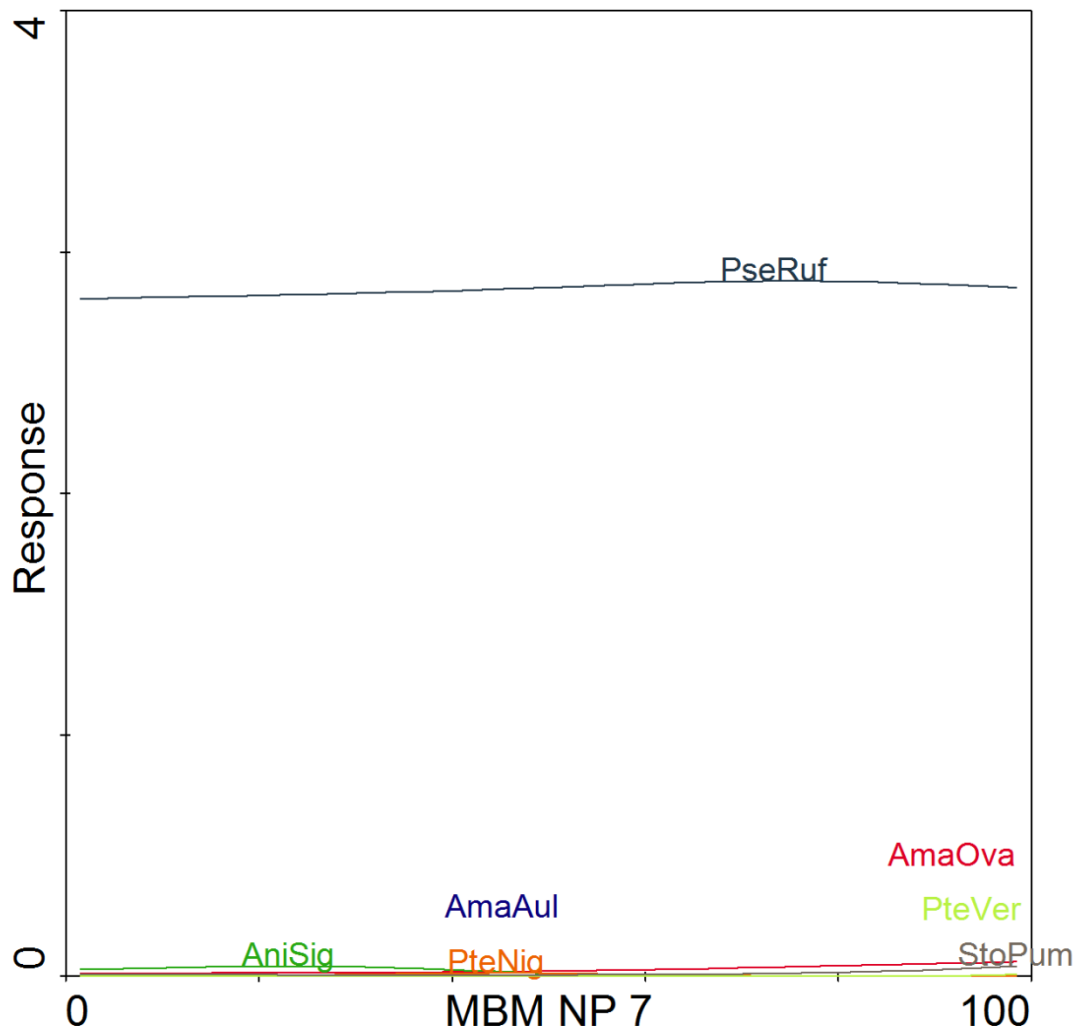
<i>Harpalus distinguendus</i>	HarDis	0,37	0,31	1,27	0,28	50,75	<b>&lt;0,01</b>	0,40	0,33
<i>Harpalus honestus</i>	HarHon	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Harpalus rubripes</i>	HarRub	0,37	0,31	1,27	0,28	1,17	0,30	1,94	0,14
<i>Harpalus signaticornis</i>	HarSig	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Harpalus tardus</i>	HarTar	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Laemostenus terricola</i>	LaeTer	0,37	0,31	1,5	0,22	0,65	0,48	0,40	0,33
<i>Leistus ferrugineus</i>	LeiFer	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	35,03	<b>&lt;0,01</b>
<i>Loricera pilicornis</i>	LorPil	3,98	<b>0,02</b>	1,04	0,35	0,91	0,40	1,23	0,29
<i>Microlestes maurus</i>	MicMau	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	57,92	<b>&lt;0,01</b>
<i>Nebria brevicollis</i>	NebBre	0,37	0,31	1,5	0,22	1,62	0,20	0,40	0,33
<i>Notiophilus pusillus</i>	NotPus	0,56	0,43	0,44	0,36	1,37	0,26	0,59	0,45
<i>Panagaeus bipustulatus</i>	PanBip	0,22	0,24	0,52	0,41	16,56	<b>&lt;0,01</b>	0,24	0,25
<i>Platynus assimilis</i>	PlaAss	3,53	<b>0,03</b>	0,23	0,22	0,07	0,06	5,15	<b>0,01</b>
<i>Poecilus cupreus</i>	PoeCup	2,42	0,09	1,59	0,21	0,84	0,43	5,08	<b>0,01</b>
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	PseRuf	12,49	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	0,23	0,27	3,19	<b>0,04</b>
<i>Pterostichus antracinus</i>	PteAnt	0,22	0,24	0,52	0,41	16,56	<b>&lt;0,01</b>	0,24	0,25
<i>Pterostichus melanarius</i>	PteMel	19,59	<b>&lt;0,01</b>	0,51	0,40	0,17	0,16	7,31	<b>&lt;0,01</b>
<i>Pterostichus niger</i>	PteNie	0,22	0,24	20,48	<b>&lt;0,01</b>	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Pterostichus nigrita</i>	PteNii	0,99	0,36	2,34	0,10	1,59	0,21	6,47	<b>&lt;0,01</b>
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	PteObl	2	0,14	1,27	0,28	1,17	0,30	1,94	0,14
<i>Pterostichus strennus</i>	PteStr	0,22	0,24	0,52	0,41	0,58	0,47	57,65	<b>&lt;0,01</b>
<i>Pterostichus vernalis</i>	PteVer	0,22	0,24	22,34	<b>&lt;0,01</b>	0,58	0,47	0,24	0,25
<i>Stomis pumicatus</i>	StoPum	1,87	0,16	3,67	<b>0,03</b>	2,45	0,09	1,52	0,22
<i>Synuchus vivalis</i>	SynViv	2,23	0,11	1,45	0,24	0,48	0,38	0,18	0,18
<i>Trechus quadristriatus</i>	TreQua	2,59	0,08	1,44	0,24	0,15	0,14	0,92	0,40

Signifikantní odezvu na hnojivo Agrohum mělo 13 druhů. Na základě grafu zobecněného aditivního modelu GAM (obr. 5) se ukázalo, že preference pro 100% dávku tohoto hnojiva vykazoval druh *B. lampros*, který zde měl také výrazně vyšší početnosti a *Agonum muelleri*. U druhého zmíněného druhu však byly početnosti malé, což se projevilo velmi nízkou mírou odezvy. Stejně tomu bylo u druhu *Carabus glabratus* s tím rozdílem, že preferoval 75% dávku hnojiva. Ostatní druhy, na které měl tento zásah statisticky významný vliv, preferovaly jiné typy hnojiv, případně nehnojené kontrolní plošky. Síla jejich odezvy však byla opět velmi nízká, s výjimkou tří druhů. Mezi ty patřil střevlíček ošlejškový (*A. dorsalis*), kvapník plstnatý (*P. rufipes*), a střevlíček *P. melanarius*.



**Obrázek 5:** Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů ke hnojivu Agrohum. Osa X znázorňuje typ a dávku (50%, 75%, 100%) aplikovaného hnojiva. Osa Y vyjadřuje míru odezvy stěvlíků na dané hnojivo a velikost této odezvy zároveň koreluje s jejich početnostmi.

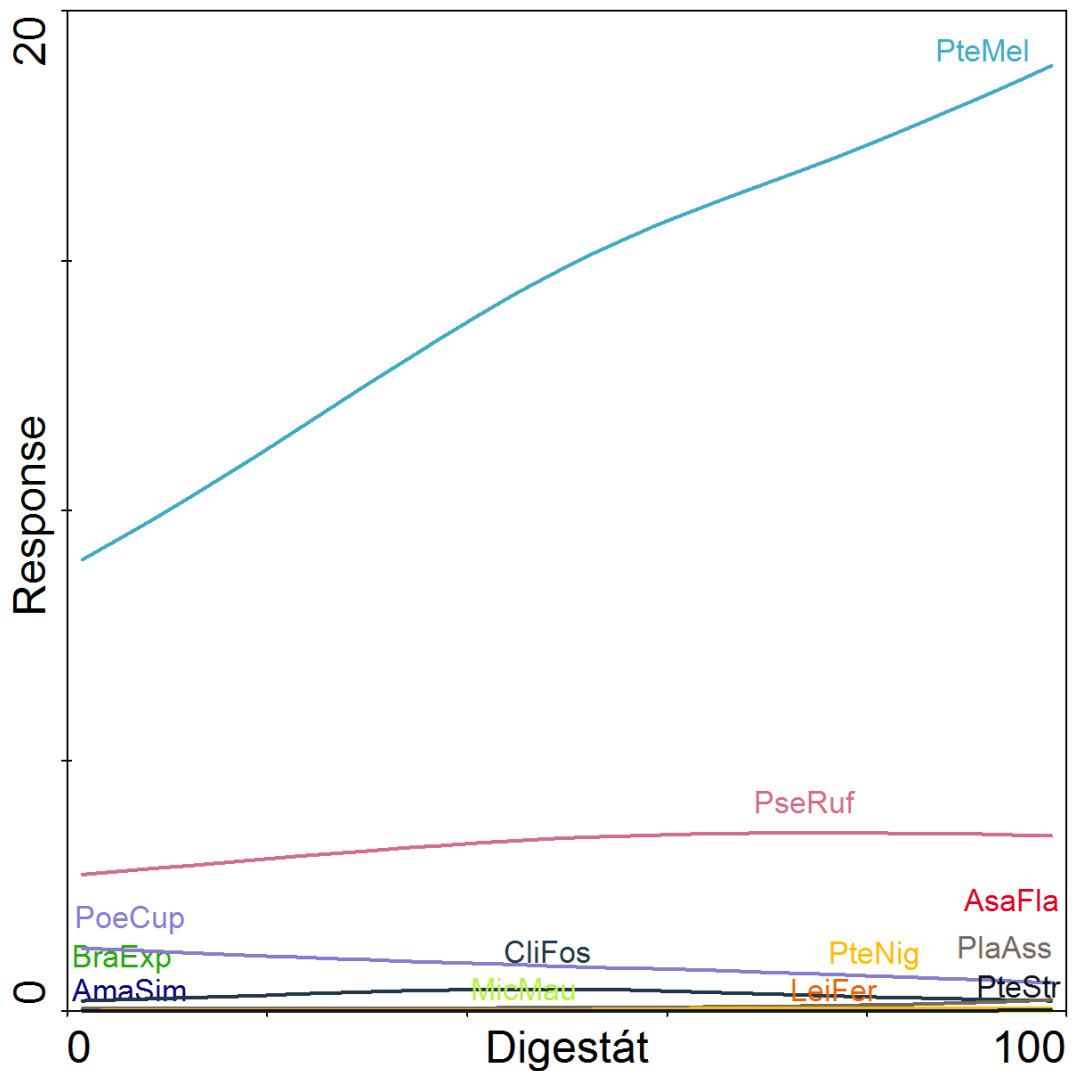
Masokostní moučka (MBM NP 7) měla významný vliv na početnosti 7 druhů střevlíků. Míra jejich odezvy na toto hnojivo však byla kromě kvapníka plstnatého (*P. rufipes*) nízká. Tři druhy preferovaly nejvyšší dávku hnojiva, 75% dávce dával přednost pouze *P. rufipes* a dva druhy upřednostňovaly nejnižší dávku hnojiva. Naopak *Anisodactylus signatus* preferoval plochy bez použití masokostní moučky (obr. 6).



**Obrázek 6:** Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů k masokostní moučce. Osa X znázorňuje typ a dávku (50%, 75%, 100%) aplikovaného hnojiva. Osa Y vyjadřuje míru odezvy střevlíků na dané hnojivo a velikost této odezvy zároveň koreluje s jejich početnostmi.

Dalším testovaným hnojivem byl digestát, který byl použit pouze v Braszowicích. Signifikantní vliv na toto hnojivo mělo 12 druhů (obr. 7). Největší preferenci pro tento zásah vykazoval střevlíček *P. melanarius*, jehož počty rostly se

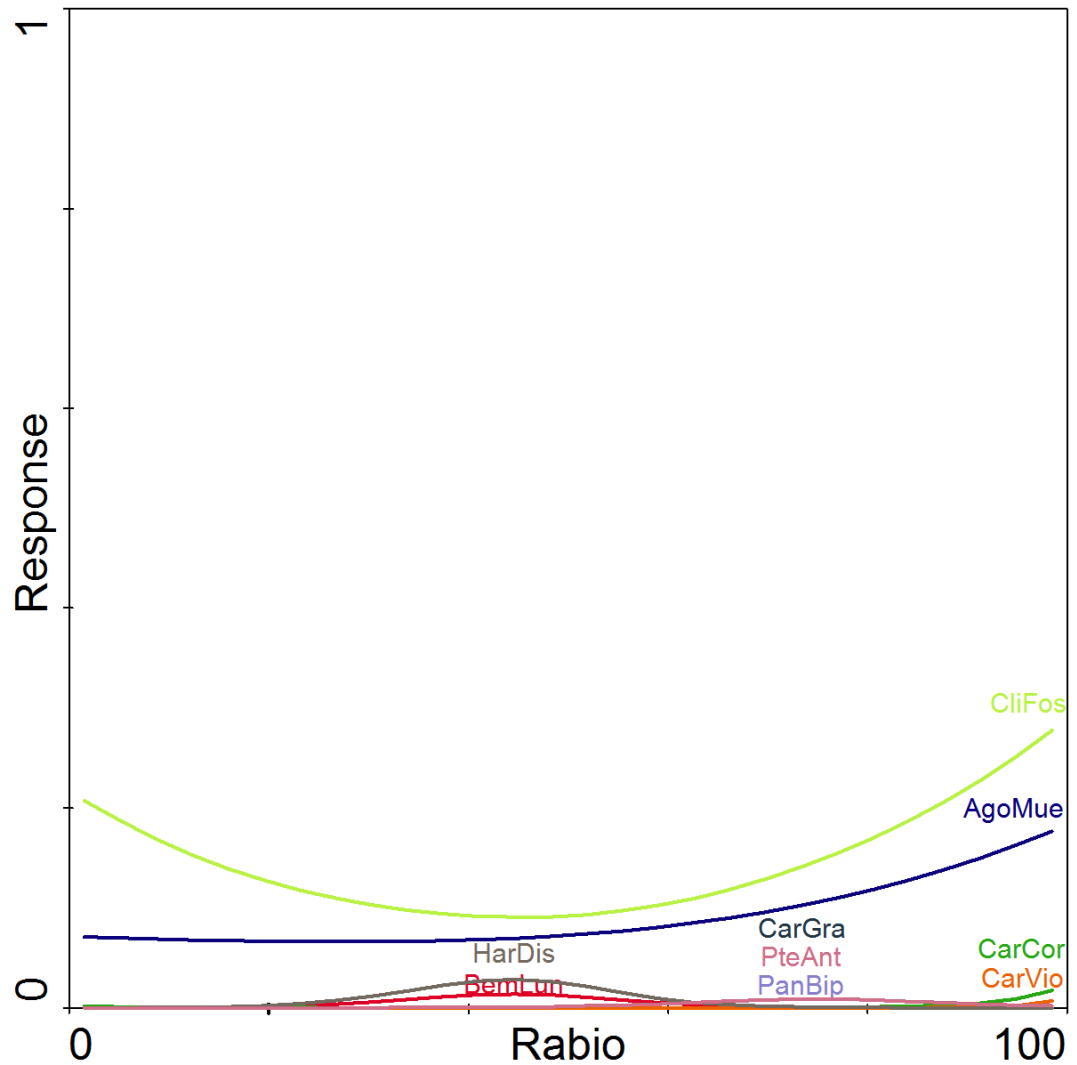
zvyšující se koncentrací digestátu až do 100 %. Tuto velikost dávky upřednostňovaly také další tři zaznamenané druhy. Při 75% dávce tohoto hnojiva byly zvýhodněny tři druhy a další dva dávaly přednost koncentraci 50 %. K zástupcům, kteří preferovali odlišně ošetřené plošky, patřil *P. cupreus*, jenž se více vyskytoval u hnojiva Agrohuma a na kontrolách (obr. 9), dále také *Brachinus eximius* a *Amara similata*.



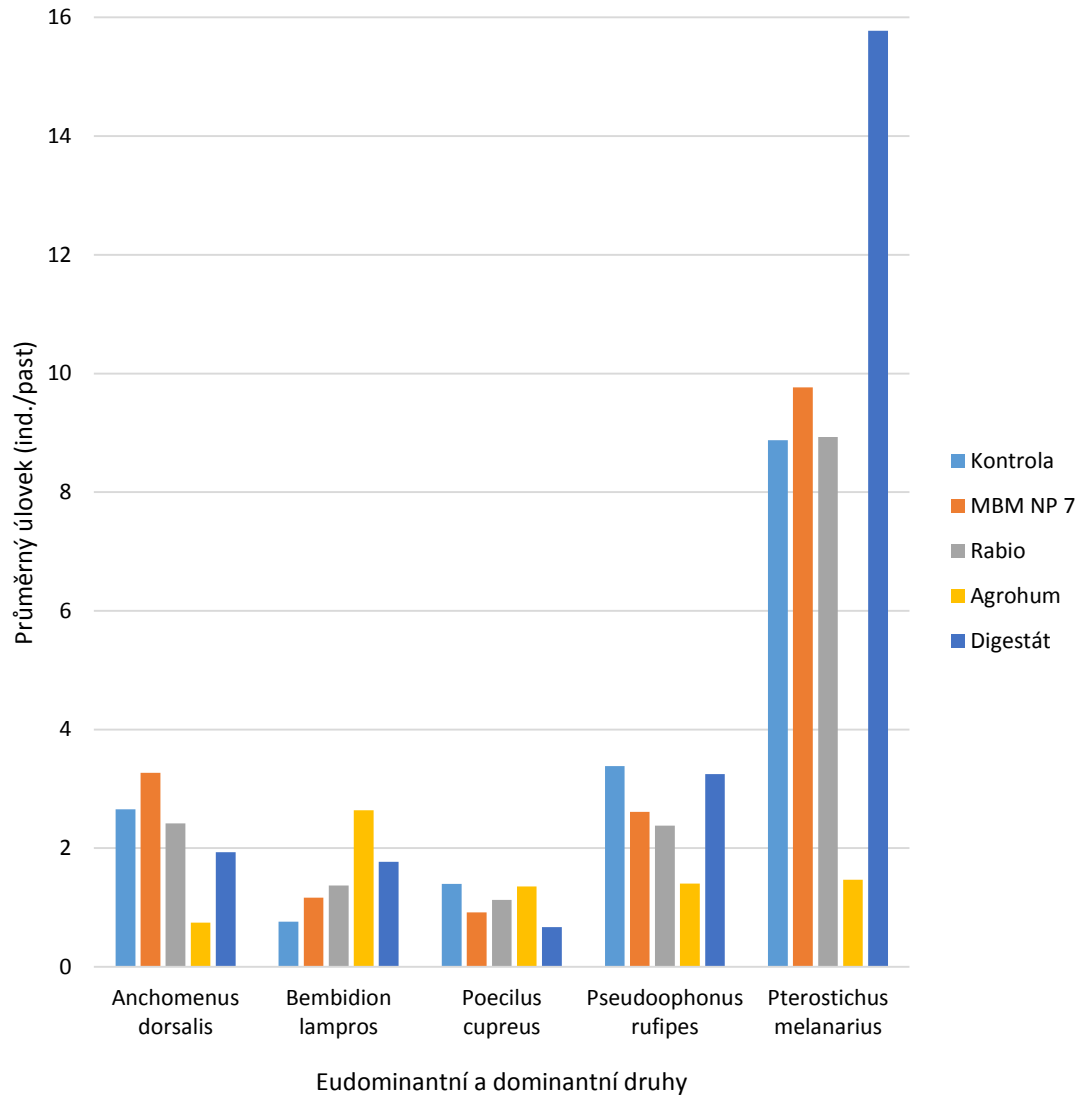
**Obrázek 7:** Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů k digestátu. Osa X znázorňuje typ a dávku (50%, 75%, 100%) aplikovaného hnojiva. Osa Y vyjadřuje míru odezvy střevlíků na dané hnojivo a velikost této odezvy zároveň koreluje s jejich početnostmi.

Kompost Rabio preferovalo všech 9 druhů, pro které byl tento druh hnojiva významný. Dva druhy dávaly přednost 50%, tři druhy 75% a zbylé 4 druhy 100% dávce

kompostu. V případě druhů *Clivina fossor* a *A. muelleri* byl zaznamenán rostoucí trend v jejich odpovědi na zvyšující se koncentraci Rabia (obr. 8).



**Obrázek 8:** Model GAM zobrazující vztah jednotlivých druhů ke hnojivu Rabio. Osa X znázorňuje typ a dávku (50%, 75%, 100%) aplikovaného hnojiva. Osa Y vyjadřuje míru odezvy střevlíků na dané hnojivo a velikost této odezvy zároveň koreluje s jejich početnostmi.



**Obrázek 9:** Celkové průměrné počty jedinců eudominantních a dominantních druhů chycených v rámci jednotlivých hnojiv v průběhu celého experimentu na obou lokalitách.

## 5. Diskuze

Cílem práce bylo zjištění vlivu organických hnojiv na společenstva střevlíkovitých. Tato hnojiva byla aplikována za účelem zvýšení obsahu půdní organické hmoty, který vykazuje (nejen ve studované oblasti) dlouhodobě klesající tendenci. Experiment probíhal na dvou polních stanovištích v letech 2013 a 2014. Na počátku výzkumu byly na těchto plochách aplikovány čtyři typy organických hnojiv a následně zde proběhl odchyt epigeonu pomocí padacích zemních pastí. Jejich instalace a výběr proběhl na každé lokalitě dvakrát za sezónu. Získaná data nám poskytla informaci o druhovém složení a početnosti střevlíkovitých na vybraných lokalitách, včetně toho, jak se tyto charakteristiky měnily v průběhu experimentu. Na základě statistických analýz se z testovaných proměnných ukázal jako signifikantní vliv lokalit, na kterých experiment probíhal, včetně období, ve kterých došlo ke sběru dat. Z hlediska významnosti hnojiv, jejichž vliv byl hlavním předmětem výzkumu, se signifikantně projevilo pouze hnojivo Agrohum, které bylo aplikováno jen na jedné z lokalit, kterou byly Pusté Jakartice.

### 5.1. Celková charakteristika studovaných společenstev

Celkem 69 % druhů chycených střevlíků příslušelo k eurytopní bioindikační skupině. Druhy této skupiny se vyznačují svými nízkými nároky na kvalitu a specifické vlastnosti prostředí a jsou typické na lokalitách ovlivněných antropogenní činností a s častými disturbancemi, mezi které můžeme zahrnout i zemědělskou krajinu. Tyto druhy zde převažovaly nad zástupci adaptabilních druhů, které jsou obecně označovány za početnější (Hůrka et al. 1996). Je ale pravděpodobné, že podmínky na těchto studovaných lokalitách lépe vyhovovaly druhům eurytopním. Zmínit můžeme také to, že k této bioindikační skupině náleželo všech 5 zaznamenaných eudominantních druhů.

Svým druhovým složením odpovídali střevlíci společenstvům vázaným na polní ekosystémy. V Pustých Jakarticích bylo z celkového počtu 29 zaznamenaných druhů pouze 5 druhů, pro které jsou typická odlišná stanoviště, a to především lesní biotopy. V případě 44 druhů chycených v Braszowicích, byla jedna třetina z nich vázána na vlhčí stanoviště, zejména břehové porosty vod (Hůrka 1996). Jednalo se však převážně o ojedinělé zástupce druhů, jejichž celkové počty dosahovaly řádově jednotek. Je pravděpodobné, že se zde tyto druhy mohly šířit z jiných biotopů přilehlé krajiny, kde



jsou přítomny remízky lesnatého charakteru i vodní zdroje. Holland a Luff (2000) uvádějí schopnost některých střevlíkovitých, v závislosti na jejich velikosti, využívat plochu o rozloze až 12 hektarů. Možným vysvětlením může být také to, že zde tyto druhy nebyly původní, ale vyskytovaly se v hnojení, prostřednictvím kterého zde byly zavlečeny. Tato situace může nastat zejména při použití kompostu nebo statkových hnojiv, jelikož jsou obývány velkým množstvím členovců, jejichž velkou část tvoří brouci (Ødegaard a Tømmerås 2000).

Větší druhová bohatost a také abundance střevlíkovitých v Braszowicích by mohla být způsobena mnoha faktory, jako je rozdílný půdní typ na lokalitách (Ivask et al. 2008), odlišné specifické mikroklima prostředí (Porhajašová et al. 2008) nebo především také rozmanitostí a fragmentací okolní krajiny. Při srovnání leteckých snímků lokalit (příloha 1 a 2) lze vidět, že na experimentální plošku v Braszowicích navazuje více menších polí s rozdílnými plodinami než v Pustých Jakarticích. To může představovat větší heterogenitu okolní krajiny a pozitivně působit na střevlíkovité díky větším možnostem volby pro ně příznivého prostředí. Tato rozmanitost okolních ploch jim také může umožňovat přemísťování mezi jednotlivými ploškami v případě rozdílné doby sklizně plodin (Batáry et al. 2007; Duflot et al. 2014). Je také patrné, že se v blízkosti výzkumné plochy v Pustých Jakarticích vyskytuje více silnic a krajina je tak více fragmentovaná, což může mít na střevlíkovité negativní efekt (Mader et al. 1990; Holland a Luff 2000). S tím však může být v jistém kontrastu to, že otevřené zemědělské krajiny s jednoletými plodinami upřednostňují dobře pohyblivé druhy (menší, okřídlené), pro které by tyto liniové prvky v krajině neměly tvořit nepřekonatelnou překážku při pohybu mezi jednotlivými polními plochami (Duflot et al. 2000).

## **5.2. Časové změny ve společenstvech**

Při vynesení početností střevlíků v jednotlivých obdobích odchyty do grafu lze vidět na obou lokalitách podobný sestupný trend. Na počátku experimentu byly v jarním období odchyty početnosti relativně vysoké, kdežto následný úlovek na konci léta čítal jedinců méně. K razantnímu poklesu došlo zejména v Braszowicích. Jako vysvětlení příčiny tohoto efektu se nabízí to, že před prvním odchytem bezobratlých došlo k aplikaci hnojiv na výzkumné plošky. Půda s čerstvě naneseným hnojivem mohla pravděpodobně působit jako atraktant pro střevlíkovité, a to díky změně jejího povrchu, který byl svou

strukturou příznivý pro hrabání a kladení vajíček. Také podpora růstu plevelů a hustějšího rostlinného krytu hnojením mohla poskytovat příznivější mikroklima. Nárůst počtu střevlíků lze přičítat také potenciálnímu zvýšení jejich kořisti, pro kterou mohla být aplikovaná hnojiva atraktantem (Leroy et al. 2007; Gailis a Turka 2013) nebo také přítomností bezobratlých přímo v hnojivu (Ødegaard a Tømmerås 2000). Pokles abundance při následném odchyту na přelomu léto/podzim byl pravděpodobně způsoben vyschnutím hnojiva nebo jeho spotřebováním. S tímto vysvětlením je v souladu výzkum Purvise a Curryho (1984), kteří po aplikaci chlévského hnoje zaznamenali zvýšení abundance a druhové diverzity střevlíků, která však později v sezóně poklesla, když vrstva hnoje vyschla. Příčinou nižších úlovků by však mohlo být i vzorkování v období s obecně nižší aktivitou početnějších druhů střevlíků (Petruška 1974; Petruška et al. 1990; Matalin 1997; Ivask et al. 2008). Pro vysvětlení trendu úlovků v následujícím roce lze přičítat velký význam tomu, že již nedošlo k opětovné aplikaci hnojiva. V Braszowicích bylo při jarním odchyту, ve srovnání s předešlým úlovkem z období léto/podzim, zaznamenáno mírné zvýšení početnosti, která však byla stále výrazně nižší oproti početnosti z počátku experimentu. Následný úlovek na přelomu léto/podzim již nevykazoval pokles ani nárůst abundance a zdá se, že došlo k ustálení společenstva. V Pustých Jakarticích byl na rozdíl od Braszowic evidován postupný pokles v početnosti jedinců při každém odlovu a předpokládané navrácení společenstva do stavu před aplikací hnojiva by mohlo být pozorováno až s případnými dalšími odchyty (Porhajašová 2008).

Na základě předchozích domněnek můžeme usuzovat, že vliv období jaro/léto byl v analýze signifikantní díky výrazně větší početnosti střevlíků v prvním úlovku po čerstvé aplikaci hnojiv. Nicméně na rozdíl od Braszowic, kde byly ve druhém roce úlovky z přelomu jaro/léto a léto/podzim srovnatelné, v Pustých Jakarticích byl počet střevlíkovitých na jaře více než čtyřikrát větší. To pravděpodobně způsobilo zachycení vrcholu aktivity u všech eudominantních druhů ulovených v tomto období. Největší početnosti dosáhnul jarní druh *Poecilus cupreus*, u kterého také Lys a Nentwig (1991) zaznamenali nejvyšší povrchovou aktivitu v druhé půlce května (reprodukční období) a podobně Langmaack et al. (2001) uvádí jeho typický jarní vrchol v tomto období. Druhým nejpočetnějším zástupcem byl *Pseodoophonus rufipes*, který se řadí mezi podzimní druhy a námi zaznamenaná vyšší abundance tohoto druhu odpovídá vrcholu vystupňované potravní aktivity přezimujících imag na konci května a začátku června. Jeho druhý vrchol (reprodukční aktivita) poté nastává od poloviny srpna (Petruška

1974; Matalin 1997). Vyšší početnosti v důsledku jarní aktivity dosahoval i *Pterostichus melanarius*, patřící mezi podzimní druhy s termickou hibernační parapauzou v larválním stádiu a bez dormance v dospělosti. Množí se na podzim a přezimují larvy i část dospělců (Petruška et al. 1990; Blahoušek 1997). Posledním eudominantním druhem byl *Anchomenus dorsalis*, u kterého byl opět zachycen jarní vrchol aktivity při rozmnožování, na který poukazuje Petruška et al. (1990).

### 5.3. Vliv použitého zdroje organické hmoty

Signifikantní druhovou odpověď k hnojivu Agrohumi, vyráběnému z drůbeží podestýlky, mělo 13 druhů střevlíků. Z těchto druhů byly pouze tři, které vykazovaly preferenci k tomuto hnojivu. Jedním z nich byl i eudominantní *Bembidion lampros*, který Agrohumi dával výraznou přednost před ostatními zásahy. Ostatní druhy preferovaly jiná hnojiva nebo kontrolní plošky. Mezi ně patřily i tři eudominantní druhy, a to *P. melanarius*, *P. rufipes* a *A. dorsalis*. I za předpokladu, že ostatní nesignifikantní druhy nebyly Agrohumi významně ovlivněny, se může vliv tohoto hnojiva jevit spíše jako negativní. Když ale přihlídneme ke komplexnímu vlivu všech hnojiv, tak se nabízí domněnka, že Agrohumi nemusel mít přímý negativní účinek, ale střevlíkovití pouze preferovali jiná hnojiva. S těmito výsledky je v kontrastu studie Clarka (1999), který při srovnání konvenčního a organického hospodaření evidoval signifikantně vyšší úlovky v organickém systému, kde byla jako hnojivo použita právě drůbeží podestýlka. K upřesnění však dodává, že na střevlíkovité měl zřejmě pozitivní vliv spíše větší vegetační pokryv povrchu půdy u organického managementu.

Ostatní hnojiva vysvětlovala velice nízké procento variability a jejich vliv se v analýze neprojevil statisticky významně. Vzhledem k tomu zřejmě nemůžeme výsledkům jejich analýz přikládat příliš velkou váhu, nicméně si díky nim můžeme utvořit alespoň částečnou představu, jak střevlíkovití reagovali na zbylé zásahy.

V případě masokostní moučky vykazovalo signifikantní odpověď několik druhů, které však měly zanedbatelné početnosti. Přítomnost těchto zástupců v úlovku tudíž nepodává příliš spolehlivý doklad jejich preference ke konkrétnímu zásahu. Jediným početným druhem zde byl kvapník plstnatý (*P. rufipes*), který preferoval 75% dávku tohoto hnojiva, u kterého Eo et al. (2012) uvádí pozitivní vliv na početnost půdní mikroflóry a mikrofauny, konkrétně například na chvostoskoky. To mohl být důvod vyšší početnosti kvapníka, jenž konzumuje především semena rostlin, ale část jeho

potraviny může být i živočišného původu (Kostova a Shishiniová 2004). Celkově však nebylo zřejmé, že by výrazným způsobem upřednostňoval některé z hnojiv či nehnojené plošky. Z pohledu všech pěti nejpočetnějších druhů byla masokostní moučka druhým nejpreferovanějším hnojivem, ovšem téměř srovnatelné s ní byly nehnojené plošky a kompost Rabio.

Digestát se ukázal signifikantní pro 12 druhů střevlíků, z nich však byly u 8 zaznamenány nízké početnosti a jejich odpovědi k typům hnojiva tak měly opět nízkou vypovídající hodnotu. To ovšem neplatí v případě střevlíčka druhu *P. melanarius*. Jeho odezva na digestát byla značně vysoká a stoupala také s růstem koncentrace hnojiva. Drtivá většina jedinců tohoto nejpočetnějšího druhu byla ulovena v prvním období na lokalitě Braszowice, tedy po čerstvé aplikaci digestátu a je zřejmé, že z něj tento střevlíček jednoznačně profitoval. Jedním z vysvětlení může být to, že vysoký podíl rychle využitelného amonného dusíku, obsaženého v tomto hnojivu (Smatanová 2012), mohl stimulovat vegetační pokryv ve větší míře, než ostatní hnojiva a vytvářet tak lepší mikroklimatické podmínky pro samotného střevlíčka a také pro ostatní bezobratlé, jejichž přítomností by se zvýšila potravní nabídka pro tohoto predátora. Ostatní hnojiva včetně kontroly na střevlíčka působila také pozitivně, s výjimkou Agrohumu, kterému se pravděpodobně tento druh spíše vyhýbal. Vyšší míru odezvy měl také *P. rufipes* a nejvíce preferoval 75% dávku digestátu. Naopak negativní odezvu k tomuto hnojivu vykazoval *P. cupreus*, který zde měl nejnižší početnosti ze všech zásahů.

Posledním použitým hnojivem byl kompost Rabio, nicméně podobně jako u předchozích hnojiv byla většina signifikantních druhů u tohoto zásahu málo početných. Zmínit však můžeme druhy *Clivina fossor* a *Agonum muelleri*, jejichž odezvy rostly se zvyšující se dávkou hnojiva. Na druhou stranu Rabio významně neovlivnilo žádný z eudominantních a dalších početnějších druhů a nebyl zde evidován ani takový druh, který by vůči Rabiou signifikantně upřednostňoval hnojivo jiné. Na základě toho se tento kompost může pro střevlíky jevit jako optimální.

Přestože konkrétní druhové reakce střevlíků na jednotlivá hnojiva nejsou konzistentní, celkově došlo po čerstvé aplikaci hnojiva k jejich nápadnému nárůstu. Pokles těchto bezobratlých byl zaznamenán později v sezóně a v následujícím roce, kdy bezprostřední vliv hnojiva pravděpodobně vymizel. Při shrnutí těchto výsledků můžeme říci, že se aplikace vybraných hnojiv za účelem zvýšení obsahu půdní organické hmoty, nejeví z pohledu skupiny střevlíkovitých jako problematická a je možné tato hnojiva využívat. Nicméně v těchto závěrech je potřeba zohlednit také fakt, že design

experimentálních ploch v tomto projektu byl primárně vytvořen za účelem vyhodnocení obsahu půdní organické hmoty a nalezení způsobu jejího navrácení a případné související změny fyzikálních a chemických vlastností půd. Pro objasnění vlivu dodatku hnojiv na střevlíkovité však není zcela ideální, jelikož malé dílčí plošky s rozdílnými typy hnojiv blízko sebe mohly působit jako komplexní zásah a efekt jednotlivých hnojiv se nemusel dobře projevit. Můžeme se tedy domnívat, že větší velikosti výzkumných plochy by mohly přinést odlišné výsledky alespoň z pohledu vlivů jednotlivých hnojiv.

## 6. Závěr

Předložená diplomová práce se zabývala reakcí střevlíkovitých brouků na exogenní organickou hmotu, která byla aplikována na pole prostřednictvím organických hnojiv. K tomuto zásahu došlo na základě potřeby zvyšování obsahu půdní organické hmoty, u kterého byl zjištěn dlouhodobý pokles. Při nízkém obsahu této hmoty dochází ke snižování živin v půdě a jsou také narušeny biologické, fyzikální a chemické vlastnosti půdy, což může vést až k její postupné degradaci. Na snižování organické hmoty v půdě se podílela výrazným způsobem intenzifikace zemědělství. Tento systém byl zaveden již v 19. století, jako prostředek ke zvýšení výnosů zemědělských plodin. S intenzifikací je spojeno používání pesticidů průmyslových hnojiv, těžké techniky či zjednodušování osevních postupů. Možným východiskem z této situace se jeví aplikace organických hnojiv, které by měly navrátit organickou hmotu do půdy. Důležitým aspektem je však vyloučení možných negativních vlivů této exogenní organické hmoty na půdní faunu, včetně střevlíkovitých, kteří mají v zemědělské krajině nezastupitelnou roli.

Výsledky výzkumu poukázaly na to, že aplikovaná hnojiva mohou působit na střevlíkovité přímým vlivem, v podobě atraktantu nebo také nepřímým, a to díky zvýšení dostupné kořisti či zlepšením mikroklimatických podmínek prostředí. To bylo doloženo zvýšením jejich abundancí v prvních odchycích po aplikaci hnojiv, které následně postupně klesaly na obvyklou hladinu. Rozdíly mezi použitými hnojivy se ukázaly spíše zanedbatelné, jelikož se z jejich čtyř typů projevil významně pouze Agrohum, u kterého však byly evidovány spíše nižší preference střevlíků. Nicméně experimentální plochy v projektu, z hlediska posouzení vlivu velkoplošné aplikace hnojiv na střevlíky, nebyly navrženy zcela ideálně. Pro tyto účely bylo vhodné experiment zopakovat na větší ploše, kde by se dal lépe zaznamenat konkrétní vliv jednotlivých hnojiv. Obecně však můžeme konstatovat, že aplikovaná hnojiva jako celek působila na skupinu střevlíkovitých pozitivně. Díky tomu jsou jako prostředek pro zvýšení obsahu půdní organické hmoty nebo pouze jako dodatek živin do zemědělského systému bez většího rizika použitelné.

## 7. Literatura

- Batáry P., Báldi A., Szél G., Podlussány A., Rozner I., Erdos S. 2007. Responses of grassland specialist and generalist beetles to management and landscape complexity. *Diversity and Distributions*. 13: 196–202.
- Blahoušek O. 1997. Příspěvek k poznání ekologie střevlíkovitých lužního lesa v CHKO Litovelské Pomoraví pomocí metody ethylenglykolových a formalínových pastí (Col. Carabidae) [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého. 99 pp.
- Clark M. S. 1999. Ground beetle abundance and community composition in conventional and organic tomato systems of California's Central Valley. *Applied Soil Ecology*. 11: 199–206.
- Cole L. J., McCracken D. I., Dennis P., Downie I. S., Griffin A. L., Foster G. N., Murphy K. J., Waterhouse T. 2002. Relationship between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 93: 323–336.
- Döring T. F., Kromp B. 2003. Which carabid species benefit from organic agriculture? – a review of comparative studies in winter cereals from Germany and Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 98: 153–161.
- Duflot R., Georges R., Ernoult A., Aviron S., Burel F. 2014. Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits. *Acta Oecologica*. 56: 19–26.
- Eo J., Park K., Park B. 2012. Short-term effects of organic waste amendments on soil biota: responses of soil food web under eggplant cultivation. *Soil Research*. 50 (5): 436–441.
- Farkač J., Král D. & Škorpík M. 2005. Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. 1. vyd. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 760 pp.
- Frouz J. 2010. Půda – živý systém (Interakce půdní fauny a mikroflóry a jejich význam pro přeměny organické hmoty v půdě). *Vesmír*. 89 (7): 490–492.
- Gailis J., Turka I. 2013. Discussion on ground beetles and rove beetles as indicators of sustainable agriculture in Latvia: Review. In: Treija S., Skujeniece S. (ed.). *Research for rural development 2013. Annual 19th International Scientific Conference Proceedings*; 56–62; Jelgava. Latvia University of Agriculture. 2013. 1: 206 pp.
- Hadjicharalampous E., Kalburtji K. L., Mamolos A. P. 2002. Soil arthropods (Coleoptera, Isopoda) in organic and conventional agroecosystems. *Environmental Management*. 29 (5): 683–690.
- Helenius J., Holopainen J., Muhojoki M., Pokki P., Tolonen T., & Venäläinen A. 1995. Effect of undersowing and green manuring on abundance of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in cereals. *Acta Zoologica Fennica*. 196: 156–159.

- Herben T., Münzbergová Z. 2003. Zpracování geobotanických dat v příkladech. Část 1. Data o druhovém složení. Praha: [b.n.]. 118 pp.
- Hole D. G., Perkins A. J., Wilson J. D., Alexander I. H., Grice P. V., Evans A.D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*. 122: 113–130.
- Holland J. M., Luff M. 2000. The effects of agricultural practices on carabidae in temperate agroecosystems. *Integrated Pest Management Reviews*. 5: 109–129.
- Honěk A., Jarošík V. 2000. The role of crop density, seed and aphid presence in diversification of field communities of Carabidae (Coleoptera). *European Journal of Entomology*. 97: 517–525.
- Honěk A., Martinková Z., Jarošík V. 2003. Ground beetles (Carabidae) as seed predators. *European Journal of Entomology*. 100: 531–544.
- Honěk A., Martinková Z., Saska P., Koprudová S. 2009. Role of post-dispersal seed and seedling predation in establishment of dandelion (*Taraxacum* agg.) plants. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 134: 126–135.
- Hora J. 2010. Metodologické aspekty používání zemních pastí pro studium epigeonu na příkladu střevlíkovitých [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého. 60 pp.
- Hůrka K. 1996. Carabidae of the Czech and Slovak Republics. 1. vyd. Zlín: Kabourek. 565 pp.
- Hůrka K. 2005. Brouci České a Slovenské republiky. 1. vyd. Zlín: Kabourek. 390 pp.
- Hůrka K., Veselý P., Farakač J. 1996. Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*. 32: 15–26.
- Idinger J., Kromp B. 1997. Ground photoeclector evaluation of different arthropod groups in unfertilized, inorganic and compost-fertilized cereal fields in eastern Austria. *Entomological Research in Organic Agriculture*. 171–176.
- Ivask M., Kuu A., Meriste M., Truu J., Truu M., Vaater V. 2008. Invertebrate communities (Annelida and epigeic fauna) in three types of Estonian cultivated soils. *European Journal of Soil Biology*. 44: 532–540.
- Kaczynski R., Siebielec G., Galazka R., Niedzwiecki J., Polakova S. 2013. Assessment of soil organic carbon status and changes in soils of Polish-Czech borderland. Central Institute for Supervising and Testing in Agriculture (ÚKZÚZ), Institute for Soil Science and Plant Cultivation (IUNG). Brno. 28 pp.
- Kostova R., Shishiniova M. 2004. Food preferences of *Pseudoophonus rufipes* De Geer and *Pseudoophonus griseus* Panzer (Coleoptera: Carabidae) for seeds of weed and cultivated plants. *Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski"*. 96 (4): 137–142.



- Kromp B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74: 187–228.
- Langmaack M., Land S., Büchs W. 2001. Effects of different field management systems on the carabid coenosis in oil seed rape with special respect to ecology and nutritional status of predacious *Poecilus cupreus* L. (Col., Carabidae). *Journal of Applied Entomology*. 125: 313–320.
- Larsen K. J., Purrington F. F., Brewer S. R., Taylor D. H. 1996. Influence of sewage sludge and fertilizer on the ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna of an old-field community. *Environmental Entomology*. 25 (2): 452–459.
- Lepš J., Šmilauer P. 2000. Mnohorozměrná analýza ekologických dat. České Budějovice: Biologická fakulta Jihočeské Univerzity v Českých Budějovicích. 102 pp.
- Leroy L. M. M. B., Bommele L., Reheul D., Moens M., De Neve S. 2007. The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: Effects on soil fauna and yield. *European Journal of Soil Biology*. 43 (2): 91–100.
- Losos B., Gulička J., Lellák J., Pelikán J. 1985. *Ekologie živočichů*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství. 320 pp.
- Lövei G. L., Toft S., Axelsen J. A. 2003. Composition and diversity of spring-active carabid beetle assemblages in relation to soil management in organic wheat fields in Denmark. In: Lövei G. L., Toft S. (ed.). *European Carabidology 2003. Proceedings of the 11th European Carabidologists' Meeting, Århus, July 2003*. 173–182; Danish Institute of Agricultural Sciences. 2005. DIAS report Plant Production 114: 401 pp.
- Lys J., Nentwig W. 1991. Surface activity of carabid beetles inhabiting cereal fields. Seasonal phenology and the influence of farming operations on five abundant species. *Pedobiologia*. 35: 129–138.
- Mader H. J., Schell C., Kornacker P. 1990. Linear barriers to arthropod movements in landscape. *Biological Conservation*. 54: 209–222.
- Matalin A. V. 1997. Specific features of life cycle of *Pseudoophonus* (s. str.) *rufipes* Deg. (Coleoptera, Carabidae) in southwest Moldova. *Biology Bulletin*. 24 (4): 371–381.
- Ministerstvo zemědělství. 2009–2017 [online]. [cit. 19.4.2017]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/o-ustavu/projekty-eu/program-preshranicni-spoluprace/rizika-a-prinosy/o-projektu/cile/>
- Moeskops B., Buchan D., Van Beneden S., Fievez V., Sleutel S., Gasper M. S., D'Hose T., De Neve S. 2012. The impact of exogenous organic matter on SOM contents and microbial soil quality. *Pedobiologia*. 55: 175–184.

- Ødegaard F., Tømmerås A., B. 2000. Compost heaps – refuges and stepping-stones for alien arthropod species in northern Europe. *Diversity and Distributions*. 6: 45–59.
- Petruška F. 1974. K dynamice disperze některých druhů střevlíkovitých na poli osetém cukrovkou (Col. Carabidae). *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis. Facultas Rerum Naturalium*. 47: 145–178.
- Petruška F., Jaworská I., Machalová Y., Šmýdová J. 1990. Změny v hustotě populací střevlíkovitých na poli a na sousední mezi v průběhu vegetačního období (Coleoptera, Carabidae) II. část. *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis. Facultas Rerum Naturalium. Biologica XXX*. 99: 207–218.
- Pohrajašová J., Petřivalský V., Šustek Z., Urmínská J., Ondříšek P., Noskovič J. 2008. Long-termed changes in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in a field treated by organic fertilizers. *Biologia*. 63 (6): 1184–1195.
- Purtauf T., Roschewitz I., Dauber J., Thies C., Tschardt T., Wolters V. 2005. Landscape context of organic and conventional farms: Influences on carabid beetle diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 108: 165–174.
- Purvis G., Curry J. P. 1984. The influence of weeds and farmyard manure on the activity of carabidae and other ground-dwelling arthropods in a sugar beet crop. *Journal of Applied Ecology*. 21: 271–283.
- Sadej W., Kosewska A., Sadej W., Nietupski M. 2012. Effects of fertilizer and land-use type on soil properties and ground beetle communities. *Bulletin of Insectology*. 65 (2): 239–246.
- Smatanová M. 2012. Digestát jako organické hnojivo. *Zemědělec*. 18: 21–22.
- Smatanová M. [nedatováno]. Metodika polního pokusu prováděného v ÚKZÚZ Brno v rámci Česko-Polského projektu “Rizika a přínosy aplikace exogenní organické hmoty na půdu.” Brno: ÚKZÚZ. 5 pp.
- Šarapatka B., Dlapa P., Bedrna Z. 2002. *Kvalita a degradace půdy*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 246 pp.
- Šarapatka B., a kolektiv 2010. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut. 440 pp.
- Tuf I. H. 2013. *Praktika z půdní zoologie*. 1. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 91 pp.
- Urban J., Šarapatka B., a kolektiv 2003. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy a praxi, I. díl (Základy ekologického zemědělství, agroenvironmentální aspekty a pěstování rostlin)*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR. 264 pp.

Winqvist C., Bengtsson J., Öckinger E., Aavik T., Berendse F., Clement L. W., Fischer Ch., Flohre A., Geiger F., Liira J., Thies C., Tschardtke T., Weisser W. W., Bommarco R. 2014. Species' traits influence ground beetle responses to farm and landscape level agricultural intensification in Europe. *Journal of Insect Conservation*. 18 (5): 837–846.

## 8. Přílohy

### 8.1. Příloha I.

**Příloha 1:** Letecký snímek lokality Braszowice s vyznačenou experimentální ploškou (zdroj Google Earth)



**Příloha 2:** Letecký snímek lokality Pusté Jakartice s vyznačenou experimentální ploškou (zdroj Google Earth)





**Příloha 3:** Zakládání experimentu na lokalitě Braszowice



**Příloha 4:** Zakládání experimentu na lokalitě Pusté Jakartice



## **8.2. Příloha II.**

Získaná data ze zemních pastí jsou zaznamenána v tabulkovém souboru a umístěna spolu s elektronickou verzí diplomové práce ve formátu PDF na přiloženém CD.